UNIVERSIDAD “SAN FRANCISCO DE QUITO”

Propuesta de una nueva vela de iluminación que cumple con los estándares de calidad basados en los requerimientos de los clientes del Valle de los Chillos, y que es rentable para la empresa ALMON del Ecuador S.A.

Alfonso Antonio Hernández Vivanco
Daniel Patricio Moncayo Jaramillo

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniero Industrial

Quito, mayo de 2010

Universidad San Francisco de Quito

Colegio de Ciencias e Ingeniería "El Politécnico"

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

"Propuesta de una nueva vela de iluminación que cumple con los estándares de calidad basados en los requerimientos de los clientes del Valle de los Chillos, y que es rentable para la empresa ALMON del Ecuador S.A."

Alfonso Antonio Hernández Vivanco

Daniel Patricio Moncayo Jaramillo

Paolo Escorza M.Sc. ----------
Director de Tesis
Miembro del Comité de Tesis

Ximena Córdova Ph.D. ----------
Miembro del Comité de Tesis

Otro Profesor Designado ----------
Miembro del Comité de Tesis

Fernando Romo, M.Sc. ----------
Decano del Colegio de Ciencias e Ingeniería "El Politécnico"

Quito, mayo de 2010

© Derechos de Autor
Alfonso Antonio Hernández Vivanco
Daniel Patricio Moncayo Jaramillo
2010

DEDICATORIA

A nuestras familias, amigos y profesores, por su gran apoyo y ayuda.

Resumen

En el presente proyecto se utilizaron herramientas de Diseño para Seis Sigma, y se aplicó la metodología DMADV (Definir, Medir, Analizar, Diseñar, Verificar) para crear una vela de iluminación que cumpla con los requerimiento del Valle de los Chillos y a la vez sea rentable para la empresa ALMON del Ecuador S.A.. De esta manera se busca obtener un producto competitivo, que posea atributos a la par de sus competidores y busque mejorarlos.

Mientras se utilizó esta metodología, se hizo uso de un estudio de mercado para determinar los atributos más importantes para el cliente, de un análisis conjunto para determinar los prototipos mejor calificados para cumplir con los requerimientos, y de un diseño experimental para obtener el diseño que sea el más apto para su producción y comercialización.

Finalmente se obtuvo un paquete de seis velas con diferentes colores y aromas, envueltas en un empaque transparente, el cual minimizó el costo de materias primas y del proceso de producción de dichas velas. Si bien este nuevo paquete de velas requiere de una inversión inicial, este producto representa un crecimiento en las ventas de la empresa dentro de la zona en la que se encuentra localizada.

Abstract

In this Project, several tools of the Design for Six Sigma (DFSS) where use, by applying the methodology DMADV (Define, Measure, Analyze, Design, Verify), in order to create an illumination candle which meets the requirements of the population of "Los Chillos" valley, and that generates positive revenues for the company "ALMON del Ecuador S.A.". Furthermore, the main goal was to obtain a competitive product, which possesses equal or better attributes compared with the competitors.

While the methodology was applied, it was performed a marketing research with the objective of acknowledging the most important attributes for the client. Also a conjoint analysis was performed in order to get information about the most preferred and important product features. With this it was possible to design several prototypes, with the help of experimental design, which results where useful in order to create a product suitable for production and commercialization.

Finally, the design included a packet of six candles with different colors and aromas, involved into a transparent packing, and which costs of producing, including the raw material where optimized. Even though this new design requires an initial investment, it represents a growing in sales of the company within its location area.

Tabla de contenido

1. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN 1
1.1. Introducción 1
1.2. Objetivo general 2
1.3. Objetivos específicos 2
1.4. Antecedentes 2
1.4.1. Descripción del problema 2
1.4.2. Justificación 3
2. CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA 4
2.1. Breve descripción de la empresa ALMON del Ecuador S.A. 4
2.2. Descripción del mercado objetivo 5
2.3. Canales para llegar al mercado objetivo 6
3. CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO 7
3.1. Diseño para Seis Sigma 7
3.2. Herramientas para la fase Definir 9
3.2.1. Levantamiento de Procesos 9
3.2.1.1. Mapeo de procesos 9
3.2.1.2. Cadena de Valor 9
3.2.1.3. Flujogramas 10
3.2.2. Investigación de Mercados 11
3.2.3. Análisis de Pareto 12
3.2.4. Modelo de Kano 12
3.3. Herramientas para la fase Medir 13
3.3.1. Voz del Consumidor 13
3.3.2. Grupos Focales 13

3.3.3. Encuestas 14
3.3.4. Medición de la Intensidad Luminosa 15
3.4. Herramientas para la fase Analizar 16
3.4.1. Benchmarking 16
3.4.2. Análisis Conjunto 17
3.4.2.1. Atributos y Niveles 18
3.4.2.2. Utilidad 19
3.4.2.3. Efecto Halo 19
3.4.3. Estadística descriptiva e inferencial 20
3.4.3.1. Distribuciones de frecuencia e histogramas 20
3.4.3.2. Inferencia sobre proporciones de dos poblaciones 22
3.4.4. Análisis de regresión y correlación 23
3.4.4.1. Solución por mínimos cuadrados con factorización QR 24
3.4.5. Prueba de Anderson – Darling 25
3.5. Herramientas para la fase Diseñar 25
3.5.1. Análisis de varianza 25
3.5.2. Análisis de los residuos 27
3.5.2.1. Supuesto de normalidad 27
3.5.2.2. Supuesto de independencia 28
3.5.2.3. Supuesto de igualdad de varianza 28
3.5.3. $R^2_{ajustada}$ 29
3.5.4. Prueba de falta de ajuste 30
3.5.5. Diseño Robusto 31
3.5.5.1. Superficies de respuesta 32
3.5.5.2. Optimización de respuestas múltiples 33
3.5.6. Capacidad del proceso 35
3.5.6.1. Capacidad real 35

3.5.6.2. Capacidad real del proceso 38
3.6. Herramientas para la fase Verificar 38
3.6.1. Pruebas de medición del grado de satisfacción 38
3.6.1.1. Método de Escalas Hedónicas 39
3.6.1.2. Diseño Latino Cuadrado Mutuamente Ortogonal 40
3.6.2. Pruebas de aceptación 43
3.6.3. Control Estadístico de Procesos 43
3.6.3.1. Carta de Control 44
3.6.3.2. La carta de control de Shewart para mediciones individuales 45
3.6.3.3. Carta de Control del Promedio Móvil Ponderado Exponencialmente (EWMA) para monitorear la media del proceso 47
3.6.3.4. Curvas de Operación Característica 48
3.6.3.5. Plan de acción para Condiciones fuera de Control (OCAP) 49
4. CAPÍTULO 4: DISEÑO DE UNA NUEVA VELA 50
4.1. Fase Definir 50
4.1.1. Metas del proyecto 50
4.1.2. Cadena de Valor 50
4.1.3. Nivel 0 de los procesos 51
4.1.4. Nivel 1 de los procesos 52
4.1.5. Nivel 2 de los procesos productivos 54
4.1.6. Documentación del proceso productivo de elaboración de velas 54
4.1.7. Investigación del mercado de velas 56
4.1.7.1. Análisis del Mercado Objetivo 56
4.1.7.2. Posicionamiento de las velas de iluminación 58
4.1.8. Definición de atributos para la elaboración de la vela 59
4.1.8.1. Screening 59
4.1.8.2. Grupos Focales 60

4.1.8.3. Análisis de Pareto de los Grupos Focales 63
4.1.9. Definición de las características críticas de la calidad (CTQ's) 64
4.1.9.1. Modelo de Kano 64
4.1.9.2. Características de los CTQ's (Factores Críticos de la Calidad) 65
4.2. Fase Medir 69
4.2.1. Medición del posicionamiento de las velas de iluminación 69
4.2.2. Diseño del Análisis Conjunto 77
4.2.2.1. Análisis Conjunto tradicional de perfil completo 78
Niveles y atributos 78
Efectos que se medirán en el análisis conjunto 79
4.3. Fase Analizar 90
4.3.1. Análisis de la encuesta aplicada a las tiendas 90
4.3.1.1. Análisis de la Pregunta 1 90
4.3.1.2. Análisis de la Pregunta 2 91
4.3.1.3. Análisis de la Pregunta 3 92
4.3.1.4. Análisis de la Pregunta 4 95
4.3.1.5. Análisis de las preguntas Pregunta 5 y pregunta 7. 96
4.3.1.6. Análisis de la Pregunta 6 97
4.3.2. Número de familias que usan velas 99
4.3.3. Determinación del número de velas que debe incluirse en un paquete 100
4.3.4. Determinación de una relación entre el uso y la frecuencia de uso 101
4.3.4.1. Relación entre el uso sólo para iluminar y su frecuencia de uso 102
4.3.4.2. Relación entre el uso Religioso / Espiritual y su frecuencia de uso 103
4.3.4.3. Relación entre el uso Romántico y su frecuencia de uso 104

4.3.4.4. Relación entre el uso de relajación y su frecuencia de uso..... 105
4.3.5. Determinación del tamaño total del mercado..... 106
4.3.6. Análisis estadístico del análisis conjunto..... 106
4.3.6.1. Análisis Conjunto global..... 110
4.3.6.2. Análisis de diferenciación..... 113
4.3.6.3. Análisis Conjunto del Grupo 1..... 117
4.3.6.4. Análisis Conjunto del Grupo 2..... 119
4.3.6.5. Diferencias en las preferencias entre el grupo 1 y el grupo 2.. 121
4.3.7. Análisis del diseño del paquete de velas..... 122
4.3.7.1. Guía para el grupo focal final..... 123
4.3.7.2. Conclusiones globales del grupo focal para el diseño..... 123
4.3.8. Benchmarking..... 125
4.3.8.1. Benchmarking de velas Tungurahua..... 126
4.3.8.2. Benchmarking de velas Santa Fe..... 133
4.4. Fase Diseñar..... 140
4.4.1. Diseño de la mezcla de materias primas..... 141
4.4.1.1. Análisis del costo..... 148
4.4.1.2. Análisis del tiempo de desmoldeo..... 148
4.4.1.3. Análisis de los defectos..... 158
4.4.1.4. Análisis de la duración..... 166
4.4.1.5. Análisis de la altura de la llama..... 174
4.4.1.6. Optimización del diseño robusto..... 181
4.4.2. Comparación de los CTQ's de la vela diseñada con la competencia
..... 185
4.4.3. Desempeño previsto para los CTQ's..... 187
4.4.3.1. Capacidad esperada del proceso..... 187

4.4.3.1.1. Capacidad esperada del tiempo de desmoldeo del proceso 187

4.4.3.1.2. Capacidad esperada de la calificación 188

4.4.3.1.3. Capacidad esperada de la duración 189

4.4.3.1.4. Capacidad esperada de la altura de la llama 189

4.4.3.1.5. Capacidad esperada de los CTQ's para la segunda alternativa de la Tabla 48. Optimización del proceso 190

4.4.3.1.6. Capacidad de los CTQ's para los demás procesos de la Tabla 48. Optimización del proceso 192

4.5. Fase Verificar 192

4.5.1. Medición de los Niveles de Satisfacción y Aceptación del Nuevo Producto 192

4.5.1.1. Técnica de muestreo 193

4.5.1.2. Análisis de los resultados 194

4.5.1.2.1. Análisis de la pregunta del gusto total 196

4.5.1.2.2. Análisis de la pregunta del gusto por los colores 199

4.5.1.2.3. Análisis de la pregunta del gusto por los aromas 202

4.5.1.2.4. Análisis de la pregunta del gusto por el empaque 205

4.5.1.2.5. Análisis de la pregunta del gusto por el tamaño 208

4.5.1.2.6. Análisis de la pregunta de la aceptación de los productos 211

4.5.1.2.7. Análisis de la pregunta de la aceptación de los colores 214

4.5.1.2.8. Análisis de la pregunta de la aceptación de los aromas 216

4.5.2. Propuesta de un plan de Control Estadístico de Procesos 219

4.5.2.1. Curvas de Operación Característica 219

4.5.2.2. Cartas de Control 220

4.5.2.3. Plan de acción para Condiciones fuera de Control (OCAP) 221

4.6. Viabilidad de la propuesta 222

5. Conclusiones y Recomendaciones 223

5.1. Conclusiones 223

5.2. Recomendaciones 224

6. Bibliografía 225

Anexos 229

Índice de Anexos

Anexo 1. Organigrama de la empresa 229

Anexo 2. Guía para la dirección de los grupos focales 230

Anexo 3. Grupos focales para la definición de atributos..... 232

Anexo 4. Ejemplo de encuesta para el Análisis Conjunto..... 239

Anexo 5. Orden aleatorio de presentación de los estímulos para el análisis conjunto . 241

Anexo 6. Grupo focal para el definir el diseño final del paquete de velas..... 245

Anexo 7. Superficies de respuesta obtenidos del software Design Expert® a partir de los experimentos para el diseño de la mezcla de materias primas 248

Anexo 8. Capacidad esperada de los procesos propuestos en la Tabla 48. Optimización del proceso..... 257

Anexo 9. Encuesta para la evaluación sensorial de los prototipos 259

Anexo 10. Orden de presentación de los prototipos para la evaluación sensorial 263

Anexo 11. Diagrama de flujo para un Plan de Acción para Condiciones Fuera de Control..... 264

Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación de las acciones 11

Tabla 2. Tipos de distribuciones según su forma 21

Tabla 3. Criterios de rechazo de las hipótesis nulas 23

Tabla 4. Análisis de varianza de la significancia de la regresión en una regresión múltiple 26

Tabla 5. Transformaciones para estabilizar la varianza 29

Tabla 6. Estructura de las funciones de condición deseable individuales 35

Tabla 7. Valores del índice de capacidad del proceso asociado a la porción caída de un proceso con una distribución normal y bajo control estadístico 37

Tabla 8. ANOVA del diseño latino cuadrado 42

Tabla 9. Distribución de familias en las parroquias del Cantón Quito ubicadas en el Valle de los Chillos 56

Tabla 10. Distribución de las familias en las parroquias del Cantón Rumiñahui ubicadas en el Valle de los Chillos 57

Tabla 11. Atributos y Niveles del Análisis Conjunto 78

Tabla 12. Estímulos para el Análisis Conjunto 83

Tabla 13. Marcas Existentes en el mercado y su participación en ventas 97

Tabla 14. Número de familias que utiliza velas en el Valle de los Chillos 100

Tabla 15. Matriz para estimar el valor para el nivel a_{ij} 108

Tabla 16. Matriz reducida Matriz para estimar el valor para el nivel a_{ij} 109

Tabla 17. Descripción del modelo del análisis conjunto 110

Tabla 18. Utilidades de toda la población objetivo 111

Tabla 19. Valores de importancia de toda la población objetivo 111

Tabla 20. Grupos formados para el análisis conjunto 114

Tabla 21. Pruebas de hipótesis para las proporciones de usos del grupo 1 contra el grupo 2 116
Tabla 22. Utilidades para el grupo 1 118
Tabla 23. Importancias para el grupo 1 118
Tabla 24. Utilidades para el grupo 2 120
Tabla 25. Importancias para el grupo 2 120
Tabla 26. Diferencias en las preferencias e importancias de los atributos en los grupos 1 y 2 122
Tabla 27. Duración de la muestra de velas Tungurahua 128
Tabla 28. Alturas de las llamas de la muestra de Velas Tungurahua 131
Tabla 29. Duración de la muestra de Velas Santa Fe 135
Tabla 32. Alturas de las llamas de la muestra de Velas Santa Fe 138
Tabla 31. Ficha técnica de la parafina 1 142
Tabla 32. Ficha técnica de la parafina 2 143
Tabla 33. Modelo Optimal IV para el experimento en términos de las variables codificadas 145
Tabla 34. Modelo Optimal IV para el experimento en término de las variables no codificadas 146
Tabla 35. Ajuste del modelo del tiempo de desmoldeo 149
Tabla 36. ANOVA para el tiempo de desmoldeo, considerando todos los efectos 150
Tabla 37. ANOVA del modelo final para el tiempo de desmoldeo 151
Tabla 38. Ajuste del modelo de la calificación 158
Tabla 39. ANOVA para la calificación de las velas, considerando todos los efectos 159
Tabla 40. ANOVA del modelo final para las calificaciones de las velas 160
Tabla 41. Ajuste del modelo de la duración 166

Tabla 44. ANOVA para la duración considerando todos los efectos 167
Tabla 43. ANOVA del modelo final para la duración 168
Tabla 44. Análisis de ajuste para la altura de la llama 175
Tabla 45. ANOVA de la altura de la llama, considerando todos los efectos no aliados 176
Tabla 46. ANOVA de la altura de la llama con los efectos significativos 177
Tabla 47. Importancias de las respuestas 183
Tabla 48. Optimización del proceso 183
Tabla 49. Comparación de los CTQ's de la competencia Tungurahua y Santa Fe contra Santa Mónica 186
Tabla 50. Capacidad esperada del proceso para el segundo producto de la Tabla 48. Optimización del proceso 191
Tabla 51. Prototipos para la evaluación sensorial 192
Tabla 52. Análisis de varianza del gusto total 196
Tabla 53. Análisis de varianza del gusto por los colores 199
Tabla 54. Análisis de varianza del gusto por los aromas 202
Tabla 55. Análisis de varianza del gusto por el empaque 205
Tabla 56. Análisis de varianza del gusto por el tamaño 208
Tabla 57. Pruebas de hipótesis para la proporción de aceptación de los prototipos 213

Índice de Diagramas

Diagrama 1. Fases DMADV para el DFSS 8

Diagrama 2. Cadena de Valor de ALMON del Ecuador S.A. 51

Diagrama 3. Nivel 0 de los procesos de ALMON del Ecuador S.A. 52

Diagrama 4. Nivel 1 de los procesos de ALMON del Ecuador S.A. 53

Diagrama 5. Nivel 2 de los procesos productivos de ALMON del Ecuador S.A. 54

Diagrama 6. Flujograma del proceso de Gestión de Productos: Manufactura de Velas 55

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Ángulo Sólido 15

Ecuación 2. Intensidad luminosa 15

Ecuación 3. Media muestral 21

Ecuación 4. Estadístico de prueba para proporciones 23

Ecuación 5. Coeficiente de correlación muestral 24

Ecuación 6. Suma de cuadrados debida al modelo 26

Ecuación 7. Suma de cuadrados debida a los residuales 26

Ecuación 8. Suma de cuadrados total 26

Ecuación 9. $R^2_{ajustada}$ 29

Ecuación 10. Residual del (ij)-ésimo término 30

Ecuación 11. Cuadrado de los (ij)-ésimos residuales 30

Ecuación 12. Estadístico de prueba para la falta de ajuste 31

Ecuación 13. Condición de deseable global 34

Ecuación 14. Capacidad potencial del proceso con límites superior e inferior de especificación 36

Ecuación 15. Capacidad potencial del proceso con límite superior de especificación 36

Ecuación 16. Capacidad potencial del proceso con límite inferior de especificación 36

Ecuación 17. Capacidad real del proceso 38

Ecuación 18. Modelo estadístico de un cuadrado latino 41

Ecuación 19. Hipótesis para el diseño latino cuadrado 41

Ecuación 20. Rango móvil 46

Ecuación 21. Parámetros para cartas de control de mediciones individuales 46

Ecuación 22. Promedio móvil ponderado para cartas de control EWMA 47

Ecuación 23. Parámetros para cartas de control EWMA 48

Ecuación 24. Parámetros estables para cartas de control EWMA.....48

Ecuación 25. Tamaño de la muestra para las tiendas.....73

Ecuación 26. Tamaño de la muestra para el Análisis Conjunto.....86

Ecuación 27. Modelo general de análisis conjunto.....107

Ecuación 28. Estimación de las utilidades.....109

Ecuación 29. Importancia de cada factor.....109

Ecuación 30. Restricción 1 para la mezcla.....143

Ecuación 31. Diseño símplex reticular.....144

Ecuación 32. Modelo cuadrático para la mezcla.....147

Ecuación 33. Costo de 1kg de Materias Primas, sin Aroma ni Colorante.....148

Ecuación 34. Costo de 1kg de materias primas del nuevo producto.....184

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Modelo de Kano 12

Gráfico 2. Carta de control de Shewart 45

Gráfico 3. Curva de Operación característica 49

Gráfico 4. Distribución de las familias en las parroquias del Valle de los Chillos 57

Gráfico 5. Gráfico de Pareto de los atributos más importantes en la pregunta de cierre de los grupos focales 63

Gráfico 6. Modelo de Kano de la nueva vela de iluminación 64

Gráfico 7. Porcentaje de Supermecados y tiendas de abarrotes registradas en el SRI hasta el viernes 5 de febrero de 2010 70

Gráfico 8. Pareto del número de tiendas que vende velas en cada parroquia 91

Gráfico 9. Pareto de las velas que Sí venden velas vs. Las que No 92

Gráfico 10. Pareto del número de velas que contiene el paquete más vendido 93

Gráfico 11. Histograma del número de velas en el paquete más vendido 94

Gráfico 12. Histograma de las ventas mensuales en cada Tienda 95

Gráfico 13. Pareto de la marca más vendida en cada Tienda 96

Gráfico 14. Histograma del Precio Unitario 98

Gráfico 15. Gráfico de Probabilidad normal del Precio Unitario 98

Gráfico 16. Histograma del número de velas preferido en cada paquete 100

Gráfico 17. Histograma del número de velas utilizadas al año sólo para iluminar 102

Gráfico 18. Histograma del número de velas utilizadas al año sólo para iluminar 103

Gráfico 19. Histograma del número de velas utilizadas al año sólo para iluminar 105

Gráfico 20. Gráfico de Pareto del Número de familias existentes en cada Parroquia .. 113

Gráfico 21. Distribución de los usos de las velas en el grupo 1 115

Gráfico 22. Distribución de los usos de las velas en el grupo 2 115

Gráfico 23. Gráfica de probabilidad normal de la duración de Velas Tungurahua..... 129
Gráfico 24. Carta de datos individuales de la duración de Velas Tungurahua..... 130
Gráfico 25. Gráfico de Probabilidad normal de las alturas de las llamas de velas Tungurahua..... 132
Gráfico 26. Carta de control para los datos individuales de la altura de la llama de Velas Tungurahua..... 133
Gráfico 27. Gráfica de probabilidad normal de la duración de Velas Santa Fe 136
Gráfico 28. Carta de datos individuales de la duración de Velas Santa Fe 137
Gráfico 29. Gráfico de Probabilidad normal de las alturas de las llamas de velas Santa Fe 139
Gráfico 30. Carta de control para los datos individuales de la altura de la llama de Velas Santa Fe 140
Gráfico 31. Gráfico Box-Cox para el tiempo de desmoldeo 154
Gráfico 32. Gráfica de probabilidad normal de los residuos para el tiempo de desmoldeo 155
Gráfico 33. Gráfico de los residuales en secuencia del tiempo para el tiempo de desmoldeo..... 155
Gráfico 34. Residuales contra los valores ajustados para el tiempo de desmoldeo..... 156
Gráfico 35. Valores actuales contra valores ajustados para el tiempo de desmoldeo .. 157
Gráfico 36. Gráfico Box-Cox para la calificación de las velas 162
Gráfico 37. Gráfica de probabilidad normal de los residuos para la calificación de las velas..... 163
Gráfico 38. Gráfico de los residuales en secuencia del tiempo para la calificación de las velas..... 163
Gráfico 39. Residuales contra los valores ajustados para la calificación de las velas.. 164

Gráfico 40. Valores actuales contra valores ajustados para la calificación de las velas 165
Gráfico 41. Gráfico Box-Cox para la duración 171
Gráfico 42. Gráfica de probabilidad normal de los residuos para la duración 172
Gráfico 43. Gráfico de los residuales en secuencia del tiempo para la duración 172
Gráfico 44. Residuales contra los valores ajustados..... 173
Gráfico 45. Valores actuales contra valores ajustados 174
Gráfico 46. Gráfico de Box-Cox para la altura de la llama..... 178
Gráfico 47. Gráfica de probabilidad normal de los residuos para la altura de la llama 179
Gráfico 48. Gráfico de los residuales en secuencia del tiempo para la altura de la llama 180
Gráfico 49. Residuales contra los valores ajustados..... 180
Gráfico 50. Valores actuales contra valores ajustados para la altura de la llama..... 181
Gráfico 51. Gráficos de los residuos para el gusto total..... 197
Gráfico 52. Gráficos de los residuos para el Color..... 200
Gráfico 53. Gráficos de los Residuales para el Aroma..... 203
Gráfico 54. Gráficos de los Residuales para el Empaque..... 206
Gráfico 55. Gráficos de los Residuales para el Tamaño..... 209
Gráfico 56. Aceptación del producto con un solo color y aroma 211
Gráfico 57. Aceptación del producto con dos colores y aromas 212
Gráfico 58. Aceptación del producto con 3 colores y aromas..... 212
Gráfico 59. Aceptación general del nuevo producto 213
Gráfico 60. Distribución de la aceptación del mejor color..... 214
Gráfico 61. Distribución de la aceptación del segundo mejor color 215
Gráfico 62. Distribución de los colores no aceptados 215

Gráfico 63. Distribución de la aceptación del mejor aroma 216

Gráfico 64. Distribución de la aceptación del segundo mejor aroma..... 217

Gráfico 65. Distribución de los colores no aceptados 218

Gráfico 66. Curva de Operación Característica..... 219

1. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

El presente proyecto está enfocado en la aplicación de la herramienta Design For Six Sigma (DFSS.- Diseño para Seis Sigma), con la metodología DMADV (Definir, Medir, Analizar, Diseñar y Verificar), para la elaboración de un nuevo producto, el cual es una vela de iluminación que esté acorde a las necesidades y expectativas del cliente. Junto con este proyecto se han utilizado algunas herramientas estadísticas y de mercadeo para traducir estas expectativas y necesidades a características sensoriales de la nueva vela de iluminación. Gracias al diseño experimental aplicado a este trabajo se pudo optimizar todas las características críticas que influencian en la calidad de la nueva vela. Se buscó que las características de este nuevo producto se encuentren al mismo nivel de las características de la competencia e incluso las superen.

La metodología mencionada en el párrafo anterior fue ampliamente utilizada en el trabajo para determinar inicialmente cual es el mercado objetivo, su distribución, su comportamiento, y las características de calidad que son importantes para este. Es así que se reconoció cuales son los niveles óptimos de estas características que son más aceptadas por el cliente. Seguido de esto se obtuvieron los prototipos finales que tengan niveles ideales y específicos que estén aptos para la producción masiva posterior.

Finalmente se identificó la viabilidad de este proyecto en la vida real, tomando en cuenta la inversión requerida para la elaboración de este producto y el ahorro que representará la utilización óptima de recursos para su producción.

1.2. Objetivo general

Desarrollar una nueva vela que cumpla con los requerimientos de los clientes del Valle de los Chillos y minimice los costos de las materias primas y producción asociadas a la elaboración de velas.

1.3. Objetivos específicos

- Determinar el estado actual del proceso de producción de velas.
- Conocer los requerimientos de calidad de los clientes del Valle de los Chillos.
- Diseñar una mezcla óptima de las materias primas para cumplir con los requerimientos del mercado objetivo y minimizar los costos de materias primas y de producción.
- Proponer nuevos estándares de calidad para la vela diseñada.

1.4. Antecedentes

1.4.1. Descripción del problema

ALMON del Ecuador S.A. no sabe a ciencia cierta cuáles son los requerimientos de sus consumidores de velas, por lo que actualmente no se cuentan con estándares de calidad en el proceso productivo de elaboración de velas. Además, a pesar de que la compañía se encuentra localizada en el Valle de los Chillos, sus velas no tienen presencia de ventas en este sector.

1.4.2. Justificación

ALMON del Ecuador es una empresa localizada en el Valle de los Chillos, y sin embargo, la mayor parte de su mercado se encuentra en las provincias de Manabí, el sector oriental del país, la zona central del Ecuador, Santo Domingo de los Tsáchilas y sus alrededores, y la zona norte del país; mas como ya se mencionó, no tiene presencia en su sector de localización.

Como consecuencia del problema descrito en la sección anterior, la falta de estándares de calidad y el desconocimiento de los requerimientos de los clientes, representan una desventaja frente a las marcas que ya tienen presencia en el mercado de las velas de iluminación en el Valle de los Chillos. Así, las mezclas de las materias primas tampoco siguen ningún estándar, por lo que existe una variabilidad significativa en el proceso productivo de elaboración de velas. De allí la importancia de conocer a profundidad los requerimientos de los clientes para proponer el diseño de una nueva vela que cumpla con las necesidades del mercado del Valle de los Chillos y a la vez minimice los costos relacionados con las materias primas.

2. CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

2.1. Breve descripción de la empresa ALMON del Ecuador S.A.

ALMON del Ecuador S.A. es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de velas decorativas y de iluminación, con 25 años de experiencia. Se encuentra localizada en el Valle de los Chillos, La Rivera 2, calles Paz y Solidaridad, siendo este el único lugar donde se produce y comercializan todos los productos, es decir, no cuenta con otras agencias.

ALMON del Ecuador S.A. define su misión como: "Satisfacer las necesidades comerciales de nuestros clientes, con stock permanente, servicio personalizado y producto genuino, sin dejar a un lado la obligación mundial de proteger el medio ambiente; de manera que podamos obtener una utilidad justa en beneficio de clientes internos y externos, debido a que seguimos la filosofía "El fin del trabajo es el hombre", es así que reclutamos, desarrollamos, motivamos y recompensamos al personal con óptimas habilidades"

Por otro lado ALMON del Ecuador S.A. define su visión como: "Ser la principal empresa en distribución de: parafina, carnauba, telas industriales, menaje de hogar y una amplia gama de velas, satisfaciendo las expectativas del cliente, con precios competitivos y valor genuino".

La empresa consta de 30 empleados en el área de producción y 6 empleados en el área administrativa, con la estructura organizacional que se muestra en el organigrama presentado en el Anexo 1.

Hoy en día su infraestructura consta de oficinas para el equipo administrativo y 2 plantas, dedicándose la primera a la solamente a la producción de velas y la segunda a la producción de velas y además al almacenamiento de la materia prima y el producto

terminado. La capacidad de la primera planta está dada por sus 20 máquinas mecánicas que sirven para el moldeo de las velas, dos empaquetadoras automáticas que envuelven al producto con plástico y 6 máquinas para la fundición de parafina. Las dos empaquetadoras automáticas son usadas para la mayoría de pedidos, a excepción de aquellos en los que se especifique empaque a base de papel, en cuyo caso el empaquetamiento es manual.

La marca de velas que comercializa ALMON es Velas Santa Mónica, cuya producción empezó siendo artesanal y ha ido mejorando sus procesos al adquirir nueva tecnología en base a la experiencia y cambios en el mercado.

Velas Santa Mónica enfoca su mercado de velas de iluminación en el sector popular de consumo masivo, mientras que el mercado de las velas decorativas se enfoca en la clase media y media alta y su producción se hace en base a pedidos por catálogo. Cabe recalcar que las velas de iluminación representan la mayor parte del negocio de ALMON, siendo éstas comercializadas por medio de distribuidores localizados en diversos puntos del país.

Finalmente, se debe mencionar que ALMON pertenece al grupo de PYME's (Pequeñas y Medianas Empresas) y ha formado parte de varias reuniones, asociaciones y foros internacionales, entre las cuales se destacan la Convención Americana de las PYMES y ALAFAVE (Asociación Latinoamericana de Fabricantes de Velas)

2.2. Descripción del mercado objetivo

Según la consulta realizada al Gerente General de ALMON del Ecuador S.A., Econ. Alfonso Hernández, se define al mercado objetivo para el desarrollo de este proyecto de la siguiente manera:

- Todas las familias y negocios localizados en el Valle de los Chillos

- Sector medio – bajo y medio – alto:
    - Sector medio – alto: En base a la experiencia, existe la tendencia de tener en todo hogar la vela de iluminación con fines religiosos y la tendencia de estos es a utilizar este producto con algún valor agregado que les proporcione una sensación de bienestar desde el momento de la compra (color, forma, aroma, presentación, etc.).
    - Sector medio – bajo: Existe la misma característica de las velas utilizadas por temas religiosos. Además, este sector demanda de productos basándose mucho en sus costos, sin tomar mucho en cuenta el contenido.
- Gente que requiera de iluminación en base a velas por necesidad.

2.3. Canales para llegar al mercado objetivo

La estrategia de ventas utilizada por ALMON del Ecuador S.A. es llegar al mercado objetivo a través de distribuidores. En sus inicios, la empresa empezó distribuyendo sus productos a través de las cadenas comerciales tales como Supermaxi, ENPROVIT y Comisariatos en general; sin embargo, este modo de distribución resultó en bajos índices de ventas.

La ventaja de haber comenzado las ventas por medio de las cadenas comerciales fue que se contactaron distribuidores, a quienes se les abastece hasta el día de hoy. Gracias a ello, actualmente ALMON del Ecuador S.A. ocupa el puesto número 1 en producción y comercialización de velas de iluminación en el país (Vivanco).

Para el presente proyecto, no existe restricción en el modo de distribución. Hay las dos posibilidades: vender a las cadenas comerciales y vender a distribuidores,

quienes abastecen del producto a los puntos de venta finales como son tiendas, abastos, supermercados, restaurantes y comisariatos.

3. CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO

3.1. Diseño para Seis Sigma

El diseño de un nuevo producto consiste en la elaboración de algo nuevo para la empresa. Así, un nuevo producto puede ser original y aportar nuevas características físicas o de percepción; también puede ser un producto rediseñado o reformulado, es decir, uno que varía algunas de sus características físicas sin alterar su función fundamental. También se define como un nuevo producto a aquel que ha cambiado sólo la forma de presentarlo al cliente, sin que cambien sus características físicas como tal (Montaña).

La metodología utilizada en el presente proyecto es *Design for Six-Sigma (DFSS)*, pues su idea fundamental es hacer las cosas bien a la primera (Kleinert). A diferencia de los pasos de un proyecto *Six-Sigma*, para el *DFSS*, no existe un acrónimo oficial para las fases de este tipo de proyectos; sin embargo, sus fases pueden ser llamadas *DMADV* (Definir, Medir, Analizar, Diseñar y Validar) o *IDOV* (Identificar, Diseñar, Optimizar y Validar) (Kleinert). Según lo consultado con MSc. Danny Navarrete (profesor de la facultad de Ingeniería Industrial de la USFQ), la metodología a utilizar en este proyecto será basada en las fases *DMADV* que son (Simon):

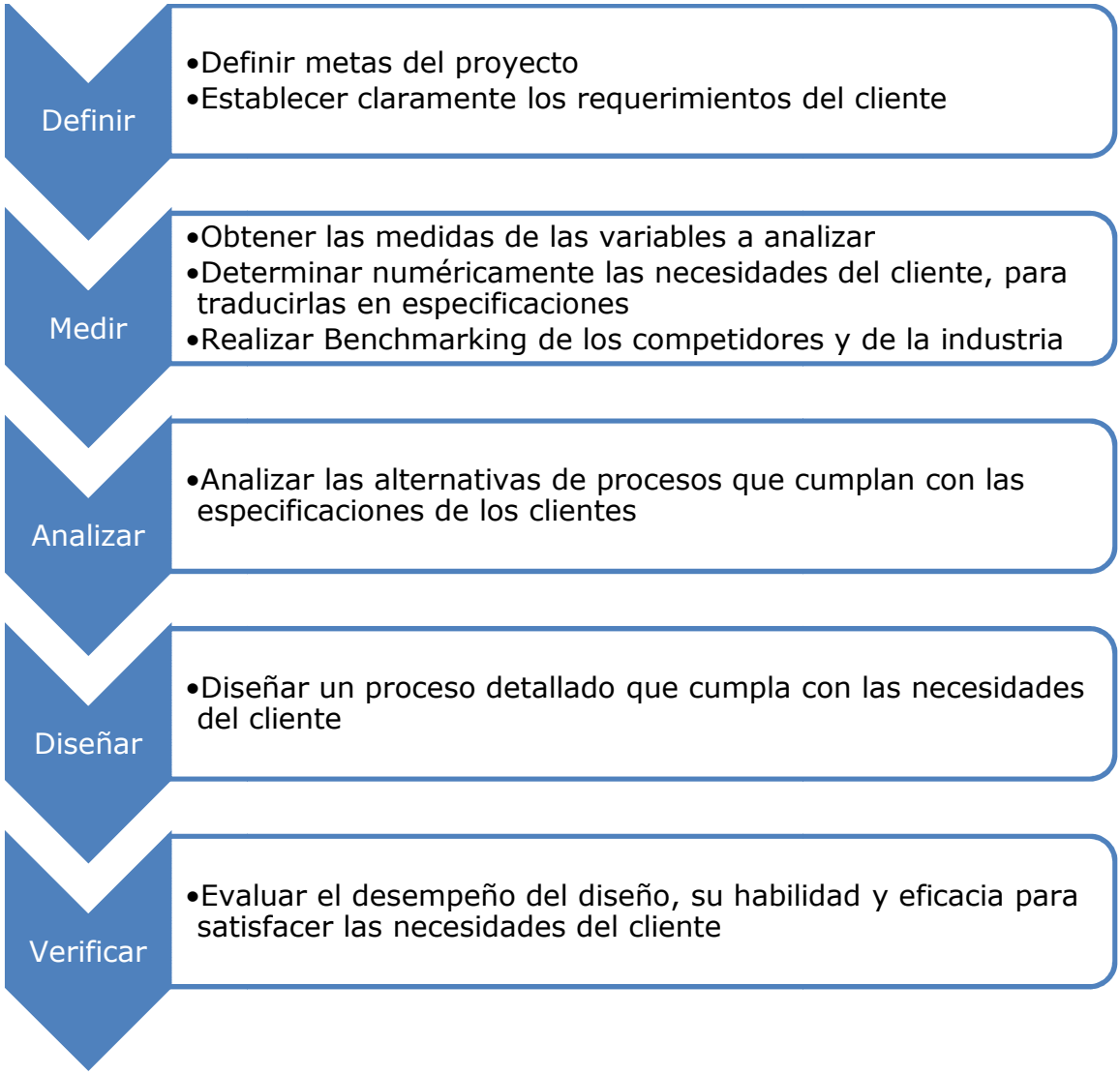


Diagrama 1. Fases DMADV para el DFSS[1]

Así, para lograr los objetivos descritos en el Diagrama 1, se utilizan ciertas herramientas que describen en los siguientes numerales del capítulo 3 y son aplicadas en el diseño de la nueva vela presentada en el capítulo 4.

[1] **Fuente:** Simon; **Elaboración:** Propia

3.2. Herramientas para la fase Definir

3.2.1. Levantamiento de Procesos

3.2.1.1. Mapeo de procesos

Niebel y Freivalds definen a un diagrama de proceso de operación como la "secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, holguras y materiales que se usan en un proceso de manufactura o de negocios, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque del producto terminado" (Niebel y Freidvalds 30).

Un mapa de procesos ofrece una foto de cómo fluye el trabajo a través de una compañía (Spyzdek). Según Galloway (Mapping Work Processes), los pasos para realizar un mapeo de procesos son:

1.- Seleccionar el proceso a mapear

2.- Definir el Proceso

3.- Mapear el proceso principal

4.- Mapear las rutas alternativas

5.- Mapear puntos de inspección

6.- Usar el mapa para mejorar el proceso

3.2.1.2. Cadena de Valor

La cadena de valor es un enfoque para desglosar la secuencia de funciones de un negocio en actividades estratégicas relevantes a través de las cuales se agrega valor a los productos y servicios. Para tener un entendimiento adecuado de este enfoque, debe separarse a las actividades en 3 categorías: estructurales o gobernantes, productivos y operacionales o de apoyo (Elloumi).

3.2.1.3. Flujogramas

Según Spyzdek (The Six Sigma Handbook), un diagrama de flujo es una herramienta que indica gráficamente los inputs, acciones y outputs de un sistema, donde se define:

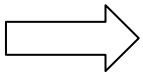
Inputs.- son factores de producción, como recursos, materiales, mano de obra, equipos y la dirección.

Acciones.- es la manera como los inputs son combinados y manipulados para agregar valor; incluyen procedimientos, manejo, almacenamiento, transporte y procesamiento.

Outputs.- son productos y servicios creados al tomar acciones sobre los inputs. Los outputs pueden ser entregados a un cliente externo o interno. También se incluyen los resultados indeseables o no planeados, como el desperdicio, el reproceso, la contaminación, etc.

En el libro *Handbook of Industrial Engineering* editado por Salvendy, Kadota señala que, según el estándar ASME (*Operation and Flow Charts.* ANSI Y15.3-1974), se usan las acciones pueden ser clasificadas en cinco grupos:

Tabla 1. Clasificación de las acciones[2]

Símbolo	Acción
	Operación: Cuando un objeto es modificado intencionalmente; es armado o desarmado; es preparado para otra operación, transporte, inspección o almacenamiento; se da o recibe información y cuando se hace planeación o cálculos
	Transporte: Cuando un objeto es movido o una persona se mueve de un lugar a otro, excepto cuando el movimiento es parte de la operación o es causado por el operador en la estación de trabajo
	Inspección: Cuando un objeto es examinado para identificación o para verificar cualquier característica cuantitativa o cualitativa.
	Demora: Ocurre cuando un objeto o persona espera para la siguiente acción planeada.
	Almacenamiento: Ocurre cuando un objeto es guardado o protegido contra movimientos no autorizados.

3.2.2. Investigación de Mercados

Tal como lo cita Malhora, según la American Marketing Association, la investigación de mercados es la "identificación, acopio, análisis, difusión y aprovechamiento sistemático y objetivo de la información con el fin de mejorar la toma de decisiones relacionada con la identificación y solución de los problemas y las oportunidades de marketing" (7). En el caso específico del presente proyecto, la definición de investigación de mercados se hará aplicable al desarrollo de nuevos productos.

[2] **Fuente:** Estándar ASME (Kadota); **Elaboración:** Propia

3.2.3. Análisis de Pareto

Es el proceso de determinar cuál(es) de todas las oportunidades de mejora debe ser tomada en cuenta primero para mejorar el proceso. Por ello también se lo conoce como "separar los pocos vitales de los muchos triviales" (Spyzdek).

3.2.4. Modelo de Kano

Como lo expone Spyzdek (119 - 120), Noritaki Kano desarrolló el siguiente modelo que explica la relación entre la satisfacción del cliente y la calidad:

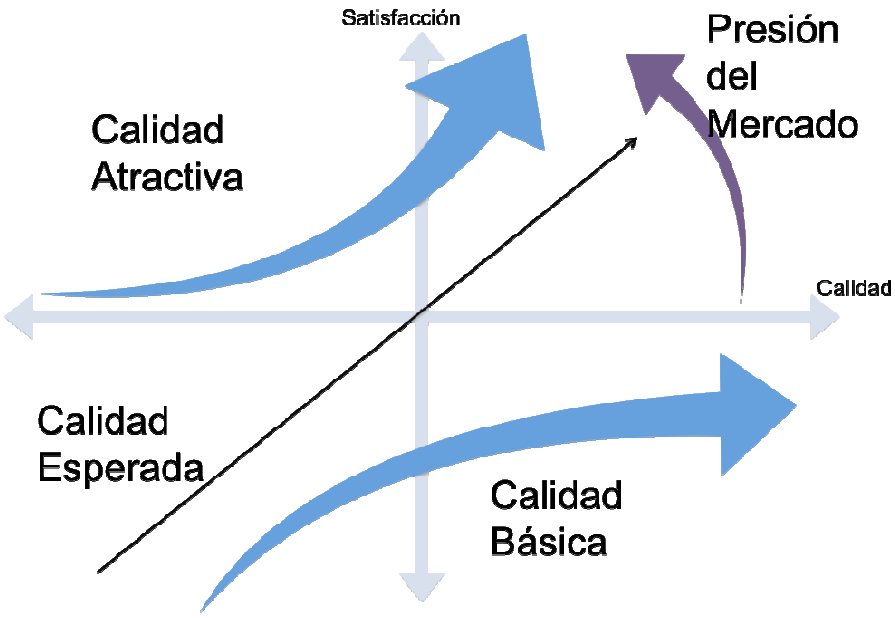


Gráfico 1. Modelo de Kano[3]

La *Calidad básica* es aquella que, si su calidad no es la que el cliente desea, causa su completa insatisfacción; sin embargo, conceder sólo calidad básica no es suficiente para satisfacer al cliente.

La línea de *Calidad esperada* representa las expectativas que los clientes consideran explícitamente. Así, se puede observar que el cliente está insatisfecho si sus

[3] **Fuente**: Spyzdek, página 119; **Elaboración:** Propia

expectativas no son cubiertas, y además, su satisfacción aumenta al incrementar sus expectativas.

Finalmente, la línea de *Calidad atractiva* está enteramente localizada en la región de satisfacción del cliente. Entonces, ésta representa la calidad que el cliente no espera pero que son más de lo que ellos esperaban.

El modelo de Kano expresa que la *Presión competitiva* aumenta constantemente con las expectativas del cliente. Por ello, la calidad atractiva de hoy será la calidad básica de mañana.

3.3. Herramientas para la fase Medir

3.3.1. Voz del Consumidor

Son los requerimientos del cliente respecto a un producto o servicio en un mercado determinado. Es así que las compañías deben comprender a fondo la voz del cliente y desarrollar efectivas estrategias de marketing, es así que las empresas que satisfagan de mejor manera los requerimientos del cliente serán las que sobrevivirán. (Guiltinan, Paul y Madden 51)

3.3.2. Grupos Focales

Es una técnica muy común para identificar los requerimientos del cliente a través de la entrevista a un grupo focal, el cual está conformado con un grupo de seis a diez personas, reunido en una instalación central para analizar un tema. Estos grupos focales suelen durar un alrededor de 2 horas, donde proveen de un análisis de lo que esperarían de un producto y lo que les agradaría. Finalmente todos estos requerimientos del cliente son llamados la “voz del consumidor”. (Guiltinan, Paul y Madden 51)

Adicionalmente los participantes de este grupo focal son seleccionados debido a que poseen algunas características en común relacionadas con el tema a tratar. Ellos serán conducidos por un entrevistador objetivo y que no influya en las respuestas, buscando patrones similares en las opiniones y tendencias definidas. Los participantes se desenvolverán en un ambiente sin presiones, donde las personas deben dar sus diversas percepciones sin necesariamente llegar a un consenso. (Spyzdek 113)

3.3.3. Encuestas

La encuesta es cualquier esfuerzo de investigación en el que se recopilan sistemáticamente datos de una muestra de personas por medio de un cuestionario, ya sean por medio de entrevistas por teléfono, correo, personales, internet, y otras formas de comunicación. Es fundamental que la encuesta sea fácil de entender, bien redactada y tenga un enfoque correcto, con el fin de que no genere resultados incorrectos e inútiles. (Zkmund y d´Amico 246)

La elaboración de las encuestas consiste en:

1. Una planificación inicial del cuestionario
2. Desarrollar las medidas de cada pregunta
3. Diseñar el tamaño de la muestra a analizar
4. Desarrollar y evaluar el cuestionario
5. Producir el cuestionario final
6. Preparar y distribuir materiales necesarios para la encuesta
7. Recolectar la información
8. Reducir la información a formatos que puedan ser analizados
9. Analizar la información obtenida

(Spyzdek 103)

3.3.4. Medición de la Intensidad Luminosa

La intensidad luminosa es una propiedad física de interés en el presente proyecto, pues es una característica propia de la vela el proveer iluminación a los usuarios, por esto, a continuación se presenta la teoría con respecto a este tema.

Como primer punto, debe definirse un ángulo sólido; para ello, tener presente lo siguiente:

> Sea S una superficie paramétrica suave y sea P un punto tal que cada línea que parte de P corta a S a lo sumo una vez. El **ángulo sólido** $\Omega(S)$ subtendido por S y P es el conjunto de líneas que se inician en P y pasan por S. Sea $S(a)$ la interacción de $\Omega(S)$ con la superficie de la esfera con centro P y radio a. Entonces la medida del ángulo sólido en estereoradianes está definida como (Stewart 1122):

Ecuación 1. Ángulo Sólido[4]

$$|\Omega(S)| = \frac{\text{área de } S(a)}{a^2}$$

Una vez definido el ángulo sólido, se determina que la intensidad luminosa I de una fuente en una dirección dada es el flujo luminoso dF por unidad de ángulo $d\omega$ (Morgan 156), dicho en términos matemáticos, la intensidad luminosa en candiles se define como:

Ecuación 2. Intensidad luminosa[5]

$$I = \frac{dF}{d\omega}$$

[4] **Fuente:** Stewart, página 1122; **Elaboración:** Propia
[5] **Fuente:** Morgan, página 156; **Elaboración:** Propia

En un inicio, el estándar fotométrico para medir un candil, era una vela de $^1/_6$lb prendida a una tasa específica de 120granos/hora; sin embargo, este estándar fue abandonado, pues la intensidad luminosa de la vela varía con el largo de la mecha, la altura de la flama, la temperatura del aire y otros factores (Morgan 157).

Por lo tanto, sabiendo que la altura de la llama de una vela incide en su intensidad luminosa, y que ésta depende del ángulo sólido por el cual pasa el flujo luminoso en una dirección dada, para fines de este proyecto, se detectarán variaciones en la intensidad luminosa, tomando en cuenta principalmente este factor.

3.4. Herramientas para la fase Analizar

3.4.1. Benchmarking

Es el proceso de comparar y medir una organización, contra otra, en cualquier región del mundo, para obtener información de filosofías, prácticas o medidas, para ayudar a que una empresa actúe, y logre mejorar su rendimiento (Hubert y Marsden).

La metodología utilizada por la compañía APQC, la cual recibió el puesto número uno del ranking realizado en 1995 por el "European Center for Total Quality Management", se compone de las siguientes fases (Hubert y Marsden):

- Planear: En donde se establece, especifica y documenta el área de estudio, las métricas y definiciones del benchmarking.
- Colectar: Se compone de dos partes: 1) obtener información cualitativa, y 2) aprender del mejor.
- Analizar: Se analizan las tendencias y se identifican las prácticas que permiten, o impiden un desempeño superior. Todo lo analizado se discute a

profundidad, y se planifica una primera acción para adaptar e implementar lo aprendido.

- Adaptar: Los resultados del estudio son adaptados a la empresa en esta fase. Para ello, se crean planes apropiados para la organización.

(Hubert y Marsden)

3.4.2. Análisis Conjunto

El análisis conjunto "es una técnica multivariable utilizada específicamente para entender cómo personas encuestadas desarrollan preferencias acerca de productos o servicios" (Harrar de Dienes y Alcaide). Se basa en la premisa de que los encuestados evalúan el valor o utilidad de un producto, servicio o idea (real o hipotética) procedente de la combinación de las cantidades separadas de preferencia suministradas por cada atributo (Harrar de Dienes y Alcaide).

El análisis conjunto busca contestar las siguientes preguntas (SPSS Análisis Conjunto):

- ¿Cuales características o atributos de un producto o servicio conducen a la decisión de compra?
- ¿Cual combinación de características tendrá el mayor éxito?
- ¿Qué segmento de mercado está más interesado en el producto?
- ¿A qué mensaje de mercadeo apelaremos para este segmento?
- ¿Qué nueva característica afectará más a las preferencias de los clientes e incrementará las ventas?
- ¿Cuál es el precio óptimo que aceptarían los clientes para un producto o servicio?
- ¿Puede el precio ser incrementado sin una pérdida significativa en las ventas?

Además, según la American Marketing Association (2), el análisis conjunto:

- Revela las preferencias del consumidor de una manera realista, es decir, se asemeja a una situación de compra, en la cual el consumidor evalúa, compara y selecciona un producto, y
- Permite al investigador inferir en los valores que sobresalen en las decisiones de un consumidor, en una manera que típicamente produce información más confiable que preguntarles a los consumidores directamente cómo hacen sus decisiones de compra.

La American Marketing Association (2) también resalta la importancia del análisis conjunto, pues calcula la importancia de los atributos de varios productos de la siguiente manera:

1. Indirectamente, pidiendo a los encuestados que decidan de una manera similar a la que lo hacen en el mercado.
2. En el contexto de un rango de variación especificado.
3. Haciendo trade-offs (intercambio entre cualidades de las características analizadas).
4. Además, hace que todas las importancias se ajusten conjuntamente en una sola combinación.

Para el diseño y análisis de este método, la American Marketing Association define los siguientes conceptos (4 - 5):

3.4.2.1. Atributos y Niveles

Los atributos son catacterísticas, factores o dimensiones que juegan un papel importante en la determinación de las decisiones de compra de los consumidores.

Así como los atributos son factores clave de un producto, los *niveles* de los atributos son cantidades o cualidades específicas de estos atributos.

En estudios conjuntos, los encuestados expresan su preferencia por productos que combinan niveles específicos de los atributos.

3.4.2.2. Utilidad

La utilidad se obtiene de una serie de comparaciones entre productos. Ésta es una expresión numérica de los valores que los consumidores colocan en el nivel de un atributo, por lo que representa el valor relativo del atributo. Las utilidades también son llamadas "part-worth utilities" o simplemente "part-worth". Cabe indicar que una baja utilidad corresponde a un valor menor, y una mayor utilidad, a un mayor valor.

La forma de calcular las utilidades depende mucho del tipo de análisis conjunto que se vaya a utilizar.

3.4.2.3. Efecto Halo

Este efecto se da en los modelos multiatributo de evaluación de productos. Se produce cuando las evaluaciones de los atributos individuales de un producto se ven influenciados por la impresión o actitud global que el encuestado tiene de una marca (García, Pérez y Rodríguez). Además, el efecto Halo se da cuando la opinión general de una muestra (baja o alta) da como resultado un rating alto o bajo de muchos atributos, incluyendo a los que no se lo merecen (Chambers y Baker 22).

Así, un consumidor puede valorar de manera sesgada los atributos en función de la impresión general que tenga de la marca o compañía. Teniendo en cuenta que el valor de marca se refiere al grado en que las asociaciones vinculadas a la marca contribuyen a aumentar la utilidad percibida de un producto, el efecto halo y su intensidad forman la base para el valor de marca (García, Pérez y Rodríguez).

3.4.3. Estadística descriptiva e inferencial

Según Montgomery y Runger (3), la estadística y probabilidad está compuesta de métodos para describir y modelar la variabilidad, así como para tomar decisiones en su presencia. Por ello, estos métodos se han divido en 2 grandes grupos:

Métodos inferenciales: su objetivo es tomar una decisión acerca de una población en particular. Las inferencias de la población se las hace en base a mediciones de todos los elementos del universo, con respecto al cual se quieren tener conclusiones o tomar decisiones.

Métodos descriptivos: su objetivo es organizar y resumir datos. Como resultado de esto, se han desarrollado los métodos inferenciales.

3.4.3.1. Distribuciones de frecuencia e histogramas

Una distribución de frecuencia es un resumen de datos compacto, en el que los datos se dividen en intervalos llamados intervalos de clase o celdas. Para hacerlo, una forma es aconsejable elegir el número de intervalos de clase como la raíz cuadrada del número de observaciones, tomando en cuenta que entre 5 y 20 intervalos de clase suele brindar buenos resultados. En las distribuciones de frecuencia también se indican las frecuencias relativas al dividir la frecuencia observada en cada intervalo para el número total de observaciones. Una forma gráfica de presentar la distribución de frecuencia se llama histograma, la cual puede proporionar un indicador confiable de la forma general de la población cuando se tiene un tamaño de muestra de 75, 100 o más observaciones (Montgomery y Runger, Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería 32 - 35).

Además, Montgomery y Runger (35) definen una distribución simétrica, unimodal o sesgada (asimétrica) de la siguiente manera:

Tabla 2. Tipos de distribuciones según su forma[6]

Distribución	Condición
Simétrica	La media y la mediana coinciden
Simétrica unimodal	Media, mediana y moda coinciden
Sesgada hacia la derecha	Por lo general, moda < mediana < media
Sesgada hacia la izquierda	Por lo general, moda > mediana > media

Además, cabe definir que un sesgo corresponde a una distribución asimétrica con una cola larga a uno de los dos lados (Montgomery y Runger, Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería 35).

También es importante definir las medidas de tendencia central que se mencionan en la Tabla 2:

Media muestral: es el promedio aritmético de todas las observaciones de un conjunto de datos que provienen de una población más grande (Montgomery y Runger, Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería 4). Se calcula de la siguiente manera:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

Ecuación 3. Media muestral[7]

[6] **Fuente:** Montgomery y Runger, página 35; **Elaboración:** Propia

[7] **Fuente:** Montgomery y Runger, página 4; **Elaboración:** Propia

Mediana muestral: "divide los datos en dos partes iguales, la mitad que queda debajo de la mediana y mitad que queda arriba de ella" (Montgomery y Runger, Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería 30). Montgomery y Runger también mencionan que cuando el número de observaciones es impar, la mediana es exactamente el valor central, mientras que si es par, ésta se encuentra en la mitad entre los dos valores centrales (30).

Moda muestral: "es el valor de los datos que ocurre con mayor frecuencia" (Montgomery y Runger, Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería 30).

3.4.3.2. Inferencia sobre proporciones de dos poblaciones

Según Montgomery y Runger (417 - 418), cuando se tienen dos parámetros binomiales de interés, p_1 y p_2, es posible hacer pruebas de hipótesis e intervalos de confianza basándose en la aproximación normal de la binomial cuando se tienen tamaños de muestra grandes. En este caso, Montgomery y Runger (417 - 418) establecen lo siguiente:

Si dos muestras aleatorias independientes de tamaños n_1 y n_2 son tomadas de dos poblaciones, y X_1 y X_2 son el número de observaciones pertenecientes a la clase de interés de cada muestra, y suponiendo que los estimadores $\hat{P}_1 = X_1/n_1$ y $\hat{P}_2 = X_2/n_2$ tienen distribuciones normales aproximadas, se puede probar las hipótesis:

$$H_0: p_1 = p_2$$

$$H_1: p_1 \neq p_2$$

Haciendo uso del estadístico de prueba

$$Z_0 = \frac{\hat{p}_1 - \hat{p}_2}{\sqrt{\hat{P}(1-\hat{P})\left(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}\right)}}$$

Ecuación 4. Estadístico de prueba para proporciones[8]

Donde

$$\hat{P} = \frac{X_1 + X_2}{n_1 + n_2}$$

Y los criterios de rechazo según la hipótesis alternativa es:

Tabla 3. Criterios de rechazo de las hipótesis nulas[9]

Hipótesis Alternativas	Criterio de rechazo
$\boldsymbol{H_1: p_1 \neq p_2}$	$z_0 > z_{\alpha/2}$ o $z_0 < -z_{\alpha/2}$
$\boldsymbol{H_1: p_1 > p_2}$	$z_0 > z_{\alpha}$
$\boldsymbol{H_1: p_1 < p_2}$	$z_0 < -z_{\alpha}$

3.4.4. Análisis de regresión y correlación

El análisis de regresión es una técnica estadística para el modelado y la investigación de la relación entre dos o más variables. En este caso se definirán como "*x*" a las variables matemáticas, regresoras o predictoras, con un error despreciable, y a "*Y*" como una variable aleatoria, independiente y de respuesta. Es así que el coeficiente de correlación (R) relaciona a "*Y*" y al conjunto de variables "*x*" con una medida de asociación lineal. (Montgomery y Runger 471; 517; 571).

Según Montgomery y Runger (472), el coeficiente de correlación muestral se lo calcula a partir de la siguiente ecuación

[8] **Fuente:** Montgomery y Runger, página 417; **Elaboración:** Propia
[9] **Fuente:** Montgomery y Runger, página 418; **Elaboración:** Propia

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{n} Y_i(X_i - \bar{X})}{[\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X}) \sum_{i=1}^{n} Y_i(Y_i - \bar{Y})]^{1/2}} = \frac{S_{XY}}{[S_{XX}S_{YY}]^{1/2}}$$

Ecuación 5. Coeficiente de correlación muestral[10]

A partir de este coeficiente, se puede calcular el coeficiente de determinación, el cual mide el porcentaje de la variabilidad de la variable dependiente *Y* explicada por la relación lineal con el conjunto de variables independientes *x* y se lo calcula al elevar al cuadrado el coeficiente de correlación (Montgomery y Runger, Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería 474 - 476).

3.4.4.1. Solución por mínimos cuadrados con factorización QR

La factorización QR se da al utilizar el siguiente teorema, expuesto por Lay:

> Si *A* es una matriz *m* × *n* con columnas linealmente independientes, entonces *A* se puede factorizar como *A* = *QR,* donde *Q* es una matriz *m* × *n* cuyas columnas forman una base ortogonal para Col *A* y *R* es una matriz invertible triangular superior *n* × *n* con entradas positivas en su diagonal (Lay 400)

Así, otro teorema afirma que:

> Dada una matriz *m* × *n* con columnas linealmente independientes, sea *A* = *QR* una factorización *QR* de *A.* Entonces para cada **b** en ^{m}, la ecuación $A\mathbf{x} = \mathbf{b}$ tiene una solución única por mínimos cuadrados, dada por $\hat{\boldsymbol{x}} = R^{-1}Q^{T}\boldsymbol{b}$. (Lay 409)

Finalmente, Lay expone la siguiente nota numérica para las Solución por mínimos cuadrados con factorización QR:

[10] **Fuente:** Montgomery y Runger, página 473; **Elaboración:** Propia

Puesto que *R* del teorema anterior es triangular superior, $\hat{\boldsymbol{x}}$ debería calcularse de la ecuación $R\hat{\boldsymbol{x}} = Q^T\boldsymbol{b}$**,** pues es mucho más rápido resolver esto por sustitución regresiva u operaciones por fila que calcular *R-1* y usar $\hat{\boldsymbol{x}} = R^{-1}Q^T\boldsymbol{b}$. (Lay 410).

3.4.5. Prueba de Anderson – Darling

Esta es una prueba para estimar la bondad de ajuste de los datos a una distribución dada. Para ello, esta prueba se basa en las diferencias existentes entre la función de distribución acumulada (cdf por sus siglas en inglés) teórica y la ajustada, basándose no sólo en la máxima diferencia, y siendo más sensitiva a discrepancias en las colas de las distribuciones. Esta prueba se encuentra implementada en varios software para su uso (Banks, Carson y Nelson 153; 333).

3.5. Herramientas para la fase Diseñar

3.5.1. Análisis de varianza

Para un modelo de regresión obtenido a partir de *n* observaciones, en donde $x_1, x_2, \ldots x_k$ son un subconjunto de regresores, se requiere probar las hipótesis

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \cdots = \beta_k = 0$$

$$H_1: \beta_j \neq 0 \quad \text{para al menos una j}$$

Para ello, se debe realizar el siguiente ANOVA (Análisis de Varianza):

Tabla 4. Análisis de varianza de la significancia de la regresión en una regresión múltiple[11]

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F_0
Regresión	SS_R	k	MS_R	MS_R/MS_E
Error o residual	SS_E	$n-k-1$	MS_E	
Total	SS_T	$n-1$		

De donde,

SS_R es la suma de cuadrados debida al modelo, y obtenida:

Ecuación 6. Suma de cuadrados debida al modelo[12]

$$SS_R = \widehat{\boldsymbol{\beta}}'\boldsymbol{X}'\boldsymbol{y} - \frac{(\sum_{i=1}^{n} y_i)^2}{n}$$

SS_E es la suma de cuadrados debida al error:

Ecuación 7. Suma de cuadrados debida a los residuales[13]

$$SS_E = \boldsymbol{y}'\boldsymbol{y} - \frac{(\sum_{i=1}^{n} y_i)^2}{n} - \left[\widehat{\boldsymbol{\beta}}'\boldsymbol{X}'\boldsymbol{y} - \frac{(\sum_{i=1}^{n} y_i)^2}{n}\right]$$

Y SS_T es la suma de cuadrados total:

Ecuación 8. Suma de cuadrados total[14]

$$SS_T = SS_R + SS_E$$

[11] **Fuente:** Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos, página 410; **Elaboración:** Propia
[12] **Fuente:** Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos, página 410; **Elaboración:** Propia
[13] **Fuente:** Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos, página 410; **Elaboración:** Propia
[14] **Fuente:** Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos, página 410; **Elaboración:** Propia

Ahora, si la hipótesis nula es cierta, esto implica que SS_R/σ^2 se distribuye como χ_k^2, en el que los grados de libertad son iguales al número de regresores, y entonces, si F_0 excede a $F_{\alpha,k,n-k-1}$, se rechaza H_0; la misma conclusión se obtiene si el valor P del estadístico F_0 es menor que un nivel de significancia α.

Cuando se remueve un término que no ha sido significativo en el ANOVA, debe cuidarse del principio de jerarquía, el cual "establece que si un modelo contiene un término de orden superior (tal como A^2B), deberá contener también todos los términos de orden inferior que lo componen (A^2 y AB en este caso) (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 203).

3.5.2. Análisis de los residuos

En el capítulo 3 de su libro Diseño y Análisis de Experimentos, Montgomery expresa que para verificar la adecuación de un modelo, usando ANOVA, se deben cumplir los siguientes supuestos: Normalidad de los residuos, independencia e igualdad de varianza

3.5.2.1. Supuesto de normalidad

Para verificar el supuesto de normalidad, se hace una gráfica de probabilidad normal de los residuales. "Si la distribución fundamental de los errores es normal, esta gráfica tendrá la apariencia de una línea recta" (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 77). En caso de que esta distribución tenga colas más gruesas o delgadas que la distribución normal, se debe tener mayor precaución que si la distribución está sesgada. Además, dado este caso, la prueba *F* sólo se afecta ligeramente, y entonces el ANOVA, y todas las comparaciones relacionadas con comparaciones múltiples, es robusta a este supuesto (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 77).

3.5.2.2. Supuesto de independencia

Según Montgomery, el "graficar los residuales en orden temporal de la recolección de los datos es útil para detectar correlaciones entre los residuales" (79). En caso de tener corridas positivas o negativas en los residuales, indicarían una correlación positiva entre ellos, con lo cual se violaría el supuesto de independencia, y esto es considerado como un problema potencialmente serio (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 81).

3.5.2.3. Supuesto de igualdad de varianza

Para determinar gráficamente si existe o no una varianza constante, se debe graficar los residuales contra los valores ajustados. Para evitar que se viole este supuesto, es preferible escoger tamaños de muestras iguales siempre que sea posible; sin embargo, esto no garantiza que no se viole este supuesto (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 80 - 81). Sin embargo, si se tiene un modelo balanceado (el mismo tamaño de muestra para todos los tratamientos), la prueba *F* sólo se afecta levemente al violar este supuesto (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 80).

Montgomery expresa que en caso de tener varianza no constante, se deben aplicar transformaciones para estabilizar la varianza, y correr nuevamente el ANOVA. Para ello, se tienen las siguientes reglas generales

Tabla 5. Transformaciones para estabilizar la varianza[15]

Observaciones	Transformación
Siguen una distribución de Poisson	$y_{ij}^{*} = \sqrt{y_{ij}}$
Siguen una distribución lognormal	$y_{ij}^{*} = \log y_{ij}$
Siguen una distribución binomial	$y_{ij}^{*} = \arcsin \sqrt{y_{ij}}$

3.5.3. $R^2_{ajustada}$

Como lo explica Montgomery (411), el R^2 siempre se incrementa al agregar términos en el modelo, por lo que algunos analistas prefieren utilizar el $R^2_{ajustada}$ definida así:

Ecuación 9. $R^2_{ajustada}$[16]

$$R^2_{ajustada} = 1 - \left(\frac{n-1}{n-p}\right)(1 - R^2)$$

Donde n es el número de observaciones, p es el número de variables independientes y R^2 se calcula a partir de la Ecuación 5.

Además de este estadístico, también se debe observar al estadístico "Predicción adecuada", que se obtiene al dividir "la diferencia entre la respuesta predicha máxima y la respuesta predicha mínima por la desviación estándar promedio de todas las respuestas predichas" (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 104), por lo

[15] **Fuente:** Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos, página 81; **Elaboración:** Propia
[16] **Fuente:** Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos, página 411; **Elaboración:** Propia

que se desean valores altos de este estadístico, considerándose como mínimo una Predicción adecuada de 4, lo cual indica que el modelo tendrá un desempeño razonable en la predicción (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 104).

3.5.4. Prueba de falta de ajuste

A continuación se resume lo expuesto por Montgomery (421 - 422) sobre este tema:

Si se tienen n_i observaciones de respuesta en el nivel i-ésimo de los *m* regresores x_i, y yij representa la j-ésima observación de la repuesta xi, con i = 1,2,…,m y j = 1,2,…,n, el residual (ij) – ésimo se puede escribir como:

Ecuación 10. Residual del (ij)-ésimo término[17]

$$y_{ij} - \hat{y}_i = \left(y_{ij} - \overline{y}_i\right) + \left(\overline{y}_i + \hat{y}_i\right)$$

De donde $\overline{y}_i$ es el promedio de las n_i observaciones en $\mathbf{x}_i$, por lo que al elevar al cuadrado esta ecuación se obtiene

Ecuación 11. Cuadrado de los (ij)-ésimos residuales[18]

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n_i}\left(y_{ij} - \hat{y}_i\right)^2 = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n_i}\left(y_{ij} - \overline{y}_i\right)^2 + \sum_{i=1}^{m} n_i\left(\overline{y}_i + \hat{y}_i\right)^2$$

En el lado izquierdo de la ecuación, se tiene la suma de cuadrados de los residuales, denotado con SS_{PE}, el primer término del lado derecho mide el error puro, denotado por SS_E, y el segundo mide la falta de ajuste, y se denota con SS_{LOF}.

[17] **Fuente:** Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos, página 421; **Elaboración:** Propia
[18] **Fuente:** Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos, página 421; **Elaboración:** Propia

La falta de ajuste es la suma ponderada de los cuadrados entre la respuesta media $\overline{y}_i$ en cada nivel $\boldsymbol{x}_i$ y el valor ajustado correspondiente. Si los valores ajustados $\hat{y}_i$ están cerca de las respuestas promedio $\overline{y}_i$ correspondientes, entonces hay un fuerte indicio de que la función de regresión es lineal (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 422).

Para la falta de ajuste, existen $m - p$ grados de libertad, pues hay m niveles de **x**, y se pierden p grados de libertad ya que existen p parámetros para el modelo. Entonces, la prueba para falta de ajuste es:

Ecuación 12. Estadístico de prueba para la falta de ajuste[19]

$$F_0 = \frac{SS_{LOF}/(m-p)}{SS_{PE}/(n-m)} = \frac{MS_{LOF}}{MS_{PE}}$$

Para poder probar la falta de bondad de ajuste, se debería calcularF_0, y se concluiría que la función de regresión no es lineal si $F_0 > F_{\alpha,m-p,n-m}$.

Además, es necesario indicar que en un diseño en el que se eliminan factores que no son significativos, la falta de ajuste se compone de las sumas de los cuadrados de los términos eliminados, y el error puro se calcula en función de las réplicas de los factores (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 239).

3.5.5. Diseño Robusto

Según Montgomery (489), un diseño robusto se centra en uno o más de los siguientes puntos:

[19] **Fuente:** Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos, página 422; **Elaboración:** Propia

- El diseño de sistemas (productos o servicios) que no sean sensibles a factores ambientales que puedan afectar su desempeño, una vez que el sistema se encuentra operando.
- El diseño de productos para que no sean sensibles a la variabilidad transmitida por los componentes del sistema.
- El diseño de procesos para que el producto manufacturado esté tan cerca como sea posible de las especificaciones nominales, aun cuando sea posible controlar con total precisión algunas variables del proceso o las características de las materias primas.
- Determinar las condiciones de operación de un proceso para que las características críticas del producto estén tan cerca como sea posible del valor objetivo deseado y minimizar la variabilidad en torno a él.

3.5.5.1. Superficies de respuesta

Según Montgomery, "es lógico usar un **modelo** de respuesta que incluya tanto a los factores controlables como a los factores de ruido y sus interacciones" (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 492), al cual comúnmente se lo conoce como modelo de respuesta o de reacción. En base a este modelo, se puede generar una relación entre la variable de interés (la y) y las variables controlables y de ruido (las x) con sus interacciones; a este modelo, se lo conoce como la superficie de respuesta. En base a él, se pueden determinar las relaciones entre las variables de ruido, las variables controlables y sus interacciones, con el factor crítico que se esté analizando para, con ello, tomar las medidas respectivas que ayuden a minimizar el impacto que tienen las variables de ruido con el factor crítico (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 492 - 494). La mayor ventaja de este método, es que se puede visualizar gráficamente las relaciones entre factores (x – controlables y no controlables) con el factor crítico (la y), lo cual proporciona una idea más clara de la manera como afectan

éstas en la calidad del nuevo producto o servicio; sin embargo, este análisis se complica cuando existe una gran cantidad de variables independientes (las *x*), pues resulta tedioso y puede llegar a ser confuso.

Además, Montgomery (493) menciona que se deben seguir los siguientes pasos para llegar a un diseño robusto, con el enfoque de la superficie de respuesta:

1. Realizar un experimento para ajustar un modelo de respuesta apropiado, incluyendo los factores controlables y de ruido.
2. Encontrar los coeficientes del modelo de respuesta mediante una estimación de mínimos cuadrados del modelo de la respuesta o reacción, y sustituir σ^2 de la varianza por el cuadrado medio de los residuales obtenidos al ajustar el modelo de respuesta
3. Optimizar la media y varianza

3.5.5.2. Optimización de respuestas múltiples

A continuación se presenta un resumen de lo expuesto por Montgomery, en la sección 11-3.4 de su libro Diseño y Análisis de Experimentos, referente a la optimización de respuestas múltiples.

Para poder optimizar varias respuestas múltiples, es necesario primero encontrar un modelo de superficie de respuesta apropiado para cada respuesta individual, para luego lograr optimizar de alguna manera a todas las respuestas, o al menos mantener a estas respuestas dentro de un rango.

Cuando se tienen pocas variables en un proceso, es posible optimizar varias respuestas con el enfoque de superposición de las gráficas de contorno de cada una de las respuestas, haciendo la optimización de manera gráfica. Sin embargo, cuando

existen más de 2 variables, este enfoque se ve complicado, ya que en este tipo de gráficas, $k - 2$ variables deben mantenerse constantes, si existen k respuestas.

Otro enfoque de optimización es formular y resolver el problema como un problema de optimización restringida, en el que se quiere optimizar una función objetivo, sujeta a varias restricciones. Para ello, existen diversas técnicas conocidas como métodos de programación no lineal, pues el objetivo es optimizar varios objetivos al mismo tiempo.

Una manera de optimizar varias variables al mismo tiempo es transformar a función objetivo o respuesta y_i, en funciones con condición deseable d_i, que varía entre 0 y 1. Cada di toma un valor igual a 0, si la respuesta está fuera de la región aceptable, y un valor igual a 1 si la respuesta está en su meta u objetivo; entonces, si se tienen m respuestas, el objetivo es maximizar la función

Ecuación 13. Condición de deseable global[20]

$$D = \left(\prod_{i=1}^{m} d_i \right)^{1/m}$$

Ahora, las estructuras de las funciones de condición deseable individual son:

[20] **Fuente:** Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos, página 451; **Elaboración:** Propia

Tabla 6. Estructura de las funciones de condición deseable individuales[21]

Objetivo	Estructura de d_i	Notación
Maximizar y_i	$d = \begin{cases} 0 & y < L \\ \left(\frac{y-L}{T-L}\right)^r & L \le y \le T \\ 1 & y > T \end{cases}$	*U*: Límite superior de y_i. *L:* Límite inferior de y_i. *r:* Ponderación tal que r = 1 cuando la función con condición deseable es lineal r > 1 cuando se pone más importancia en estar cerca del valor objetivo *0 < r < 1* cuando se pone menos importancia en estar cerca del valor objetivo *T:* Objetivo para la respuesta
Minimizar y_i	$d = \begin{cases} 1 & y < T \\ \left(\frac{U-y}{U-T}\right)^r & L \le y \le T \\ 0 & y > U \end{cases}$	
Un objetivo entre los límites inferior y superior	$d = \begin{cases} 0 & y < L \\ \left(\frac{y-L}{T-L}\right)^{r_1} & L \le y \le T \\ \left(\frac{U-y}{U-T}\right)^{r_2} & T \le y \le U \\ 0 & y > U \end{cases}$	

3.5.6. Capacidad del proceso

Montgomery, en su libro Control Estadístico de la Calidad, determina que la capacidad del proceso se deriva de las cartas de control (explicadas en el punto 3.6.3.), y expresa que el análisis de la capacidad del proceso sirve para determinar el desempeño de un producto con respecto a sus especificaciones, tomando en cuenta su capacidad natural (152). Para ello, se han establecido las siguientes medidas:

3.5.6.1. Capacidad real

En el libro de Control estadístico de la Calidad (216 - 218; 359 - 363), Montgomery menciona que la capacidad real del proceso se denota C_p, y se define de la

[21] **Fuente:** Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos, página 452; **Elaboración:** Propia

siguiente manera, cuando el proceso tiene una desviación estándar σ y se tienen límites superior (USL) e inferior (LSL) de especificación:

Ecuación 14. Capacidad potencial del proceso con límites superior e inferior de especificación[22]

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

Si se tiene sólo el límite superior de especificación, C_p se define como:

Ecuación 15. Capacidad potencial del proceso con límite superior de especificación[23]

$$C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma}$$

Si se tiene sólo el límite inferior de especificación, C_p se define como:

Ecuación 16. Capacidad potencial del proceso con límite inferior de especificación[24]

$$C_{pl} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma}$$

Para poder estimar la capacidad del proceso, se debe obtener estimaciones de la media μ y la desviación estándar σ (Montgomery, Control Estadístico de la Calidad 359).

Para interpretar el C_p, se deben seguir las siguientes métricas: Si $C_p > 1$, el proceso utiliza mucho menos del 100% de la banda de tolerancia y entonces producirá un número relativamente bajo de defectos; si $C_p = 1$, el proceso utiliza toda la banda de tolerancia, produciendo 0,27% de defectos, y si $C_p < 1$, el proceso utiliza más del 100%

[22] **Fuente:** Montgomery, Control Estadístico de la Calidad, página 216; **Elaboración:** Propia
[23] **Fuente:** Montgomery, Control Estadístico de la Calidad, página 359; **Elaboración:** Propia
[24] **Fuente:** Montgomery, Control Estadístico de la Calidad, página 359; **Elaboración:** Propia

de la banda de tolerancia, produciendo una gran cantidad de defectos (Montgomery, Control Estadístico de la Calidad 217 - 218).

Para conocer cuántas unidades defectuosas se producirían con C_p dado, Montgomery establece la siguiente tabla:

Tabla 7. Valores del índice de capacidad del proceso asociado a la porción caída de un proceso con una distribución normal y bajo control estadístico[25]

	Porción caída del proceso (en ppm defectuosas)	
C_p	Especificaciones unilaterales	Especificaciones bilaterales
0,25	226 628	453 255
0,5	66 807	133 614
0,6	35 931	71 891
0,7	17 865	35 729
0,8	8 198	16 395
0,9	3 467	6 934
1	1 350	2 700
1,1	484	967
1,2	159	318
1,3	48	96
1,4	14	27
1,5	4	7
1,6	1	2
1,7	0,17	0,34
1,8	0,03	0,06
2	0,0009	0,0018

[25] **Fuente:** Montgomery, Control Estadístico de la Calidad, página 360; **Elaboración:** Propia

3.5.6.2. Capacidad real del proceso

Se define como el C_p "unilateral para el límite de especificación más próximo al promedio del proceso" (Montgomery, Control Estadístico de la Calidad 363), y entonces toma en cuenta dónde se localiza la media del proceso. En términos matemáticos se define como:

Ecuación 17. Capacidad real del proceso[26]

$$C_{pk} = \min\{C_{pu}, C_{pl}\}$$

Si $C_{pk} = 0$, la media del proceso coincide con un límite de especificación; si $C_{pk} < 0$, la media del proceso está fuera de las especificaciones; si $C_{pk} < -1$, todo el proceso está fuera de especificaciones; si $C_{pk} > 0$, la media del proceso está dentro de las especificaciones, y si $C_{pk} = C_p$, el proceso está centrado (Montgomery, Control Estadístico de la Calidad 362 - 363).

3.6. Herramientas para la fase Verificar

3.6.1. Pruebas de medición del grado de satisfacción

Las pruebas de satisfacción son utilizadas para determinar preferencias, gustos o actitudes frente a un producto o un material. Estas pruebas deben ser realizadas con consumidores que no tengan ningún conocimiento del producto para obtener información más verídica (Chambers y Baker 73).

De esta manera se desea manejar objetivamente los datos subjetivos que se dan frente a los gustos de un producto o material (Anzaldua-Morales 70). Es así que

[26] **Fuente:** Montgomery, Control Estadístico de la Calidad, página 363; **Elaboración:** Propia

estas pruebas cuantitativas en grupos sensoriales buscan medir el nivel de gusto o preferencia de las personas de un producto sobre otro por medio de escalas hedónicas (Chambers y Baker 73).

3.6.1.1. Método de Escalas Hedónicas

Es una escala de rating para medir el nivel de gustos para productos, donde el grado de satisfacción es importante. Es importante establecer la importancia de entrevistar a personas poco entrenadas pero con capacidades mínimas verbales para un rendimiento mínimo requerido (Chambers y Baker 73).

La esencia de este método es la simplicidad, para que sea de fácil entendimiento, pero siempre apegado a procedimientos ya fijados por el entrevistador. Existen varios tipos de escalas hedónicas sin afectar los resultados mientras que el entendimiento verbal no se vea comprometido (Chambers y Baker 73).

Cuando se tienen más de dos muestras, o cuando es probable que dos o más muestras sean agradables (o desagradables) para el consumidor, es necesario utilizar escalas hedónicas de más de 3 puntos (Anzaldua-Morales 70). Las escalas hedónicas más comunes son las escalas categóricas de 7 y 9 puntos, pero no es recomendado el uso de menos de 5 puntos (Chambers y Baker 73).

Es importante también establecer que las muestras deben ser presentadas el mismo número de veces en todas las posiciones de todos los posibles órdenes y debe estar a continuación de un mismo prototipo. Finalmente se podrán realizar pruebas monódicas a lo largo de la encuesta, así mientras una muestra se presenta, el encuestado la califica y seguido de esto, el producto es removido, para volver a presentar un nuevo

producto al encuestado, con lo cual se repite este proceso; el objetivo de estas pruebas es tener resultados objetivos de todas las muestras analizadas (Chambers y Baker 74).

3.6.1.2. Diseño Latino Cuadrado Mutuamente Ortogonal

Es importante conocer este concepto para lograr el objetivo de la primera frase enunciada en el párrafo anterior. Entonces, se dice que un latino cuadrado de orden *n* es una matriz $n \times n$ con exactamente *n* símbolos distintos, cada símbolo necesariamente una sola vez en una columna y necesariamente una vez en una fila; dos latinos cuadrados de orden *n* se llaman ortogonales si cada par ordenado de símbolos se da una sola vez en una celda, en donde el primer símbolo corresponde a la primera matriz y el segundo a la segunda matriz. Finalmente, varios latinos cuadrados de orden *n* son mutuamente ortogonales si cada par de latinos cuadrados es ortogonal (Parker 859).

Conociendo ya estos conceptos, se deben introducir los términos estadísticos relacionados con un diseño latino cuadrado. Un diseño latino cuadrado es un arreglo cuadrado cuyas formulaciones (o tratamientos) se denotan mediante letras latinas (A, B, C, …, Z). El arreglo está hecho de *p* renglones de un factor y *p* columnas de otro factor que son ortogonales a los tratamientos; así, también existirán *p* tratamientos. Para hacer que el diseño sea ortogonal, cada una de las p^2 celdas resultantes contiene una de las *p* letras que corresponde a los tratamientos y cada letra ocurre una y sólo una vez en cada renglón y columna (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 144 - 145).

Este tipo de diseño se utiliza para eliminar dos fuentes de variabilidad perturbadoras, y su modelo estadístico es de la siguiente manera (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 144 - 145):

Ecuación 18. Modelo estadístico de un cuadrado latino[27]

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \tau_j + \beta_k + \varepsilon_{ijk} \begin{cases} i = 1,2,\dots,p \\ j = 1,2,\dots,p \\ k = 1,2,\dots,p \end{cases}$$

Donde,

y_{ijk} es la observación en el renglón *i*-ésimo y la columna *k*-ésima para el tratamiento *j*-ésimo,

μ es la media global,

$\alpha_i$es el efecto del renglón *i*-ésimo,

τ_j es el efecto del tratamiento *j*-ésimo,

β_k es el efecto de la columna *k*-ésima, y

ε_{ijk} es el error aleatorio

Se puede observar que el modelo no toma en cuenta interacciones entre renglones, columnas ni tratamientos (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 145).

Para analizar este tipo de diseño, se desea probar las siguientes hipótesis:

Ecuación 19. Hipótesis para el diseño latino cuadrado[28]

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \cdots = \tau_p = 0$$

$$H_0: \tau_i \neq 0 \text{ para al menos una } i$$

Puesto que las columnas y los renglones son bloques que restringen la aleatorización, el probar la hipótesis de igualdad de medias en los bloques no es una buena práctica en general (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 130), y por lo tanto, no se la incluye en el siguiente ANOVA (Análisis de la varianza):

[27] **Fuente:** Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos, páginas 144 -145; **Elaboración:** Propia
[28] **Fuente:** Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos, página 128; **Elaboración:** Propia

Tabla 8. ANOVA del diseño latino cuadrado[29]

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F_0
Tratamientos	$SS_{Tratamientos} = \frac{1}{p}\sum_{j=1}^{p} y_{.j.}^2 - \frac{y_{...}^2}{N}$	$p-1$	$\frac{SS_{Tratamientos}}{p-1}$	$F_0 = \frac{MS_{Tratamientos}}{MS_E}$
Renglones	$SS_{Renglones} = \frac{1}{p}\sum_{i=1}^{p} y_{i..}^2 - \frac{y_{...}^2}{N}$	$p-1$	$\frac{SS_{Renglones}}{p-1}$	
Columnas	$SS_{columnas} = \frac{1}{p}\sum_{k=1}^{p} y_{..k}^2 - \frac{y_{...}^2}{N}$	$p-1$	$\frac{SS_{columnas}}{p-1}$	
Error	SS_E (Por sustracción)	$(p-2)(p-1)$	$\frac{SS_E}{(p-2)(p-1)}$	
Total	$SS_T = \sum_i \sum_j \sum_k y_{ijk}^2 - \frac{y_{...}^2}{N}$	p^2-1		

Si $F_0 > F_{\alpha,p-1,(p-1)^2}$, se rechazaría la hipótesis nula, y, con respecto a los bloques, Montgomery establece que es muy razonable examinar el cociente $MS_{bloques}/MS_E$ como un procedimiento aproximado para investigar el efecto de la variable formación de bloques (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 130); si este coeficiente es muy grande, significa que:

> El factor formación de bloques tiene un efecto considerable y que la reducción del ruido obtenida por la formación de bloques probablemente fue útil para mejorar la precisión de la comparación de las medias de los tratamientos (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 130 - 131)

[29] **Fuente:** Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos, página 146; **Elaboración:** Propia

3.6.2. Pruebas de aceptación

En estas pruebas se toma en cuenta los aspectos culturales, socioeconómicos, y hábitos del consumidor. Donde se evalúa el deseo de la persona por adquirir el producto, sin solamente centrarse en impresiones de agrado o desagrado. De esta manera se evalúa la conveniencia de lanzar al mercado el nuevo producto, conociendo si esta podría competir con otras marcas comerciales y si tendrá aceptación en los clientes objetivo de este producto (Anzaldua-Morales 77 - 78).

3.6.3. Control Estadístico de Procesos

Se basa en el hecho de que "las variaciones entre los resultados de las muestras observadas se pueden atribuir a un sistema de causas aleatorias que parecen no cambiar en el tiempo" (Juran).

El Control Estadístico de Procesos (SPC) es un conjunto de herramientas para resolver problemas, muy útil para conseguir la estabilidad y mejorar la capacidad del mismo proceso mediante la reducción de la variabilidad. Es posible aplicarlo a cualquier proceso, utilizando sus siete herramientas principales:

1. El Histograma o el Diagrama de Tallo y Hoja
2. La Hoja de Verificación
3. La Gráfica de Pareto
4. El Diagrama de Causa y Efecto
5. El Diagrama de Concentración de Defectos
6. El Diagrama de Dispersión
7. La Carta de Control

(Montgomery, Control Estadístico de la Calidad 154)

En todo proceso de producción siempre existirá cierta cantidad de variabilidad inherente o natural. La variabilidad natural, es el efecto acumulado de muchas causas pequeñas, y en esencia inevitables. Se dice que un proceso que opera únicamente con "Causas Fortuitas" de variación está bajo control estadístico. En ocasiones puede estar presente otra clase de variabilidad, generalmente más grande que la natural, y originada de 3 fuentes: Máquinas ajustadas o controladas incorrectamente, errores del operador, o materia prima defectuosa. A estas fuentes se les llama "Causas Asignables", y todo proceso que opera en presencia de estas causas está fuera de control estadístico. (Montgomery, Control Estadístico de la Calidad 154 - 155)

Uno de los objetivos principales del control estadístico de procesos es detectar con rapidez la ocurrencia de causas asignables, investigarlas y emprender acciones correctivas antes de que se produzcan más unidades disconformes. La carta de control es una técnica del monitoreo de procesos en línea, donde se puede estimar los parámetros de un proceso de producción y de esta manera la capacidad del proceso (explicada en el punto 3.5.2). (Montgomery, Control Estadístico de la Calidad 156)

3.6.3.1. Carta de Control

Es una representación gráfica de una característica de la calidad que se ha medido o calculado a partir de una muestra contra el numero de muestras o el tiempo. La carta contiene una línea central (CL) que representa el valor promedio de una característica de calidad que corresponde al estado bajo control. También se muestran otras 2 líneas horizontales llamadas: Límite de Control Superior (UCL) y Límite de Control Inferior (LCL). Estos límites se eligen de tal modo que si el proceso está bajo control, casi todos los puntos muestrales se localizarán entre ellos. Sin embargo, un

punto que se localizara fuera de los límites de control se interpreta como evidencia de que el proceso está fuera de control y se requiere investigación y acciones para encontrar y eliminar la causa o causas asignables responsables de este comportamiento. (Montgomery, Control Estadístico de la Calidad 156)

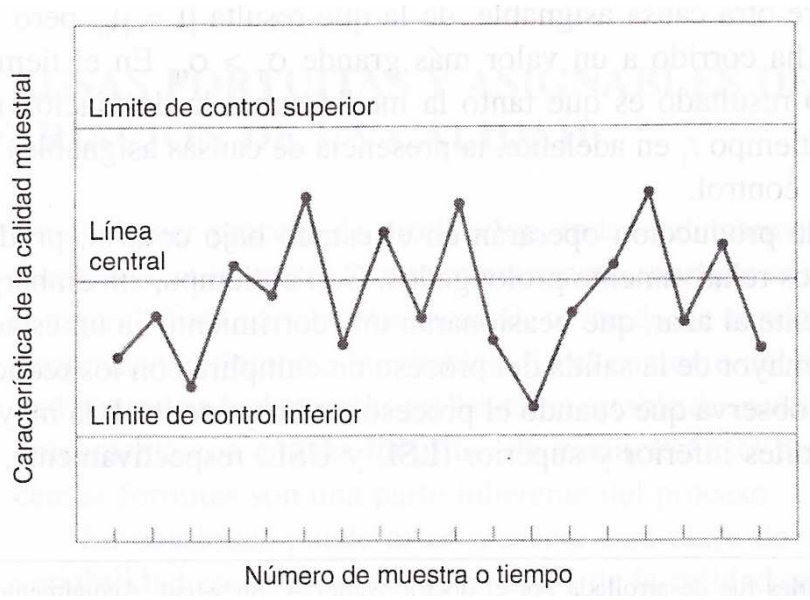


Gráfico 2. Carta de control de Shewart[30]

La carta de control sólo detectará las causas asignables. Por los general será necesaria la acción de la administración, el operador, y del área de ingeniería para eliminar las causas asignables. Desarrollar un sistema efectivo para una acción correctiva es un componente esencial de una implementación de SPC efectiva. (Montgomery, Control Estadístico de la Calidad 160)

3.6.3.2. La carta de control de Shewart para mediciones individuales

En muchas situaciones en las que se usa un tamaño de muestra de , la carta de control para mediciones individuales es útil. Entonces, para estas situaciones, el

[30] **Fuente y elaboración:** Montgomery, Control Estadístico de la Calidad, página 156

rango móvil es usado para estimar la variabilidad del proceso en muchas de las aplicaciones, en donde el rango móvil MR se calcula (Montgomery, Control Estadístico de la Calidad 249 - 250)

Ecuación 20. Rango móvil[31]

$$MR_i = |x_i - x_{i-1}|$$

Los parámetros para cartas de control de mediciones individuales son:

Ecuación 21. Parámetros para cartas de control de mediciones individuales[32]

$$UCL = \bar{x} + 3\frac{\overline{MR}}{d_2}$$

$$Línea\ central = \bar{x}$$

$$LCL = \bar{x} - 3\frac{\overline{MR}}{d_2}$$

En donde $d_2 = 1{,}128$ cuando se usa un rango móvil de $n = 2$ observaciones (Montgomery, Control Estadístico de la Calidad 251). Para poder elaborar estas cartas de control, es posible tener 15 muestras individuales (Montgomery, Control Estadístico de la Calidad 250), y para poder interpretar los resultados correctamente, no es necesario hacer una carta para el rango móvil, pues ésta "en realidad no puede proporcionar información útil sobre un corrimiento en la variabilidad de un proceso" (Montgomery, Control Estadístico de la Calidad 253). Además, para que los límites de control de las cartas de control de mediciones individuales sean las adecuadas, los datos

[31] **Fuente:** Montgomery, Control Estadístico de la Calidad, página 250; **Elaboración:** Propia
[32] **Fuente:** Montgomery, Control Estadístico de la Calidad, página 250; **Elaboración:** Propia

deben seguir una distribución normal, de lo contrario, éstos serían completamente inadecuados (Montgomery, Control Estadístico de la Calidad 254).

3.6.3.3. Carta de Control del Promedio Móvil Ponderado Exponencialmente (EWMA) para monitorear la media del proceso

Esta carta de control se usa de manera típica con observaciones individuales, para monitorear la media del proceso. Es muy útil cuando es utilizada con el fin de encontrar corrimientos pequeños y condiciones fuera de control antes de que ocurran. Para mantener un control total sobre el proceso analizado, este tipo de carta de control debe estar complementada con cualquier tipo de carta de control de Shewart (Montgomery, Control Estadístico de la Calidad 425 - 431)

Mientras se toman las muestras x_i, la carta de control EWMA se construirá graficando z_i contra el número de muestra i (o el tiempo) de la siguiente manera: (Montgomery, Control Estadístico de la Calidad 426 - 427)

Ecuación 22. Promedio móvil ponderado para cartas de control EWMA[33]

$$z_i = \lambda x_i + (1 - \lambda) z_{i-1}$$

$$z_0 = \mu_0$$

Donde $0 < \lambda \leq 1$, y representa la ponderación asignada a la media muestral. La línea central y los límites de control para la carta de control EWMA son las siguientes:

[33] **Fuente:** Montgomery, Control Estadístico de la Calidad, página 426; **Elaboración:** Propia

Ecuación 23. Parámetros para cartas de control EWMA[34]

$$UCL = \mu_0 + L\sigma\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}[1-(1-\lambda)^{2i}]}$$

$$Línea\ central = \mu_0$$

$$LCL = \mu_0 - L\sigma\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}[1-(1-\lambda)^{2i}]}$$

El Factor L es la anchura de los límites de control, de manera q los límites de control tenderán a valores de estado estable o régimen permanente dados por: (Montgomery, Control Estadístico de la Calidad 427)

Ecuación 24. Parámetros estables para cartas de control EWMA[35]

$$UCL = \mu_0 + L\sigma\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}$$

$$Línea\ central = \mu_0$$

$$LCL = \mu_0 - L\sigma\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}$$

3.6.3.4. Curvas de Operación Característica

Las curvas de operación característica son útiles para determinar el tamaño que debe tener una muestra para detectar una diferencia especificada con una probabilidad particular. Se debe establecer un β aceptable, el cual representa al Error tipo II, que ocurre cuando el estadístico de prueba nos guía a no rechazar la Hipótesis Nula cuando

[34] **Fuente:** Montgomery, Control Estadístico de la Calidad, página 427; **Elaboración:** Propia
[35] **Fuente:** Montgomery, Control Estadístico de la Calidad, página 427; **Elaboración:** Propia

en realidad es falsa. Adicionalmente se estima una δ anticipada, la cual representa la distancia del parámetro verdadero con la hipótesis nula y un σ(desviación estándar) para calcular: $d=|\delta|/\sigma$ (Montgomery, Control Estadístico de la Calidad 109 - 110).

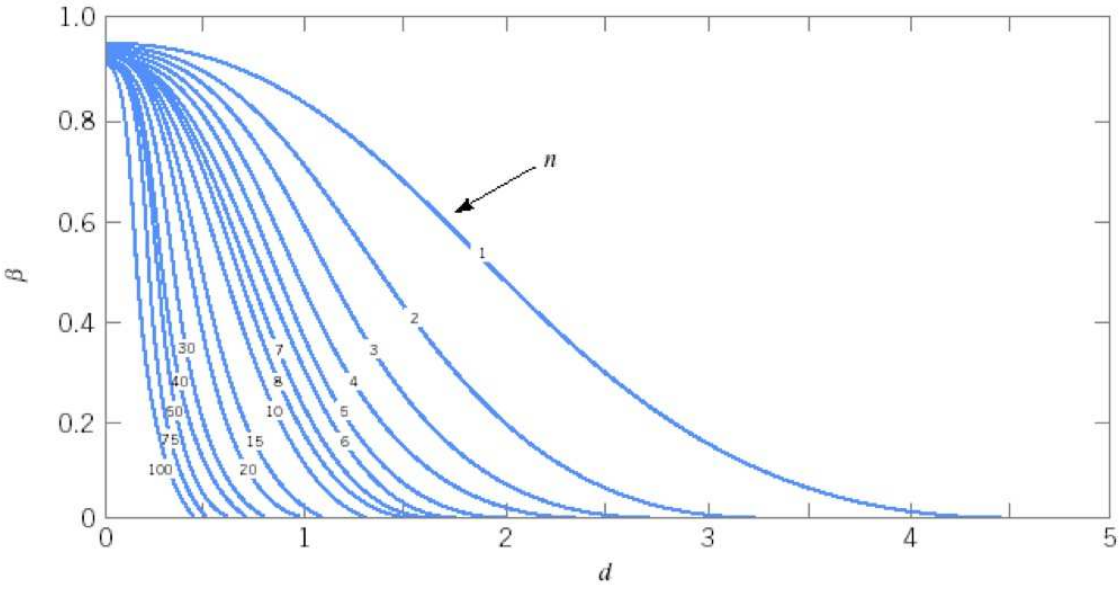


Gráfico 3. Curva de Operación característica[36]

Buscar el punto donde *d* interseca la curva OC con el deseado β para estimar el tamaño de la muestra requerido (*n*)

3.6.3.5. Plan de acción para Condiciones fuera de Control (OCAP)

Es un diagrama de flujo o una descripción escrita de la secuencia de actividades que deben llevarse a cabo después de la ocurrencia de un evento de activación. Por lo general es una señal de fuera de control en la carta de control. El OCAP consta de puntos de verificación, los cuales son causas asignables potenciales, y eliminadores, que son acciones que se emprenden para resolver la condición fuera de control (Montgomery, Control Estadístico de la Calidad 160).

[36] **Fuente:** Montgomery, Control Estadístico de la Calidad, página 109; **Elaboración:** Propia

4. CAPÍTULO 4: DISEÑO DE UNA NUEVA VELA

4.1. Fase Definir

4.1.1. Metas del proyecto

- Identificar la Cadena de Valor de ALMON del Ecuador S.A. y sus procesos productivos, así como el procedimiento utilizado actualmente para la elaboración de velas.
- Conocer las preferencias cualitativas de los clientes.
- Cuantificar las preferencias más importantes de los clientes.
- Crear prototipos que cumplan con las preferencias de los clientes al menor costo asociado con las materias primas y la producción.
- Determinar un prototipo de vela final que cumpla con las expectativas de los clientes.
- Crear un proceso de producción para el prototipo final.
- Obtener los niveles de desempeño del nuevo proceso y producto.

4.1.2. Cadena de Valor

Se la realizó mediante las siguientes actividades:

- Identificar las necesidades y expectativas del cliente.
- Identificar los Procesos Gobernantes, Productivos y de Apoyo de ALMON del Ecuador S.A.

- Identificar los productos de satisfacción que responden a los requerimientos de las necesidades y expectativas de los clientes.

Así, se obtuvo la siguiente Cadena de Valor

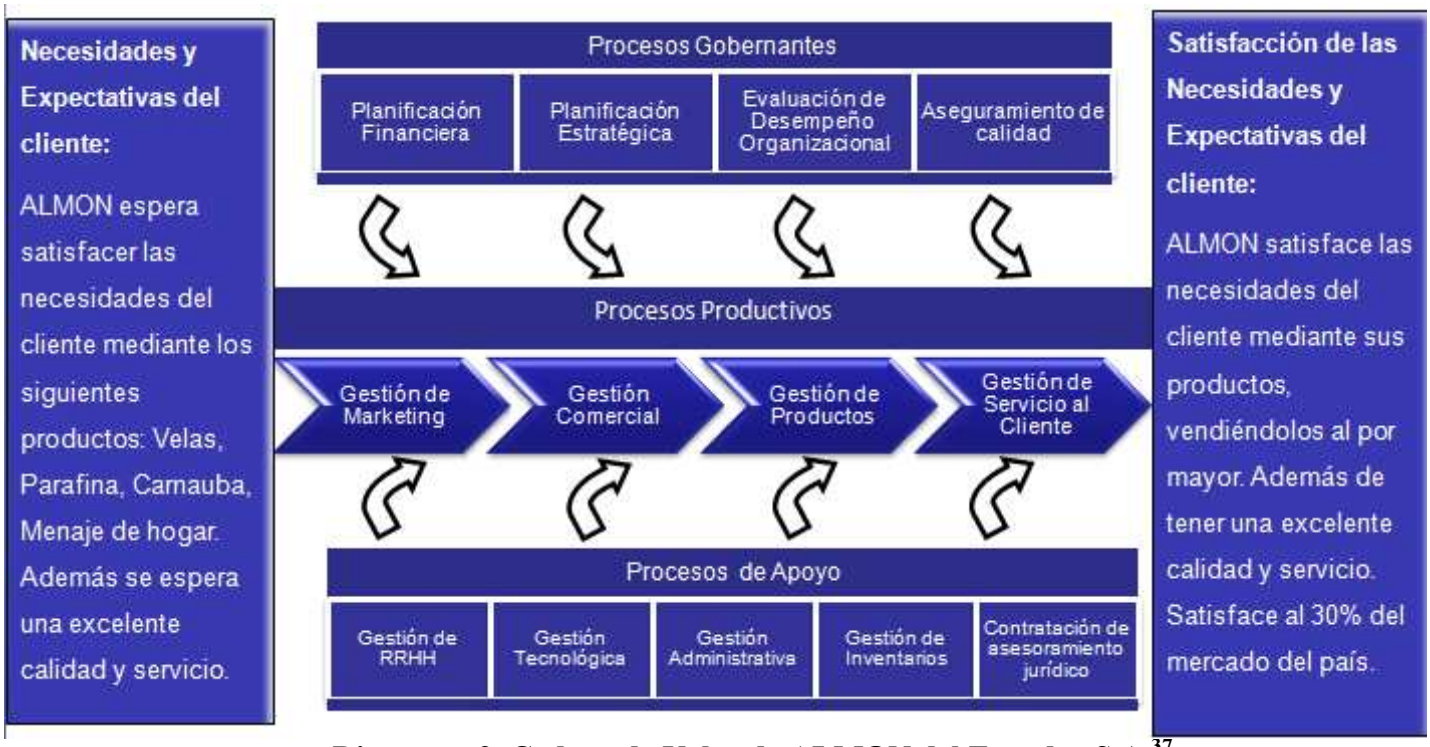
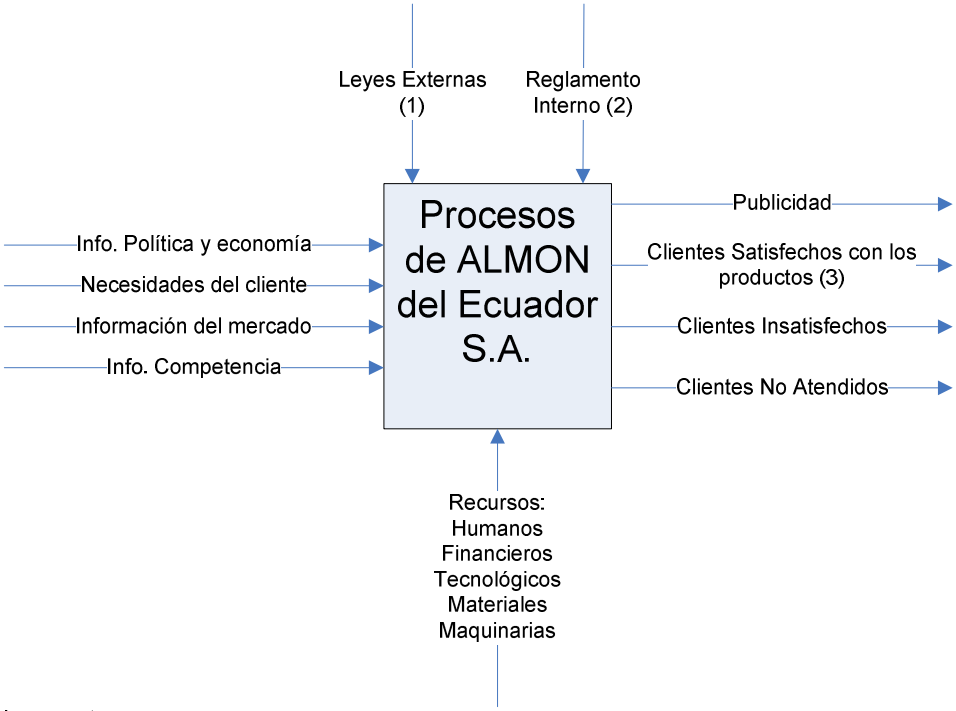


Diagrama 2. Cadena de Valor de ALMON del Ecuador S.A.[37]

4.1.3. Nivel 0 de los procesos

En este nivel se muestra al nivel más general: las entradas, salidas, controles y herramientas de ALMON del Ecuador S.A., los cuales se muestran a continuación, utilizando ICOM's (Inputs, Controls, Outputs, Mechanisms):

[37] **Fuente:** Levantamiento Propio de los Procesos de la empresa; **Elaboración:** Propia



(1) Leyes externas:
- Leyes del ministerio de trabajo
- Código tributario (SRI)
- Impuesto a la renta
- IESS
- Corporación Aduanera Ecuatoriana (Importaciones, Aranceles)
- Certificado ambiental
- Ministerio de Salud

(2) Reglamento interno:
- Horarios y turnos
- Uniformes
- Ética y moral

(3) Productos:
- Velas
- Parafina
- Carnauba
- Menaje de hogar

Diagrama 3. Nivel 0 de los procesos de ALMON del Ecuador S.A.[38]

4.1.4. Nivel 1 de los procesos

En este nivel se muestra gráficamente cómo interactúan los distintos macroprocesos de ALMON del Ecuador. Así, se tiene el siguiente diagrama:

[38] **Fuente:** Levantamiento de Propia de los Procesos de la empresa; **Elaboración:** Propia

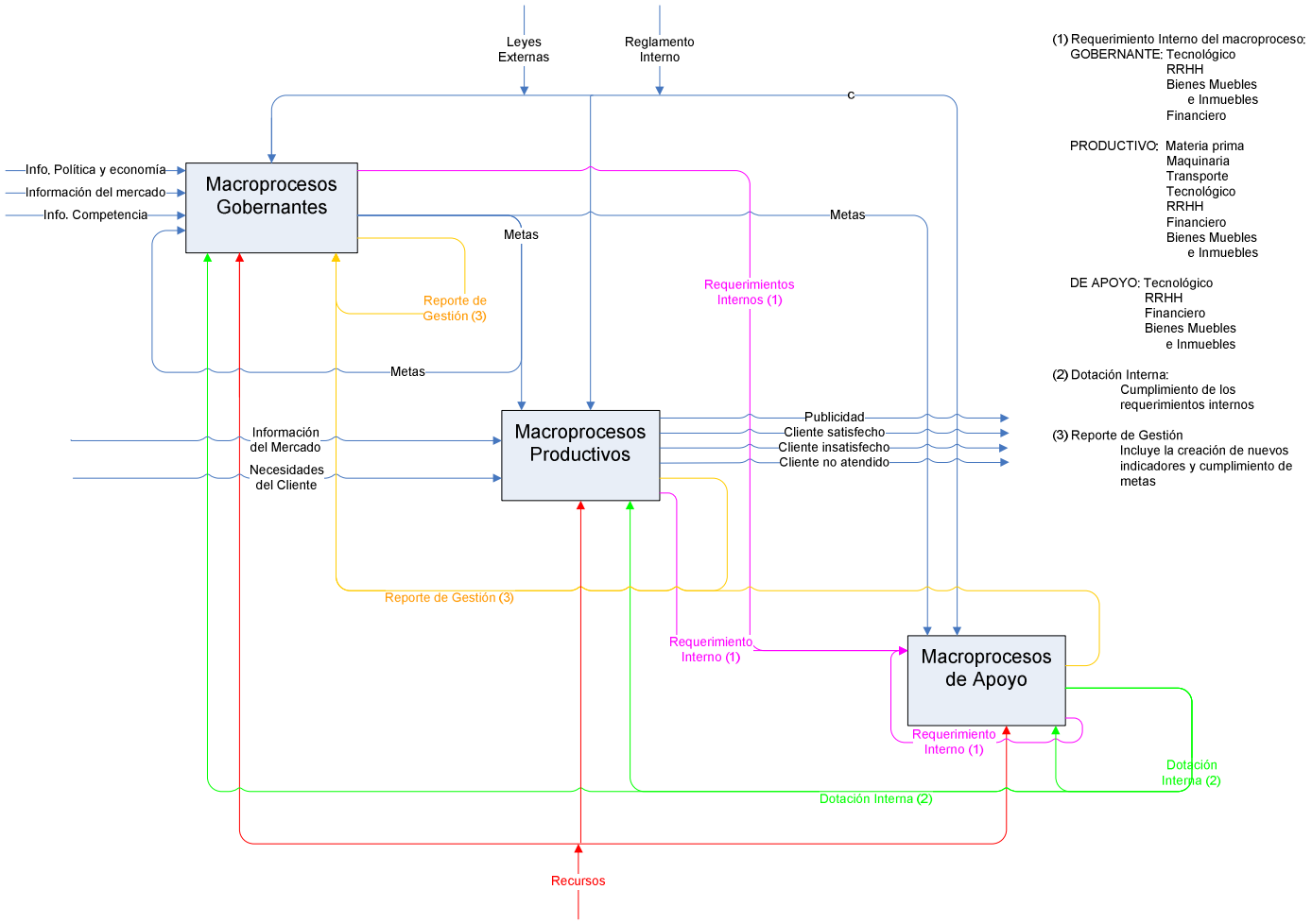


Diagrama 4. Nivel 1 de los procesos de ALMON del Ecuador S.A.[39]

[39] **Fuente:** Levantamiento Propio de los Procesos de la empresa; **Elaboración:** Propia

4.1.5. Nivel 2 de los procesos productivos

El resultado de este proyecto influirá en los procesos productivos de ALMON; por ello, se ha hecho el levantamiento de estos procesos, los cuales se diagraman a continuación:

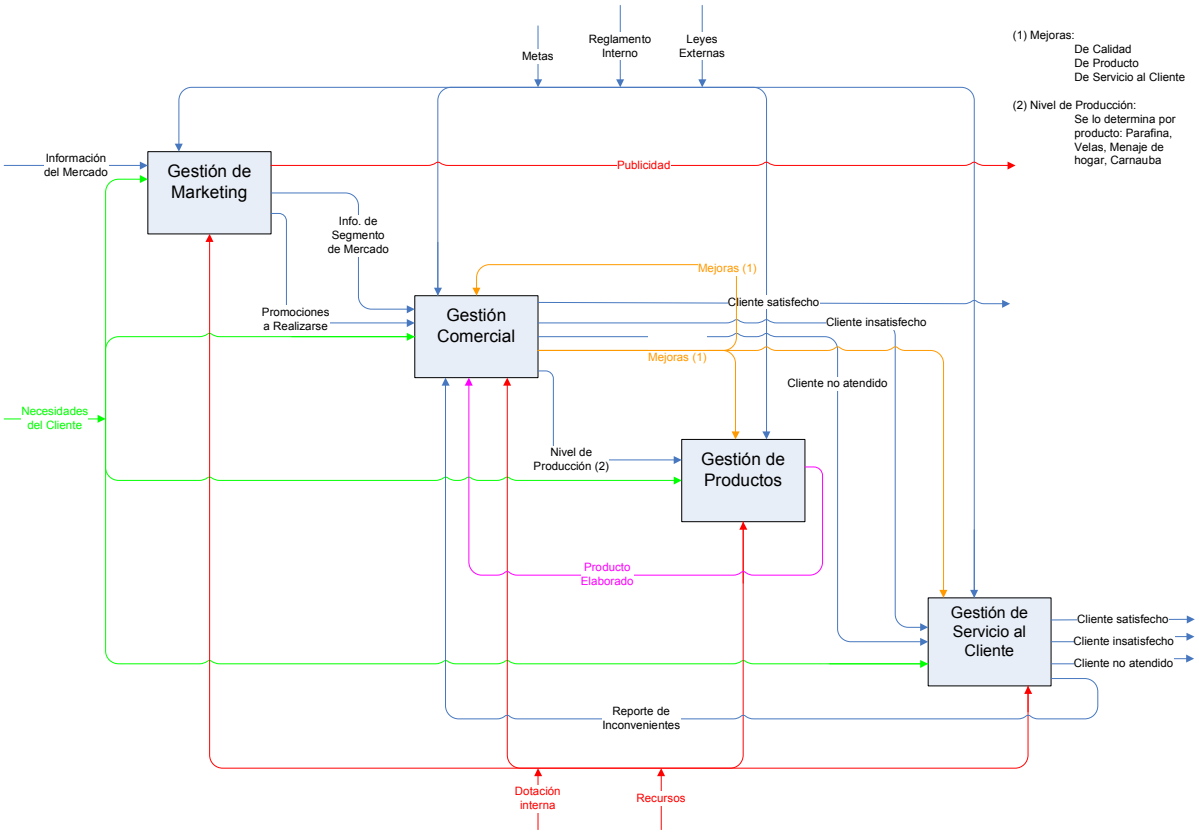


Diagrama 5. Nivel 2 de los procesos productivos de ALMON del Ecuador S.A.[40]

4.1.6. Documentación del proceso productivo de elaboración de velas

El área de influencia de este proyecto se encuentra ligada directamente a los procesos de Gestión de Productos, y específicamente al proceso de Manufactura de Velas. Así, se ha logrado diagramar el siguiente flujograma, utilizando la norma ANSI:

[40] **Fuente:** Levantamiento Propio de los Procesos de la empresa; **Elaboración:** Propia

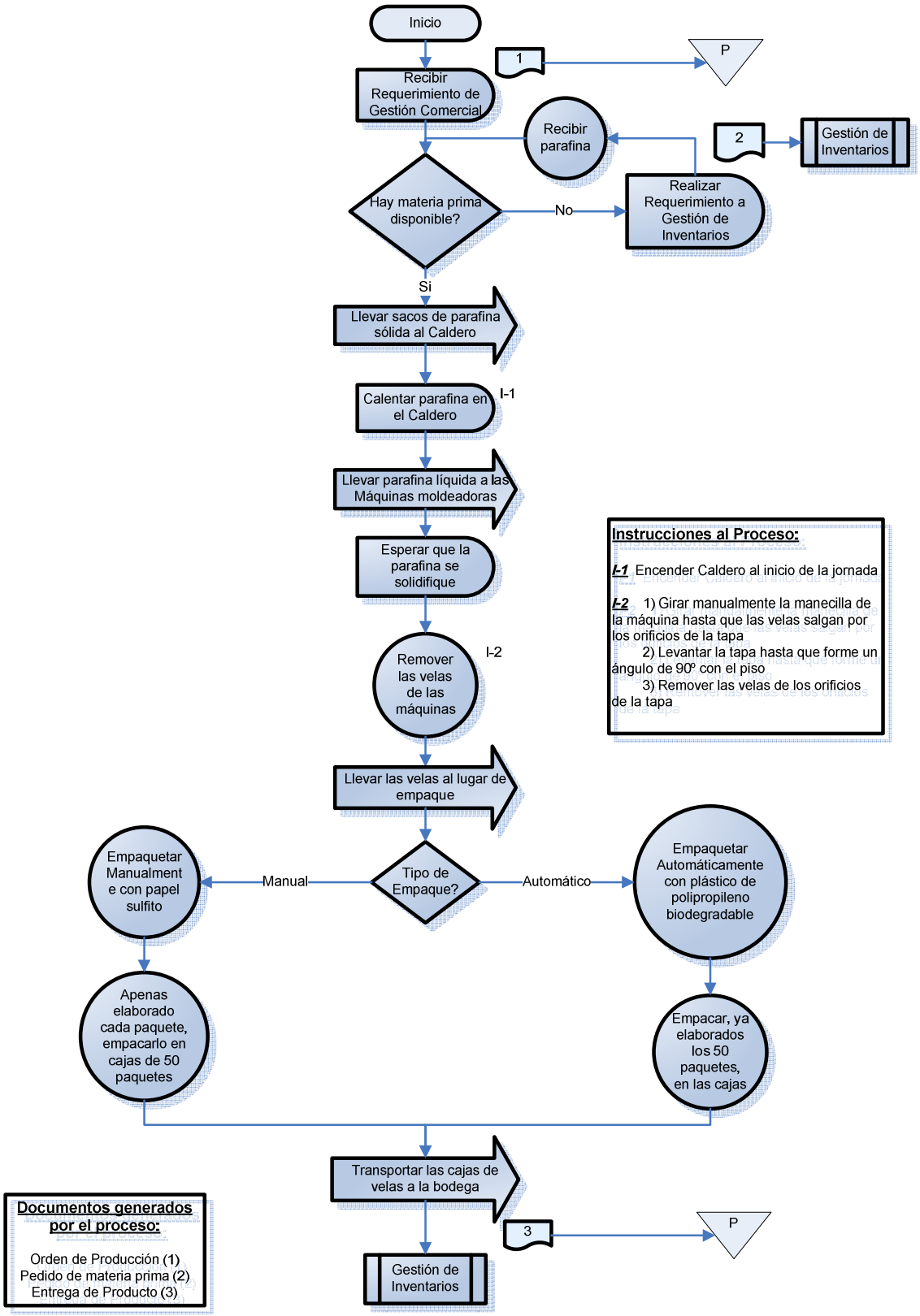


Diagrama 6. Flujograma del proceso de Gestión de Productos: Manufactura de Velas[41]

[41] **Fuente:** Levantamiento Propio de los Procesos de la empresa; **Elaboración:** Propia

4.1.7. Investigación del mercado de velas

4.1.7.1. Análisis del Mercado Objetivo

A continuación se presenta el tamaño de la población del mercado objetivo ya descrito en la sección 2.2 del presente proyecto.

El Valle de los Chille de los Chillos se encuentra conformado por 2 cantones: parte del cantón Quito y el cantón Rumiñahui. Las parroquias que conforman parte del cantón Quito son: Amaguaña, Conocoto, Guangopolo, Alangasí, La Merced y Píntag; mientras que las parroquias que conforman al cantón Rumiñahui son: Sangolquí, Cotogchoa y Rumipamba.

Los datos que se presentarán a continuación están basados en el último censo realizado en 2001. Asumiendo que el número promedio de miembros por familia en el valle de los Chillos no ha variado significativamente desde la última Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares Urbanos realizada en 2003, se tiene un estimado de 7.564 familias en el cantón Quito del Valle de los Chillos, distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 9. Distribución de familias en las parroquias del Cantón Quito ubicadas en el Valle de los Chillos[42]

Parroquia	Población en 2001	Tasa de Crecimiento Demográfico 1990-2001 %	Aproximación del Crecimiento anual	Estimado de Población en 2010	Miembros promedio por familia en Quito y sus alrededores	Número de Familias estimado para 2010
Amaguaña	5.497	3,14%	0,29%	5.638	3,80	1.484
Conocoto	13.044	5,61%	0,51%	13.642		3.590
Guangopolo	491	2,89%	0,26%	503		132
Alangasí	4.152	4,16%	0,38%	4.293		1.130
La Merced	1.305	4,62%	0,42%	1.354		356
Pintag	3.254	2,13%	0,19%	3.311		871
TOTAL	27.743			28.742		7.564

[42] **Fuente:** Administración Zonal del Valle de los Chillos; **Elaboración:** Propia

Por otro lado, haciendo la misma suposición para el cantón Rumiñahui, se estima que existen 20.880 familias en el cantón Rumiñahui, distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 10. Distribución de las familias en las parroquias del Cantón Rumiñahui ubicadas en el Valle de los Chillos[43]

Parroquia	Estimado de Población en 2010	Miembros promedio por familia en Quito y sus alrededores	Número de Familias estimado para 2010
Sangolquí	67.227	3,80	17.692
Cotogchoa	3.645		960
Rumipamba	6.187		1.628
TOTAL	77.059		20.280

Así, gráficamente se tiene la siguiente distribución de familias en el Valle de los Chillos:

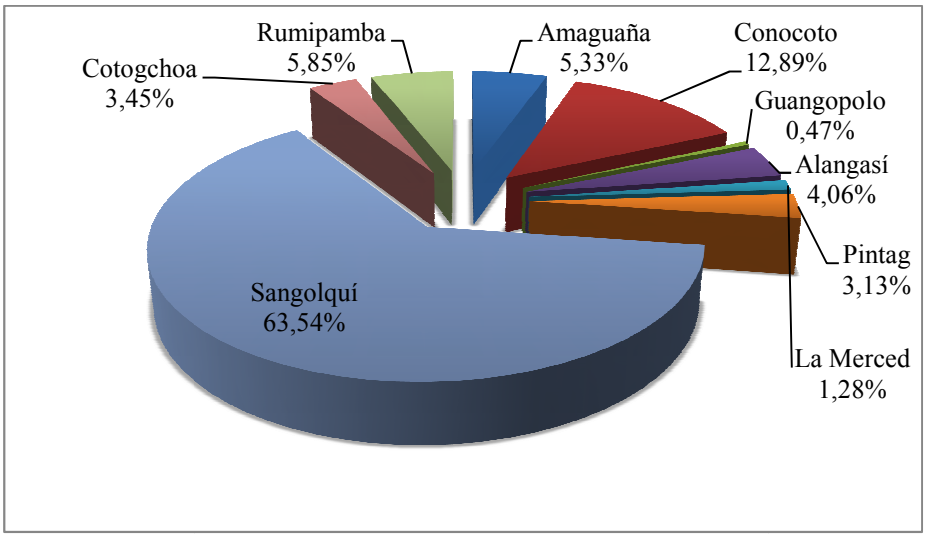


Gráfico 4. Distribución de las familias en las parroquias del Valle de los Chillos[44]

[43] **Fuente:** Municipio de Sangolquí; **Elaboración:** Propia

[44] **Fuente:** Municipio de Sangolquí; **Elaboración:** Propia

Parte del mercado objetivo es la gente que requiere de iluminación en base a velas por necesidad; esto quiere decir, gente que no posee sistema eléctrico en sus hogares. Según la Empresa Eléctrica de Quito, en los barrios del valle de los Chillos, el número de viviendas que han sido cubiertas de la necesidad de luz eléctrica ha crecido en el 27,35% desde el 2004 hasta el 2009; esto significa que el nivel de demanda debido a esta porción del mercado ha decrecido en aproximadamente el 5,47% anual. En el largo plazo, llegará algún momento en el que este mercado se haya perdido por completo, y por lo tanto, dado su evidente desaparición en el fututo, su incidencia en el desarrollo del presente proyecto se considerará insignificante.

Finalmente, al incluir el sector medio – bajo y medio – alto en el mercado objetivo, se pretende unificar los requerimientos de todos los sectores socioeconómicos del Valle de los Chillos, por lo cual se tomarán en cuenta a todas las familias, sin discriminación de clase social.

4.1.7.2. Posicionamiento de las velas de iluminación

Es necesario conocer de qué manera están posicionadas las velas de iluminación en el Valle de los Chillos. En detalle, se requieren conocer los siguientes puntos:

1. Porcentaje de tiendas que vende velas.
2. Volumen Promedio de ventas semanales en cada punto de venta.
3. Número de velas que contiene el paquete más vendido.
4. Costo promedio de una vela.

5. Posicionamiento de las marcas que se venden en el Valle de los Chillos

Para conocer esta información, se debe hacer un estudio más profundo basado en las encuestas detalladas en el punto 4.2.1. de la fase Medir.

4.1.8. Definición de atributos para la elaboración de la vela

Para conocer cuáles son los atributos que se deben tomar en cuenta para el análisis y diseño de las velas, primero se harán grupos focales, que incluyan a gente de la población objetivo.

4.1.8.1. Screening

El screening no es más que una serie de preguntas utilizadas para asegurarse de que quienes participen en los grupos focales, sean parte de la población objetivo. En este estudio, el screening consiste de las siguientes preguntas:

Pregunta 1:
¿Habita usted en el Valle de los Chillos?
El encuestado puede ingresar al grupo focal sólo si su respuesta es sí.

Pregunta 2:
Antes de los apagones, ¿Compraba usted velas de iluminación?
El encuestado puede ingresar al grupo focal sólo si su respuesta es sí, pues esto significa que el individuo es un potencial consumidor de velas, quitando el sesgo causados por la crisis eléctrica actual (Noviembre de 2009 – Febrero de 2010).

Pregunta 3:
Antes de los apagones, ¿Tenía siempre al menos una vela en su casa?
El encuestado puede ingresar al grupo focal sólo si su respuesta es sí, pues esto significa que el individuo es un potencial consumidor de velas, quitando el sesgo causados por la crisis eléctrica actual (Noviembre de 2009 – Febrero de 2010).

4.1.8.2. Grupos Focales

Una vez que se cuenta con los integrantes que pasaron el screening, se procede a realizar los grupos focales, donde se utilizó la guía presentada en el Anexo 2. Las conclusiones de cada grupo focal se encuentran en el Anexo 3; finalmente se obtuvieron las siguientes conclusiones generales de todos los grupos focales:

GENERALIDADES

- La compra de velas es muy variable de acuerdo al uso que se les da. Así, puede variar entre algunas veces al día a una vez al año, siempre y cuando exista al menos una vela en la casa, convirtiendo a las 27.844 familias del Valle de los Chillos en potenciales compradores de velas.
- La marca no es lo más relevante, pero sí existe cierta predominancia de Velas Tungurahua, ya que no se conocen otras marcas en el Valle de los Chillos. Además al momento de comprar una vela solo compran lo que haya disponible en la tienda. (Importancia en Puntos de Ventas)

- Los entrevistados utilizan toda la vela hasta que se consuma totalmente, por lo que prefieren una vela que dure mucho tiempo.

PRESENTACIÓN

- El número de velas que contiene cada paquete es poco importante en relación con el tamaño de cada vela, sin embargo, dependiendo de su uso, se mencionaron paquetes de 3, 4, 6, 8 y 10 velas.
- Normalmente si el paquete solamente contiene velas blancas, se prefiere que su empaque esté hecho de papel azul, con el fin de sea un material reutilizable y poco contaminante. Pero si contiene velas de colores, o una caja de fósforo adicional, se prefiere un empaque de plástico.
- Una vela de color blanco implica mejor calidad frente a unas con menor blancura, con matices amarillentos o grises.
- Importante que la vela no tenga fallas en su superficie, es decir, sin que esté cuarteada o trisada al momento de comprarla.

CARACTERÍSTICAS DE LA VELA

- Las aplicaciones más comunes son:
    - Iluminación
    - Camuflar el humo del tabaco
    - Purificar el aire, mejorando su ambiente
    - Fines románticos
    - Fines religiosos o espirituales
    - Relajación

- La duración es el aspecto más importante frente al tamaño de la vela. Como referencia se familiarizan más con velas medianas (aproximadamente 15cm de largo y 2,5cm de diámetro) y que duren al menos alrededor de 4 horas.
- Es muy importante que la vela debe resistir los golpes propios del transporte, aunque no es relevante el hecho de que una vela resista caídas pues la gente está acostumbrada a acomodarse a este tipo de percances. A consecuencia de esto, no pagarían por este atributo
- El hecho de que una vela manche o chorree es importante al momento de comprar una vela, pero no se debe sacrificar el precio por este atributo aspecto.
- Se añadió un nuevo punto, que es el hecho de que la vela no debe despedir un humo negro ni mal olor al momento de estar encendida
- Por razones de seguridad la estabilidad es un valor agregado considerable, pero para algunos entrevistados no tiene mucha importancia ya que prefieren cerciorarse por ellos mismos que la vela se encuentre fija en algún lugar.
- El grado de iluminación sí influye en la compra de la vela, pues es un factor fundamental para su funcionalidad, tomando en cuenta que:
    - La mecha debe tener un tamaño suficiente para encender la vela sin problemas.
    - A mayor grado de iluminación, mejor la calidad de la vela
- El aroma no es importante en tareas donde se requiere únicamente la iluminación. Sin embargo al aplicarlo a aspectos espirituales, religiosos, románticos o de relajación, éste se convierte en un factor importante. Además cabe recalcar que el aroma debe ser sutil para ambientar el lugar y no congestionarlo.
- El color es un atributo parcializado dependiendo el uso que se le de y la frecuencia con que se le usa, además la mitad de las personas les gusta variar de color de vela sin que el

precio se vea muy afectado, y la otra mitad piensa solo en la funcionalidad y el precio por encima del color de la vela.

CIERRE

- Finalmente, según la votación de cierre, se obtuvo que los atributos más importantes son:
  - Iluminación (8/8 votos) (4/6 votos) (7/7 votos) (Total = 19/21 votos)
  - Aroma (2/8) (3/6) (6/7) (Total = 11/21 votos)
  - Estabilidad (5/8) (0/6) (0/7) (Total = 5/21 votos)
  - Resistencia (1/8) (1/6) (0/7) (Total = 2/21 votos)
  - Color (0/8) (1/6) (6/7) (Total = 7/21 votos)

4.1.8.3. Análisis de Pareto de los Grupos Focales

El siguiente análisis de Pareto servirá para conocer los atributos que cobraron mayor importancia, basados en las preguntas de cierre presentadas en los grupos focales:

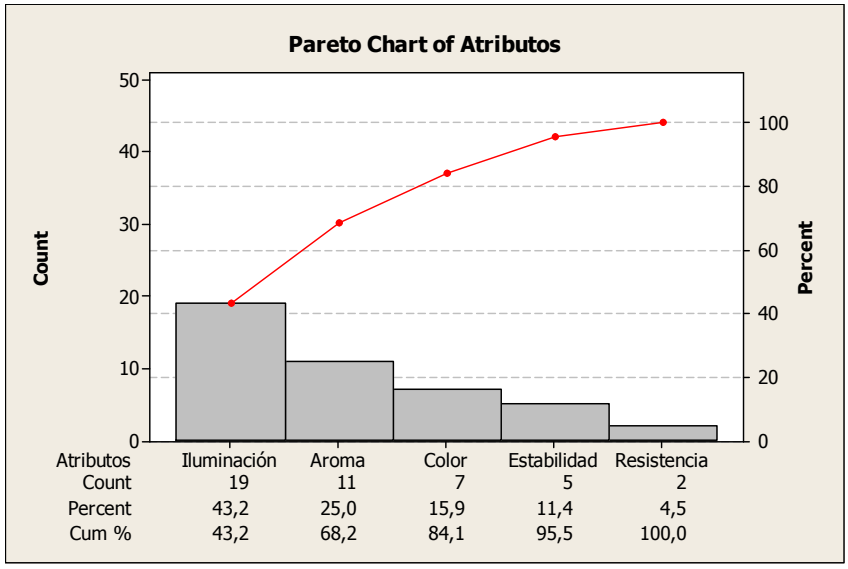


Gráfico 5. Gráfico de Pareto de los atributos más importantes en la pregunta de cierre de los grupos focales[45]

[45] **Fuente:** Grupos Focales; **Elaboración:** Propia

4.1.9. Definición de las características críticas de la calidad (CTQ's)

4.1.9.1. Modelo de Kano

Basados en la información proporcionada por los grupos focales, el Modelo de Kano para el diseño de la vela de iluminación es el siguiente:

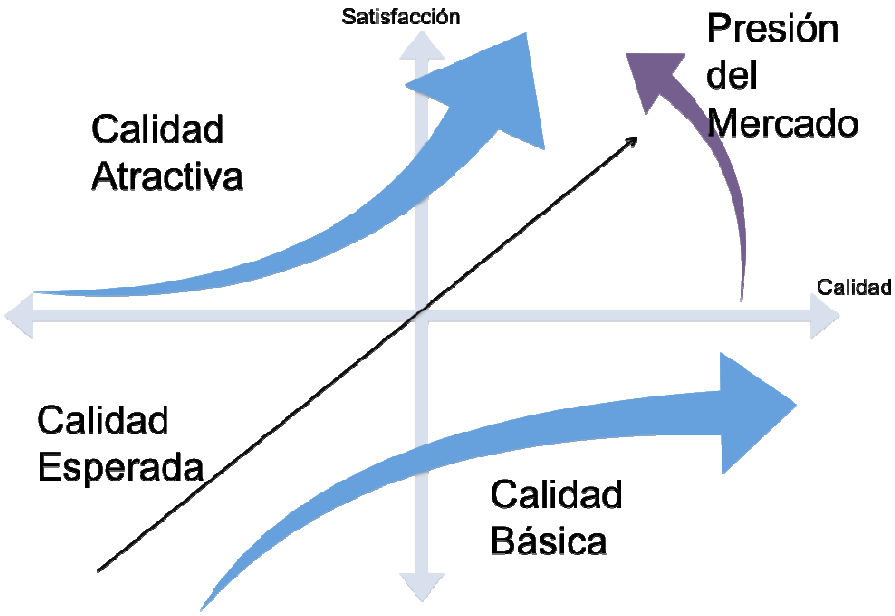


Gráfico 6. Modelo de Kano de la nueva vela de iluminación[46]

La *Calidad básica*:

- La vela debe prenderse
- La vela tenga una mecha
- La vela no tenga defectos, como grietas o fisuras

Calidad esperada:

- Mientras menos veces se apague la vela, más satisfacción otorga a su consumidor.

[46]**Fuente:** Spyzdek, página 119; **Elaboración:** Propia

- Que la vela dure un tiempo considerable
- Nivel de blancura
- Alto nivel de iluminación

Calidad atractiva:

- El aroma
- El color
- Ausencia de humo negro mientras la vela esta prendida
- Alta resistencia las caidas
- Estabilidad autónoma de la vela, para que se pueda parar sola

Presión competitiva:

- La existencia de las velas de iluminación va perdiendo mercado conforme aumenta fuentes eléctricas de iluminación y velas decorativas. Con lo cual la propuesta actual es introducir conceptos decorativos en una vela de iluminación, sin sacrificar precio pero conservando competitividad frente al mercado de velas de iluminación comunes.

4.1.9.2. Características de los CTQ's (Factores Críticos de la Calidad)

- *Empaque*

  Este atributo trata del material y el diseño que debe tener el paquete que contenga un número determinado de velas. Es importante resaltar que cada uno de estos paquetes tengan la posibilidad de visualizar la vela y contener una caja de fósforos como valor agregado. Por lo cual este será un factor que se lo incluirá en el análisis conjunto.

- *Número de Velas en el empaque*

  Es una característica para conocer de mejor manera el comportamiento del mercado. Se buscará conocer el paquete más popular en el mercado del Valle de los Chillos, el cual se lo analizará por medio de 2 puntos de vista: de los puntos de venta, y de los encuestados de la muestra analizada. Será una característica analizada en las encuestas, como una pregunta adicional al análisis conjunto y en la investigación de las tiendas.

- *Precio*

  Si bien es una característica impuesta por el mercado, no será incluida en el análisis conjunto, ya que analizará en la investigación de los puntos de venta, más adelante.

- *Nivel de Blancura*

  Es la escala de colores del color blanco presente en las velas, es un atributo importante al momento de comprar una vela ya que si esta presenta matices amarillentos o grises el consumidor tiene la percepción de una vela de mala calidad. Este factor no será incluido en el análisis conjunto ni en la investigación de los puntos de venta ya que es una característica que se tomará de referencia por medio de benchmarking, para estar, al menos, a la altura de la competencia.

- *Fallas de la superficie*

  Este atributo toma en cuenta que la superficie de la vela no posea grietas, no este cuarteada o trisada. Esto es importante para el comprador ya que tiene una alta percepción de calidad, es así que esta será una característica propia de la vela y no será incluida en el análisis conjunto.

- *Duración*

  La duración desde que se prende la vela hasta que se consume totalmente es un factor muy importante para los compradores, ya que si bien no tienen un tiempo preciso, duren un tiempo considerable de acuerdo al tamaño de la vela. Por lo cual, para tener una vela competitiva, será una característica analizada en el estudio de benchmarking y no se incluirá en la encuesta.

- *Tamaño*

  Es un factor que será incluido en el análisis conjunto ya que es fundamental para conocer al comprador, estableciendo un equilibrio óptimo entre un tamaño de vela que sea manipulable y la duración esperada para este tamaño.

- *Resistencia:*

  La resistencia de la vela frente a caídas accidentales, no será parte de la encuesta, ya que, como se observa en el Pareto de las importancias en los grupos focales (Sección 4.1.8.3. Análisis de Pareto de los Grupos Focales), éste no es un factor de mucha importancia para el consumidor, pero debe resistir su transporte y alturas mínimas que serán consideradas en benchmarking.

- *Limpieza*

  El hecho de que una vela no chorree o manche es un valor agregado considerable a la vela, pero no lo es cuando se sacrifica precio por esta característica, ya que la gente tiende a ajustarse a los inconvenientes del producto. Por lo cual será un factor que se lo analizará en benchmarking, mas no en el análisis conjunto.

- *Humo Negro:*

  El humo negro presente en la vela al momento de estar encendida no es un factor determinante al momento de comprar un vela, y no estará presente en la encuesta, pero será analizado en benchmarking con el fin de que este atributo no represente una desventaja competitiva.

- *Estabilidad*

  Esta característica se refiere a la capacidad de que la vela pueda pararse por sí sola en una superficie lisa sin necesidad de materiales adicionales. Pero esta no representó ser una característica importante para los consumidores porque tienen la concepción de que una vela tiene que ser fijada por ellos mismos para sentirse más seguros. Por esta razón, este factor no será analizado a detalle.

- *Iluminación*

  Es un factor que toma en cuenta: el tamaño de la mecha inicial para poder iniciar la flama, el tamaño de esta misma flama al ser encendida, y el radio de iluminación de esta. Este atributo es de suma importancia para el consumidor, pero no es incluido en el análisis conjunto, ya que tiene que ser analizado por medio de benchmarking. Es así que estará, al menos, dentro de los estándares de la competencia, sin sacrificar el precio final.

- *Aroma*

  Esta característica le otorga un olor determinado a la vela, siendo este un factor que podría formar parte de la vela como un valor agregado a las velas de iluminación común, sin que se incurra en costos excesivos de producción. Este factor formará parte del análisis conjunto.

- *Color:*

  Esta característica da un color diferente a la parafina y por ende, al producto final, siendo esta una característica que agregaría valor a la vela de iluminación, sin afectar significativamente al precio final. Por ello, este factor formará parte del análisis conjunto.

4.2. Fase Medir

4.2.1. Medición del posicionamiento de las velas de iluminación

Tal como se explica en el punto 4.1.7.2. de la fase Definir, se elabora una encuesta enfocada a las tiendas registradas en el SRI (Servicio de Rentas Internas) a la fecha de viernes 5 de febrero de 2010, pues, a pesar de que se sabe que no todos los puntos de venta son formales, basarse en esta información proporciona una aproximación lo suficientemente confiable para realizar el presente estudio.

En primer lugar, el universo a analizar son todas las 1.987 tiendas registradas en el SRI, distribuidas de la siguiente manera:

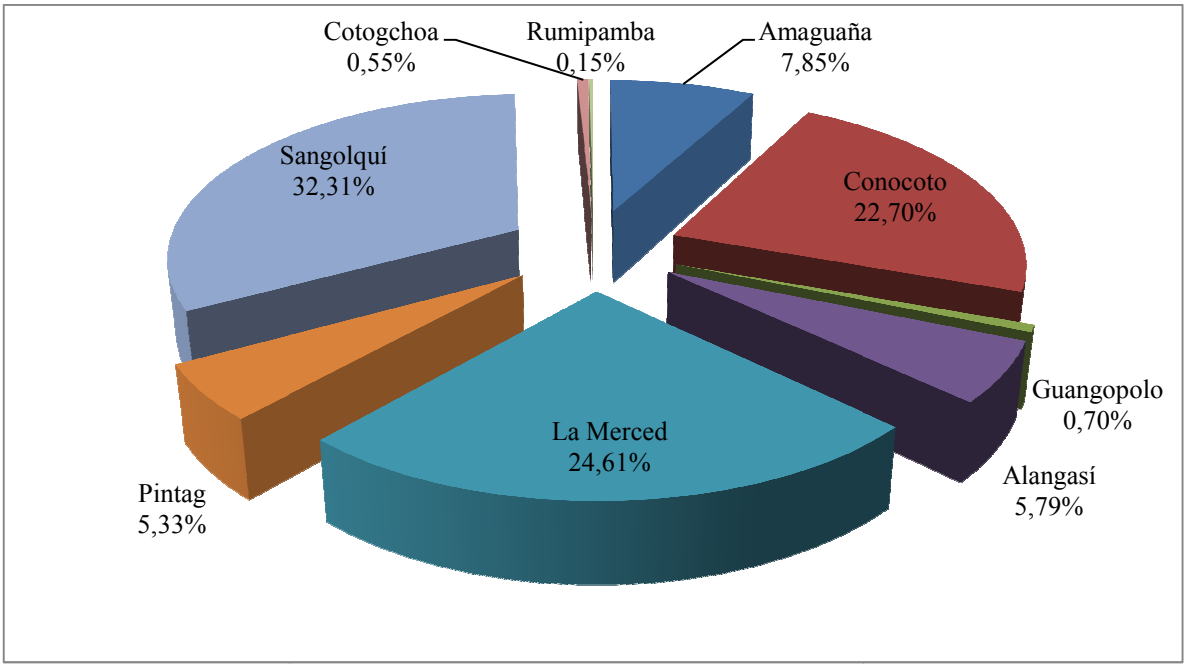


Gráfico 7. Porcentaje de Supermecados y tiendas de abarrotes registradas en el SRI hasta el viernes 5 de febrero de 2010[47]

A este universo, se le plantearon una serie de preguntas, para conocer los puntos ya mencionados en la sección 4.1.7.2. de la fase Definir, utilizando la metodología presentada en la sección 3.3.3. del Marco Teórico, para llevar a cabo encuestas. A continuación se muestran los pasos 1 y 2, en donde se presenta la planificación inicial del cuestionario y se desarrollan las medidas de cada pregunta:

Pregunta 1
¿A qué parroquia pertenece?
Respuestas posibles (Medidas): Amaguaña, Conocoto, Guangopolo, Alangasí, La Merced o Pintag
Objetivo: Entender en qué parroquias está mejor posicionado el producto.

[47] **Fuente:** SRI; **Elaboración:** Propia

Pregunta 2
¿Vende Velas?
Respuestas posibles (Medidas): Sí o No
Objetivo: Conocer el porcentaje de tiendas que vende velas, y así poder estimar el posicionamiento de las velas de iluminación en el mercado objetivo.

Pregunta 3
¿Cuántas velas contiene el paquete que más vende?
Respuestas posibles (Medidas): Un número entero entre 1 y 20.
Objetivo: Conocer el número de velas del paquete más popular, lo cual servirá para diseñar el paquete en las etapas posteriores.

Pregunta 4
En promedio, ¿Cuántos paquetes vende semanalmente?
Respuestas posibles (Medidas): Un número real positivo.
Objetivo: Estimar el volumen promedio de ventas semanales en los puntos de venta.

Pregunta 5
¿Cuál es la marca más vendida?
Respuestas posibles (Medidas): Cualquier marca de velas de iluminación.
Objetivo: Determinar cuál es la competencia directa.

Pregunta 6
¿Cuánto cuesta un paquete del número y la marca más vendida?
Respuestas posibles (Medidas): Cualquier costo indicado por el encuestado.
Objetivo: Estimar el costo unitario promedio de cada vela de la competencia directa.

Pregunta 7
¿Qué marcas de velas vende?
Respuestas posibles (Medidas): Cualquier marca de velas de iluminación.
Objetivo: Conocer las marcas de velas que existen en el mercado.

Como tercer paso, se debe diseñar el tamaño de la muestra a analizar. Para ello, se usó una muestra aleatoria estratificada, pues ésta se utiliza cuando "la población a investigar se

divide en grupos relativamente homogéneos con relación a la característica de estudio. Estos grupos se denominan estratos, donde la unidad o elemento investigado presenta una característica tal, que sólo le permite pertenecer a un estrato" (Martínez 791). Para este estudio, los grupos que distinguen a cada estrato son las parroquias, la homogeneidad se presenta en que el universo incluye sólo puntos de venta al por menor, y la característica de estudio son las tiendas que venden velas. Por lo tanto, la fórmula utilizada para obtener el tamaño de la muestra es:

$$n = \frac{NZ^2 \sum_{h=1}^{6} W_h p_h q_h}{NE^2 + Z^2 \sum_{h=1}^{6} W_h p_h q_h}$$

Ecuación 25. Tamaño de la muestra para las tiendas[48]

En donde,

N = Total de unidades que constituyen la población objetivo = 1.987 tiendas

N_h = Total de unidades que contiene cada estrato poblacional h:

$$N_1 = N_{Amaguaña} = 156$$

$$N_2 = N_{Conocoto} = 451$$

$$N_3 = N_{Guangopolo} = 14$$

$$N_4 = N_{Alangasí} = 115$$

$$N_5 = N_{La\ Merced} = 489$$

$$N_6 = N_{Pintag} = 106$$

$$N_7 = N_{Sangolquí} = 642$$

$$N_8 = N_{Cotogchoa} = 11$$

$$N_9 = N_{Rumipamba} = 3$$

[48] **Fuente:** Martínez, página 821; **Elaboración:** Propia

$W_h =$ Proporción de elementos en cada estrado:

$$W_1 = W_{Amaguaña} = \frac{N_{Amaguaña}}{N} = \frac{156}{1\,987} = 0{,}0785$$

$$W_2 = W_{Conocoto} = \frac{N_{Conocoto}}{N} = \frac{451}{1\,987} = 0{,}227$$

$$W_3 = W_{Guangopolo} = \frac{N_{Guangopolo}}{N} = \frac{14}{1\,987} = 0{,}007$$

$$W_4 = W_{Alangasí} = \frac{N_{Alangasí}}{N} = \frac{115}{1\,987} = 0{,}0579$$

$$W_5 = W_{La\ Merced} = \frac{N_{La\ Merced}}{N} = \frac{489}{1\,987} = 0{,}2461$$

$$W_6 = W_{Pintag} = \frac{N_{Pintag}}{N} = \frac{106}{1\,987} = 0{,}0533$$

$$W_7 = W_{Sangolquí} = \frac{642}{1\,987} = 0{,}3231$$

$$W_8 = N_{Cotogchoa} = \frac{11}{1\,987} = 0{,}055$$

$$W_9 = N_{Rumipamba} = \frac{3}{1\,987} = 0{,}0015$$

$E =$ Error de muestreo = Diferencia entre el valor poblacional y su estimación. Es colocado por el investigador, y en la mayoría de los casos es un porcentaje no mayor al 10% (Martínez 737 - 738), por lo que se tomó un valor de $E = 6\%$.

$Z =$ Representa el nivel de confianza, el cual es fijado por el investigador (Martínez 738). Además, Martínez establece que "cuando se trabaja con un nivel del 5%, el resultado es *significativo;* si se emplea el 1%, el resultado es *altamente significativo*, y si es del 10%, se considera *poco significativo*" (Martínez 370). Por lo tanto, el valor del nivel de confianza escogido es del 5% (resultado significativo), que corresponde al valor $Z = 1{,}96$.

p_h = Proporción de tiendas que sí venden velas en la parroquia h. Para estimar esta proporción, se tomó como referencia una muestra piloto de 60 encuestas. Se utilizó este número, pues según Montgomery (238), hacen falta al menos 30 elementos de un universo para que se pueda hacer una aproximación normal, independientemente de la forma de la población. Por lo tanto, el número de encuestas piloto realizadas en cada parroquia son:

$$n_{piloto1} = n_{piloto\ Amaguaña} = (0{,}0785)60 = 4{,}71 \approx 5$$

$$n_{piloto2} = n_{piloto\ Conocoto} = (0{,}227)60 = 13{,}62 \approx 14$$

$$n_{piloto\ 3} = n_{piloto\ Guangopolo} = (0{,}007)60 \approx 3$$

$$n_{piloto\ 4} = n_{piloto\ Alangasí} = (0{,}0579)60 = 3{,}4725 \approx 4$$

$$n_{piloto5} = n_{piloto\ La\ Merced} = (0{,}2461)60 = 14{,}76 \approx 15$$

$$n_{piloto6} = n_{piloto\ Pintag} = (0{,}0533)60 = 3{,}2 \approx 4$$

$$n_{piloto7} = n_{piloto\ Sangolquí} = (0{,}3231)60 = 19{,}38 \approx 20$$

$$n_{piloto8} = n_{piloto\ Cotogchoa} = (0{,}055)60 = 0{,}3321 \approx 3$$

$$n_{piloto9} = n_{Rumipamba} = (0{,}0015)60 = 0{,}0091 \approx 3$$

Total de encuestas piloto = 69

Nota: Las encuestas piloto para Guangopolo, Cotogchoa y Rumipamba se aproximaron a 3 para notar variabilidad

Al tiempo que se desarrollaban las encuestas piloto, se evaluó el cuestionario, en donde no se encontraron inconvenientes en el entendimiento de las preguntas. Además, después de haber realizado las 69 encuestas piloto, se logró determinar las siguientes probabilidades de encontrar velas en una tienda:

$$p_1 = p_{Amaguaña} = \frac{4}{5} = 0{,}8$$

$$p_2 = p_{Conocoto} = \frac{11}{14} = 0{,}7857$$

$$p_3 = p_{Guangopolo} = \frac{2}{3} = 0{,}6667$$

$$p_4 = p_{Alangasí} = \frac{3}{4} = 0{,}75$$

$$p_5 = p_{La\ Merced} = \frac{14}{15} = 0{,}9333$$

$$p_6 = p_{Pintag} = \frac{3}{4} = 0{,}75$$

$$p_7 = p_{Sangolquí} = \frac{15}{20} = 0{,}75$$

$$p_8 = p_{Cotogchoa} = \frac{3}{3} = 1$$

$$p_9 = p_{Rumipamba} = \frac{3}{3} = 1$$

Con lo cual se llega a determinar, mediante el uso de la Ecuación 25, que el tamaño de muestra que se debe tomar es de 148 encuestas, con el siguiente número de encuestas en cada parroquia:

$$n_1 = n_{Amaguaña} = (0{,}0785)148 = 11{,}56 \approx 12$$

$$n_2 = n_{Conocoto} = (0{,}227)148 = 33{,}43 \approx 34$$

$$n_3 = n_{Guangopolo} = (0{,}007)148 = 1{,}03 \approx 3$$

$$n_4 = n_{Alangasí} = (0{,}0579)148 = 8{,}52 \approx 9$$

$$n_5 = n_{La\ Merced} = (0{,}2461)148 = 36{,}25 \approx 37$$

$$n_6 = n_{Pintag} = (0{,}0533)148 = 7{,}85 \approx 8$$

$$n_7 = n_{Sangolquí} = (0{,}3231)148 = 47{,}59 \approx 48$$

$$n_8 = n_{Cotogchoa} = (0{,}055)148 = 0{,}82 \approx 3$$

$$n_9 = n_{Rumipamba} = (0{,}0015)111 = 0{,}22 \approx 1$$

Total de encuestas = 155

En Guangopolo y Cotogchoa se tomaron 3 encuestas en cada una para poder notar variabilidad; sin embargo, en Rumipamba no fue posible hacerlo debido a que de las únicas 3 tiendas que existen, sólo una se encontraba disponible al momento de realizar el muestreo.

El siguiente paso es tabular las encuestas para poder obtener los resultados. Así, se obtuvo el análisis mostrado en el punto 4.3.1. Análisis de la encuesta aplicada a las tiendas, de la fase analizar.

4.2.2. Diseño del Análisis Conjunto

Haciendo referencia a las herramientas del punto 3.4.2. Análisis Conjunto, se determinó que para este proyecto, mediante el Análisis Conjunto, se pretende responder a las siguientes preguntas:

- ¿Cuales características o atributos de un producto o servicio conducen a la decisión de compra? Esta pregunta es equivalente a ¿Cuál es el atributo más importante?
- ¿Cual combinación de características tendrá el mayor éxito?

Para ello, se toman en cuenta los factores mencionados en el punto 4.1.9.2. Características de los CTQ's (Factores Críticos de la Calidad):

- Aroma
- Color
- Empaque
- Tamaño

4.2.2.1. Análisis Conjunto tradicional de perfil completo

Para efectos de este proyecto, se utilizará este tipo de análisis, pues, según la experiencia de la American Marketing Association, el análisis conjunto tradicional da buenos resultados cuando se trabaja hasta con 10 atributos (18).

Niveles y atributos

Los niveles de los atributos más importantes, cuya importancia y preferencia se desea conocer mediante el análisis conjunto, son:

Tabla 11. Atributos y Niveles del Análisis Conjunto[49]

ATRIBUTOS	NIVELES
Aroma	Sin Aroma
	Con Aroma
Color	Solo Blanco
	Diferentes Colores
Empaque	Papel
	Transparente
Tamaño	Tamaño 1: Mediano
	Tamaño 2: Grande

El tamaño 1 representa a la vela que se produce más en la planta de ALMON S.A., y será un buen punto de referencia, para que este mercado lo evalúe.

[49] **Fuente:** Grupos Focales; **Elaboración:** Propia

El tamaño 2 representa una vela de mayores dimensiones, debido a que en los grupos focales se comentó que la duración es una característica muy importante que debe estar en la vela, y la percepción de duración y tamaño pueden estar directamente relacionados por los clientes.

Se escogieron 2 niveles de cada atributo, pues es una recomendación válida de la American Marketing Association el tomar un número similar de niveles para cada atributo, con el objeto de minimizar el efecto del diseño en los resultados conjuntos (15). Además, como se verá más adelante, esto también disminuye el número de estímulos que se va a presentar a cada encuestado.

Efectos que se medirán en el análisis conjunto

En el presente estudio se pretende conocer las utilidades sólo para los niveles de los atributos; a este tipo de análisis se los llama *sólo-efectos-principales* (main-effects-only) o "*plain vanilla"*. Además, conociendo que todas las técnicas conjuntas generan las mismas utilidades de efectos principales (si no son las mismas), se justifica una vez más el uso del análisis conjunto tradicional de perfil completo (American Marketing Association 7).

De todas formas, la American Marketing Association (7-10) indica la existencia de otros efectos (no principales):

Interacciones: Ocurren cuando el valor combinado de los niveles de dos atributos es diferente de la simple suma de las utilidades separadas. Dado el tipo de diseño experimental que utilizará, las interacciones no serán analizadas en el presente estudio.

Efectos específicos alternos: Puede darse de 3 maneras:

- Es parecido a las interacciones, pero se da sólo en interacciones con marcas.
- Cuando algunas alternativas tienen diferentes rangos para algunos atributos.

- Cuando los mismos atributos no están presentes en todas las alternativas.

Dadas las características de estos efectos, se descarta su existencia en este estudio.

Efectos cruzados: Es muy parecido al concepto de interacción, excepto que ocurre entre alternativas, no entre atributos, por tanto, un hecho de alternativa afecta (incrementa o disminuye) la utilidad de otras alternativas. Este hecho se ve relacionado con el efecto Halo descrito en la sección 3.4.2.3. Efecto Halo; para minimizar este efecto, se aleatorizaron todas las alternativas, teniendo diferentes combinaciones en cada encuesta.

Utilidades de los atributos: Normalmente, los niveles de los atributos de las utilidades no pueden ser comparadas entre atributos. Sin embargo, existen procedimientos para poder compararlos, sobre todo en estudios de publicidad. Para efectos del presente proyecto, este tipo de comparaciones no serán tomadas en cuenta.

Estímulos

Dado el tipo de análisis conjunto, los estímulos se presentarán en un set de perfiles completos. Estas son descripciones del producto que especifican un nivel para cada atributo en el estudio (American Marketing Association 18)

Diseño experimental

El análisis conjunto tradicional calcula las utilidades a un nivel individual de un encuestado (American Marketing Association 18). Para el presente estudio, deberían existir 2^4 = 16 diferentes perfiles. Dado que evaluar 16 combinaciones puede ser largo y confuso, es preferible disminuir este número de estímulos, sin sacrificar la estimación de los efectos principales.

La American Marketing Association indica que para estos casos se debe utilizar un diseño factorial fraccionado, el cual permite hacer buenas estimaciones para los modelos

"plan vanilla"; a este tipo de diseños también se los llama "ortogonales", pues los niveles de cada atributo no tienen correlación (son ortogonales) entre sí (American Marketing Association 18).

En su libro "Diseño y Análisis de Experimentos", Montgomery aclara que "es preferible emplear diseños fraccionados con la resolución más alta posible que sea consistente con el grado de fraccionamiento requerido" (Montgomery 307). En este caso, el grado de fraccionamiento requerido es uno que no confunda los efectos principales con efectos de orden inferior (en este caso, de segundo orden), pues éstos por lo general dominan principalmente un sistema o proceso (Montgomery 303), por lo que estos efectos no deben estar confundidos. Además, la resolución más alta se la consigue "apuntando al diseño básico que consta de las corridas de un diseño factorial 2^{k-1} completo, y agregándole después el factor k-ésimo identificando sus niveles positivo y negativo con los signos positivo y negativo de la interacción ABC…(K-1) del orden más alto" (Montgomery 307). Por tanto, el diseño que interesa generar es un diseño factorial fraccionado 2^{4-1}.

Se generó este diseño en el software estadístico Minitab, de donde se obtuvo el siguiente resultado:

Results for: AnálisisConjunto

Fractional Factorial Design

```
Factors:  4   Base Design:         4; 8   Resolution:   IV
Runs:     8   Replicates:              1   Fraction:    1/2
Blocks:   1   Center pts (total):      0

Design Generators: D = ABC

Alias Structure
```

```
I + ABCD

A + BCD
B + ACD
C + ABD
D + ABC
AB + CD
AC + BD
AD + BC
```

DesignTable (randomized)

Run	A	B	C	D
1	+	-	-	-
2	-	-	+	-
3	-	-	-	+
4	+	-	+	+
5	-	+	-	-
6	-	+	+	+
7	+	+	-	+
8	+	+	+	-

De aquí se puede observar que éste es un diseño de resolución IV, pues “ninguno de los efectos principales es alias de ningún otro efecto principal ni de las interacciones de dos factores, pero las interacciones de dos factores son alias entre sí” (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 307). Además, este diseño tiene el generador $I = ABCD$, y por lo tanto es un diseño 2_{IV}^{4-1}, donde el IV indica que es de resolución 4 (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 307).

Además, el factor A corresponde al Aroma, el factor B al Color, el factor C al empaque y el factor D al tamaño; y los niveles + indican el segundo nivel de cada atributo, mientras que los niveles – indican el primer nivel de cada atributo, mostrados en la Tabla 11. Así, el diseño factorial fraccionado ha dado como resultado los siguientes estímulos:

Tabla 12. Estímulos para el Análisis Conjunto[50]

Combinación	Código	Estímulo			
		Aroma	Color	Empaque	Tamaño
1	CBPM	Con Aroma	Sólo Blanco	Papel	Mediano
2	SBTM	Sin Aroma	Sólo Blanco	Transparente	Mediano
3	SBPG	Sin Aroma	Sólo Blanco	Papel	Grande
4	CBTG	Con Aroma	Sólo Blanco	Transparente	Grande
5	SDPM	Sin Aroma	Diferentes Colores	Papel	Mediano
6	SDTG	Sin Aroma	Diferentes Colores	Transparente	Grande
7	CDPG	Con Aroma	Diferentes Colores	Papel	Grande
8	CDTM	Con Aroma	Diferentes Colores	Transparente	Mediano

El código ha sido colocado utilizando la primera letra de cada nivel para cada atributo, y es útil para la tabulación de los datos, ya que los estímulos serán aleatorizados, tal como se expuso anteriormente. El orden de presentación de los estímulos, codificados según la Tabla 12, se encuentra especificado en el Anexo 5. Orden aleatorio de presentación de los estímulos para el análisis conjunto.

Método de representación de los niveles de los atributos

Los atributos serán explicados verbalmente, en caso de ser necesario, a excepción de los niveles del atributo "Tamaño", en cuyo caso se les presentará el tamaño mediano como el tamaño más vendido por ALMON del Ecuador S.A. y el tamaño 2 como el tamaño de la vela más grande producida por la empresa.

Método de medición de los estímulos

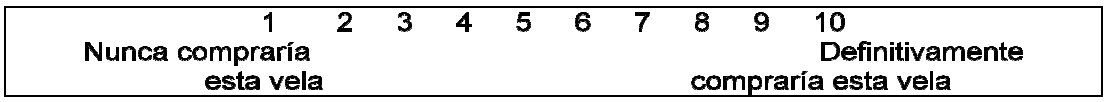
Para que los encuestados evalúen los estímulos, la American Marketing Association (18) indica dos métodos de medición:

Rating: El encuestado califica a cada estímulo en una escala establecida.

Ranking: El encuestado ordena los estímulos de la más preferida a la menos preferida.

[50]**Fuente:** Software estadístico Minitab**; Elaboración:** Propia

Dado el método estadístico empleado para estimar las utilidades de los niveles de cada atributo, el cual se explica más adelante, se determina que los encuestados evalúen los estímulos por rating, en donde la escala a utilizar es la siguiente:



Diseño de todo el cuestionario

En adición a las preguntas del análisis conjunto, se plantearán las siguientes preguntas:

Pregunta 1
¿En qué parroquia vive actualmente? Si pertenece al Valle de los Chillos, continúe con la encuesta; si no pertenece, gracias por participar.
Respuestas posibles (Medidas): Amaguaña, Conocoto, Guangopolo, Alangasí, La Merced, Sangolquí, Conocoto, Cotogchoa, Rumipamba o Pintag
Objetivo: Es una pregunta discriminatoria tanto del mercado objetivo como de los estratos.

Pregunta 2
¿Compra usted velas para su familia? Si su respuesta es sí, continúe con la encuesta; si su respuesta es no, gracias por participar.
Respuestas posibles (Medidas): Sí o No
Objetivo: Es una pregunta discriminatoria.

Pregunta 3
¿Cuántas velas tiene el paquete de velas que más prefiere?
Respuestas posibles (Medidas): Un número entero entre 1 y 20
Objetivo: Conocer de cuántas velas debe estar hecho un paquete.

Pregunta 4
¿Para qué le usa más a la vela?
Respuestas posibles (Medidas): Sólo iluminar ó Religioso / Espiritual ó Romántico ó Relajación
Objetivo: Conocer los usos más comunes de una vela.

Pregunta 5
¿Con qué frecuencia utiliza la vela para este uso?
Respuestas posibles (Medidas): Alrededor de (un número entero mayor o igual a 1) velas por (día / semana / mes / año / apagón)
Objetivo: Determinar una relación entre el uso y la frecuencia de uso.

Un ejemplo del diseño final de la encuesta, tal como se la realizó, se muestra en el Anexo 4. Ejemplo de encuesta para el Análisis Conjunto.

Método de recolección de datos

Dado el método de representación de los niveles de los atributos, las encuestas han sido llevadas a cabo en persona, utilizando una muestra estratificada, en donde los estratos son las parroquias. Así, se tiene la siguiente determinación de la muestra, utilizando el mismo método utilizado para las tiendas, por lo tanto, el tamaño de muestra es:

$$n = \frac{NZ^2 \sum_{h=1}^{6} W_h p_h q_h}{NE^2 + Z^2 \sum_{h=1}^{6} W_h p_h q_h}$$

Ecuación 26. Tamaño de la muestra para el Análisis Conjunto[51]

En donde,

N = Total de unidades que constituyen la población objetivo = 27 843 familias

$N_h =$ Total de unidades que contiene cada estrato poblacional h:

$$N_1 = N_{Amaguaña} = 1\,484$$

$$N_2 = N_{Conocoto} = 3\,590$$

$$N_3 = N_{Guangopolo} = 132$$

$$N_4 = N_{Alangasí} = 1\,130$$

$$N_5 = N_{La\ Merced} = 356$$

$$N_6 = N_{Pintag} = 871$$

$$N_7 = N_{Sangolquí} = 17\,692$$

$$N_8 = N_{Cotogchoa} = 960$$

$$N_9 = N_{Rumipamba} = 1\,628$$

$W_h =$ Proporción de elementos en cada estrado:

[51] **Fuente:** Martínez, página 821; **Elaboración:** Propia

$$W_1 = W_{Amaguaña} = \frac{N_{Amaguaña}}{N} = \frac{1\,484}{27\,843} = 0{,}0532$$

$$W_2 = W_{Conocoto} = \frac{N_{Conocoto}}{N} = \frac{3\,590}{27\,843} = 0{,}1289$$

$$W_3 = W_{Guangopolo} = \frac{N_{Guangopolo}}{N} = \frac{132}{27\,843} = 0{,}0048$$

$$W_4 = W_{Alangasí} = \frac{N_{Alangasí}}{N} = \frac{1\,130}{27\,843} = 0{,}0406$$

$$W_5 = W_{La\ Merced} = \frac{N_{La\ Merced}}{N} = \frac{356}{27\,843} = 0{,}0128$$

$$W_6 = W_{Pintag} = \frac{N_{Pintag}}{N} = \frac{871}{27\,843} = 0{,}0312$$

$$W_7 = W_{Sangolquí} = \frac{N_{Sangolquí}}{N} = \frac{17\,692}{27\,843} = 0{,}6354$$

$$W_8 = W_{Cotogchoa} = \frac{N_{Cotogchoa}}{N} = \frac{960}{27\,843} = 0{,}0344$$

$$W_9 = W_{Rumipamba} = \frac{N_{Rumipamba}}{N} = \frac{1\,628}{27\,843} = 0{,}0584$$

$E =$ Error de muestreo = Diferencia entre el valor poblacional y su estimación. Es colocado por el investigador, y en la mayoría de los casos es un porcentaje no mayor al 10% (Martínez 737 - 738), por lo que se tomó un valor de $E = 6\%$.

$Z =$ Representa el nivel de confianza, el cual es fijado por el investigador (Martínez 738). Además, Martínez establece que "cuando se trabaja con un nivel del 5%, el resultado es *significativo;* si se emplea el 1%, el resultado es *altamente significativo*, y si es del 10%, se considera *poco significativo*" (Martínez 370). Por lo tanto, el valor del nivel de confianza escogido es del 5% (resultado significativo), que corresponde al valor $Z = 1{,}96$.

$p_h =$ Proporción de familias que compra velas en la parroquia h. Para estimar esta proporción, se tomó de referencia una muestra piloto de 69 encuestas. Se consideró este

número, pues según Montgomery y Runger (238), hacen falta al menos 30 elementos de un universo para que se pueda hacer una aproximación normal, independientemente de la forma de la población. Por lo tanto, el número de encuestas piloto realizadas en cada parroquia son:

$$n_{piloto1} = n_{piloto\ Amaguaña} = (0{,}0532)60 = 3{,}19 \approx 4$$

$$n_{piloto2} = n_{piloto\ Conocoto} = (0{,}1289)60 = 7{,}73 \approx 8$$

$$n_{piloto\ 3} = n_{piloto\ Guangopolo} = (0{,}0048)60 = 0{,}2844 \approx 3$$

$$n_{piloto\ 4} = n_{piloto\ Alangasí} = (0{,}0406)60 = 2{,}43 \approx 3$$

$$n_{piloto5} = n_{piloto\ La\ Merced} = (0{,}0128)60 = 0{,}7671 \approx 3$$

$$n_{piloto6} = n_{piloto\ Pintag} = (0{,}0312)60 = 1{,}87 \approx 3$$

$$n_{piloto7} = n_{piloto\ Sangolquí} = (0{,}6354)60 = 38{,}12 \approx 39$$

$$n_{piloto8} = n_{piloto\ Cotogchoa} = (0{,}0344)60 = 2{,}07 \approx 3$$

$$n_{piloto9} = n_{piloto\ Rumipamba} = (0{,}0584)60 = 3{,}51 \approx 4$$

Total de encuestas piloto = 69

Nota: Se tomaron 3 encuestas piloto para Guangopolo, La Merced, Pintag y Cotogchoa para notar variabilidad.

Al tiempo que se desarrollaban las encuestas piloto, se evaluó el cuestionario, en donde no se encontraron inconvenientes en el entendimiento de las preguntas. Además, después de haber realizado las 69 encuestas piloto, se logró determinar las siguientes probabilidades de que una familia compre velas:

$$p_1 = p_{Amaguaña} = \frac{4}{4} = 1$$

$$p_2 = p_{Conocoto} = \frac{7}{8} = 0{,}875$$

$$p_3 = p_{Guangopolo} = \frac{3}{3} = 1$$

$$p_4 = p_{Alangasí} = \frac{2}{3} = 0{,}6667$$

$$p_5 = p_{La\ Merced} = \frac{2}{3} = 0{,}6667$$

$$p_6 = p_{Pintag} = \frac{3}{3} = 1$$

$$p_7 = p_{Sangolquí} = \frac{30}{39} = 0{,}7692$$

$$p_8 = p_{Cotogchoa} = \frac{3}{3} = 1$$

$$p_9 = p_{Rumipamba} = \frac{4}{4} = 1$$

Con lo cual se llega a determinar, mediante el uso de la Ecuación 25, que el tamaño de muestra que se debe tomar es de 145 encuestas, con el siguiente número de encuestas en cada parroquia:

$$n_1 = n_{Amaguaña} = (0{,}0532)145 = 7{,}85 \approx 8$$

$$n_2 = n_{Conocoto} = (0{,}1289)145 = 18{,}99 \approx 19$$

$$n_3 = n_{Guangopolo} = (0{,}0048)145 = 0{,}69 \approx 3$$

$$n_4 = n_{Alangasí} = (0{,}0406)145 = 5{,}97 \approx 6$$

$$n_5 = n_{La\ Merced} = (0{,}0128)145 = 1{,}88 \approx 3$$

$$n_6 = n_{Pintag} = (0{,}0312)145 = 4{,}6 \approx 5$$

$$n_7 = n_{Sangolquí} = (0{,}6354)145 = 93{,}58 \approx 94$$

$$n_8 = n_{Cotogchoa} = (0{,}0344)145 = 6{,}08 \approx 6$$

$$n_9 = n_{Rumipamba} = (0{,}0584)145 = 8{,}61 \approx 9$$

Total de encuestas = 153

Cabe indicar que para Guangopolo y La Merced se aproximaron a 3 encuestas para notar la variabilidad en los resultados. Además, se tomaron 8 encuestas adicionales en un inicio para evaluar el cuestionario, en donde no se encontró ningún inconveniente si éste era explicado detenidamente.

El siguiente paso es tabular las encuestas para poder obtener los resultados. El análisis estadístico de estas encuestas se encuentra detallado en el punto 4.3.6. Análisis estadístico del análisis conjunto de la fase analizar.

4.3. Fase Analizar

4.3.1. Análisis de la encuesta aplicada a las tiendas

Los resultados obtenidos por las encuestas se describen a continuación tomando en cuenta cada pregunta de la encuesta realizada en cada punto de venta de las parroquias.

4.3.1.1. Análisis de la Pregunta 1

Se realiza un diagrama de Pareto con todos los datos tomados en la muestra para reconocer las parroquias más representativas para el producto:

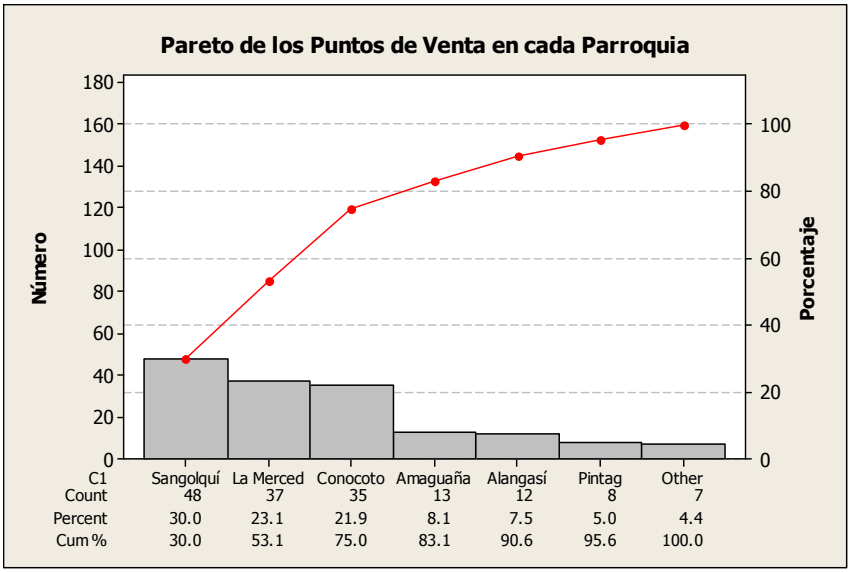


Gráfico 8. Pareto del número de tiendas que vende velas en cada parroquia[52]

Como se puede observar las parroquias de: Sangolquí, La Merced y Conocoto, representan el 75% de las tiendas que venden velas, y por lo tanto, representan los lugares en donde se concentra la venta de velas actualmente.

4.3.1.2. Análisis de la Pregunta 2

Dada la segunda pregunta, se realiza un diagrama de Pareto para conocer la proporción de tiendas que comercializan velas:

[52]**Fuente:** Encuestas a las tiendas; **Elaboración:** Software estadístico Minitab

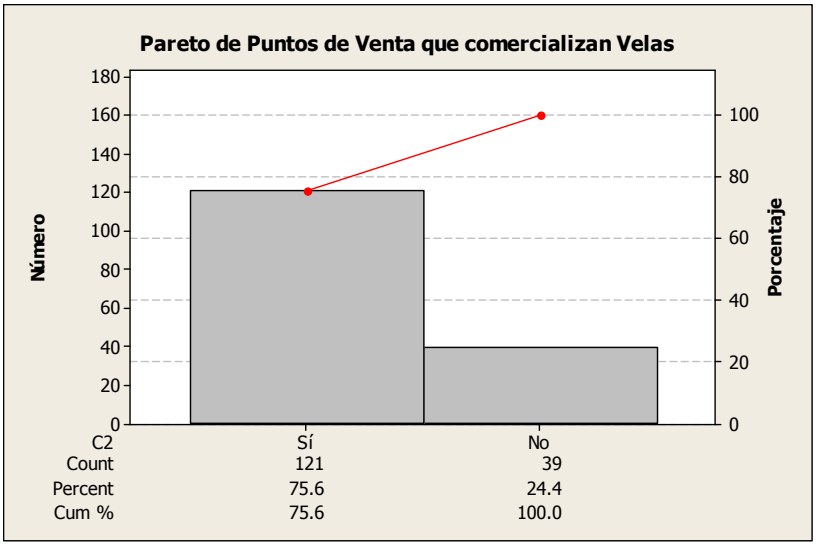


Gráfico 9. Pareto de las velas que Sí venden velas vs. Las que No[53]

Dado que el 75,6% de las tiendas sí vende velas, se puede decir que éstas se encuentran bien posicionadas en el Valle de los Chillos con un porcentaje representativo, pues se acerca al 80% de tiendas que sí vende versus un 20% que no, como lo propone el Pareto.

4.3.1.3. Análisis de la Pregunta 3

Para analizar la pregunta 3, se realiza un Pareto y un Histograma que muestre el número de velas que contiene el paquete más vendido por dichas tiendas:

[53]**Fuente:** Encuestas a las tiendas; **Elaboración:** Propia, en el software Minitab

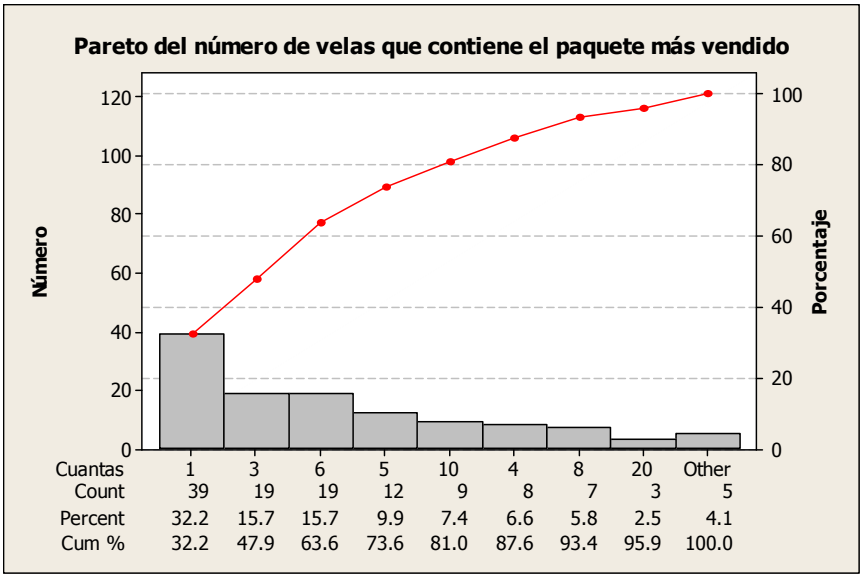


Gráfico 10. Pareto del número de velas que contiene el paquete más vendido[54]

Del Pareto se puede concluir que la mayor cantidad de ventas se da en unidades, seguido de los paquetes de 3, 6 y 5 unidades, las cuales en conjunto suman el 73,6% de las ventas.

Dada la distribución de ventas encontrada en el Pareto, es necesario hacer un histograma del número de velas en el paquete más vendido.

[54]**Fuente:** Encuestas a las tiendas; **Elaboración:** Propia, en el software Minitab

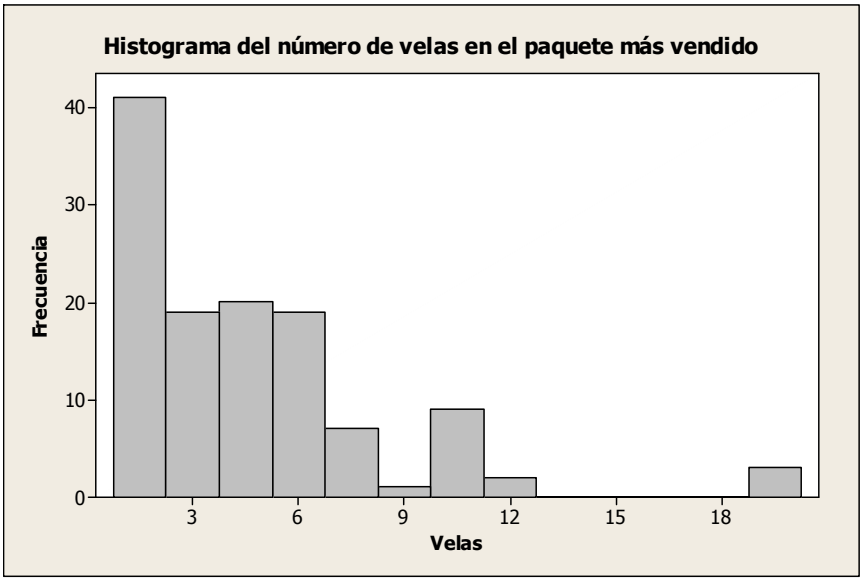


Gráfico 11. Histograma del número de velas en el paquete más vendido[55]

Al observar el histograma, se observa que existe un sesgo hacia la derecha; entonces, para poder ver la medida de tendencia central de esta distribución es necesario observar las 3 medidas de tendencia central:

Media = 4,504

Mediana = 4

Moda = 1

Al observar las 3 medidas de tendencia central y el gráfico del histograma se puede ver que las ventas se van reduciendo a medida que el número de velas incrementa en el paquete. Además, en este caso, se toma como principal medida de tendencia central a la moda y por lo tanto se concluye que en los puntos de venta, la mayor cantidad de ventas se da en unidades. Este resultado concuerda con lo obtenido en el diagrama de Pareto.

[55] **Fuente:** Encuestas a las tiendas; **Elaboración:** Propia, en software estadístico Minitab

4.3.1.4. Análisis de la Pregunta 4

La pregunta 4 es útil para estimar el volumen de ventas que poseen dichos puntos de ventas con sus respectivos paquetes más comprados, de donde se observa la siguiente distribución de ventas mensuales:

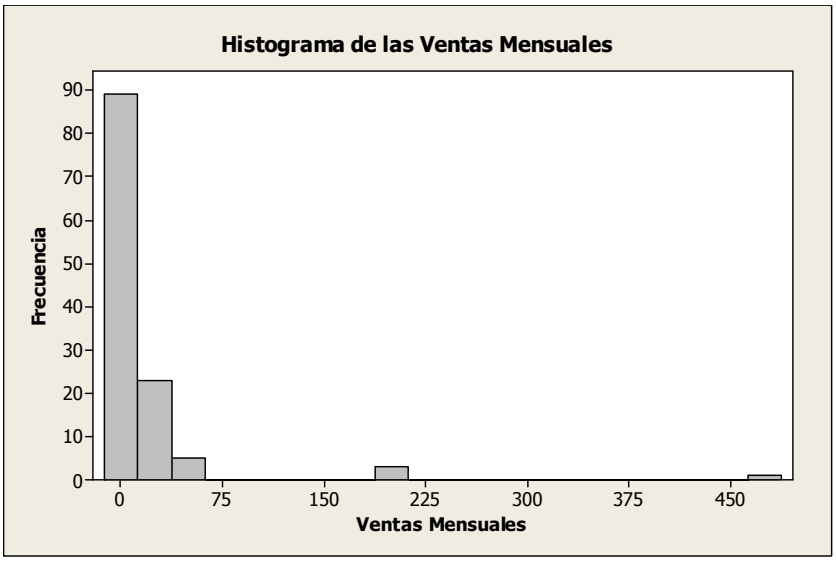


Gráfico 12. Histograma de las ventas mensuales en cada Tienda[56]

En este caso se observa un sesgo bastante pronunciado hacia la derecha, por lo cual es necesario conocer las 3 medidas de tendencia central:

Media = 18,9

Mediana = 8

Moda = 4

Al observar las 3 medidas de tendencia central y el gráfico del histograma se decide que una medida razonable para estimar la tendencia central es la moda, por lo que se concluye que la mayoría de las tiendas vende alrededor de 4 paquetes de velas al mes.

[56] **Fuente:** Encuesta a las Tiendas; **Elaboración:** Propia, en el software estadístico Minitab

4.3.1.5. Análisis de las preguntas Pregunta 5 y pregunta 7.

Se analizan ambas preguntas en esta parte, pues las dos están relacionadas con las marcas existentes en el mercado.

En base a la pregunta 5 se analiza cuál es la marca más vendida en todas las tiendas:

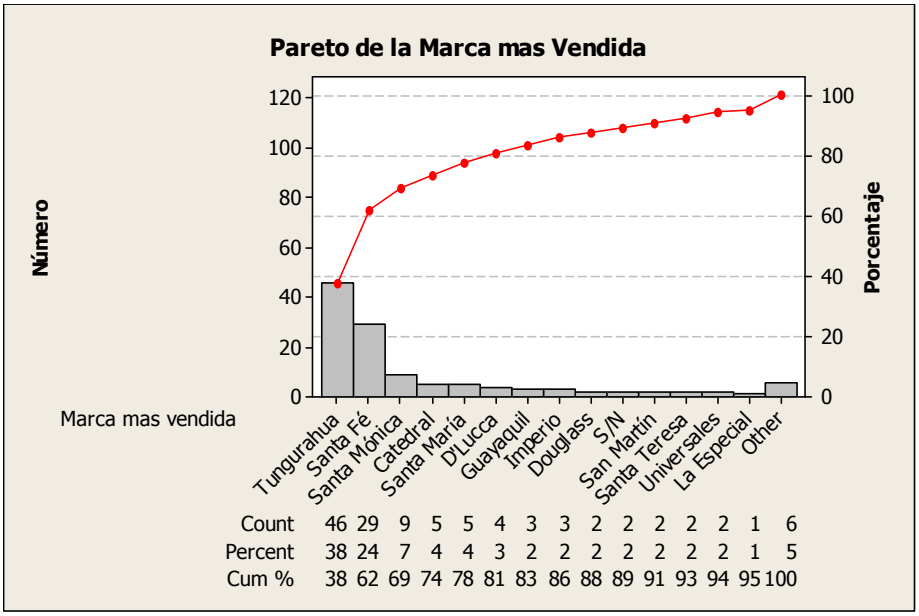


Gráfico 13. Pareto de la marca más vendida en cada Tienda[57]

De esta manera se determina que las marcas más vendidas son Tungurahua, con 38% de las ventas, y Santa Fe, con el 24%, que en conjunto ocupan el 62% de las ventas del mercado. Seguido de ellas, se encuentra Velas Santa Mónica, la cual ocupa el 7% de las ventas, lo cual es un porcentaje bajo del mercado, a pesar de encontrarse en el tercer lugar.

Además, de esta pregunta y de la pregunta 7 también se puede identificar al resto de marcas en el mercado, con su respectiva participación en ventas del mercado; esta información se ve resumida en la siguiente tabla:

[57] **Fuente:** Encuestas a las tiendas; **Elaboración:** Propia, en el software estadístico Minitab

Tabla 13. Marcas Existentes en el mercado y su participación en ventas[58]

Marca	Paquetes vendidos / mes	Porcentaje en ventas
Tungurahua	43	34,40%
Santa Fe	32	25,60%
Santa Mónica	9	7,20%
Santa María	6	4,80%
Catedral	5	4,00%
D'Lucca	4	3,20%
Douglass	3	2,40%
Guayaquil	3	2,40%
Imperio	3	2,40%
Universales	3	2,40%
Paez	2	1,60%
S/N (Sin Nombre)	2	1,60%
San Martín	2	1,60%
Santa Teresa	2	1,60%
Sol	2	1,60%
La Especial	1	0,80%
Luz de América	1	0,80%
Sucre	1	0,80%
Supermaxi	1	0,80%

4.3.1.6. Análisis de la Pregunta 6

Por la pregunta 6, se establece el precio unitario de la vela más vendida. Para ello, es necesario primero observar la distribución de esta variable, como se lo ve en el siguiente histograma

[58] **Fuente:** Encuestas a las tiendas; **Elaboración:** Propia

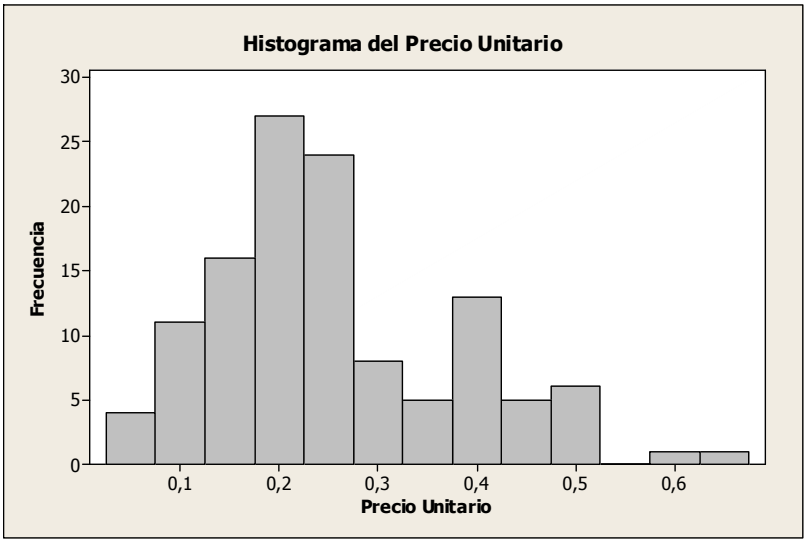


Gráfico 14. Histograma del Precio Unitario[59]

De aquí se puede observar que el precio de una vela tiene la forma aproximada de una normal, para conocer si en realidad siguen esta distribución, se hace la prueba de Anderson – Darling en Minitab:

H_0: Los datos siguen una distribución normal

H_1: Los datos no siguen una distribución normal

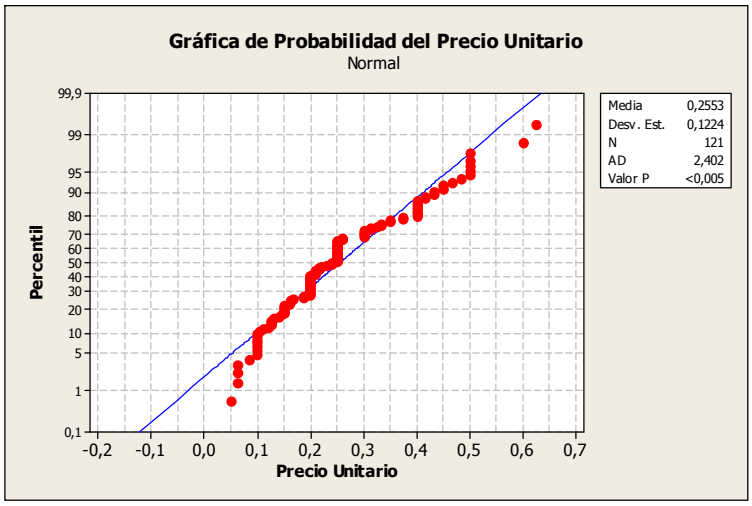


Gráfico 15. Gráfico de Probabilidad normal del Precio Unitario[60]

[59] **Fuente:** Encuestas a las tiendas; **Elaboración:** Propia, en el software estadístico Minitab
[60] **Fuente:** Encuestas a las tiendas; **Elaboración:** Propia, en el software estadístico Minitab

Utilizando un nivel de significancia del 1% (resultado altamente significante según Martinez 370), se puede concluir que el precio unitario de las velas no sigue una distribución normal de media $ 0,2553 y desviación estándar 0,1224.

Sin embargo, al observar el histograma del gráfico 14, se concluye que la media de la distribución es adecuada para estimar la tendencia central del precio unitario de una vela; por lo tanto, se concluye que la tendencia central del precio de una vela es de $0,2553.

4.3.2. Número de familias que usan velas

Para conocer esta información, es necesario hacer los siguientes cálculos, basándose en las encuestas piloto detalladas en el método de recolección de datos de la sección 4.2.2.1. Análisis Conjunto tradicional de perfil completo:

1. Número de familias que usa velas en cada parroquia = Multiplicación de la probabilidad de que una familia compre velas en una parroquia por el número de familias en cada parroquia.
2. Total de familias que usa velas en el valle de los chillos = Suma de todas las familias que usan velas en cada parroquia

Así, se tienen los siguientes resultados:

Tabla 14. Número de familias que utiliza velas en el Valle de los Chillos[61]

Parroquia	Número de familias	Probabilidad de que usen velas	Número de familias que usa velas
Amaguaña	1 484	100,00%	1 484
Conocoto	3 590	87,50%	3 141
Guangopolo	132	100,00%	132
Alangasí	1 130	66,67%	753
La Merced	356	66,67%	237
Pintag	871	100,00%	871
Sangolquí	17 692	76,92%	13 609
Cotogchoa	960	100,00%	960
Rumipamba	1 628	100,00%	1 628
Total de familias que usa velas en el Valle de los Chillos			22 816

4.3.3. Determinación del número de velas que debe incluirse en un paquete

Para conocer esta información, es necesario basarse en la pregunta 3 de la encuesta diseñada en la sección del diseño de todo el cuestionario del punto 4.2.2.1. Análisis Conjunto tradicional de perfil completo. Como resultado de esta pregunta, se tiene el siguiente histograma:

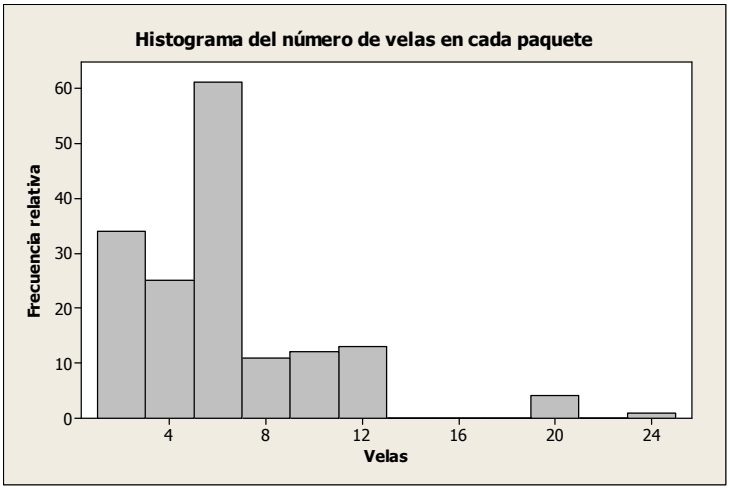


Gráfico 16. Histograma del número de velas preferido en cada paquete[62]

[61] **Fuente:** Encuestas para el Análisis Conjunto; **Elaboración:** Propia
[62] **Fuente:** Encuesta diseñada para el análisis conjunto; **Elaboración:** Propia, con el software estadístico Minitab

En este diagrama, se puede observar que existe un sesgo ya que, como se definió en el punto 3.4.3.1. Distribuciones de frecuencia e histogramas, existe una cola en el lado derecho. Para determinar si es un sesgo a la derecha o izquierda, se obtuvieron los siguientes estadísticos del software estadístico Minitab, basándose en la información detallada en la sección 3.4.3.1. Distribuciones de frecuencia e histogramas:

Media = 5,901

Mediana = 6

Moda = 6

En este caso, la mediana y la moda son iguales y la media se aproxima a estos valores. Por lo tanto, al observar el histograma y los estadísticos, se puede concluir que la preferencia sobre el número de velas en un paquete es simétrica.

Por lo tanto, como resultado de este análisis, se concluye que en un paquete de velas debería haber 6 de velas, pues tanto la moda como la mediana indican este valor, y la media se aproxima a este valor.

4.3.4. Determinación de una relación entre el uso y la frecuencia de uso

Para determinar si existe alguna relación entre el uso y la frecuencia de uso es necesario analizar a detalle la pregunta 5 de la encuesta diseñada en la sección del diseño de todo el cuestionario del punto 4.2.2.1. Análisis Conjunto tradicional de perfil completo.

Dentro de las opciones disponibles para la frecuencia de uso, se encontraban las unidades día, semana, mes, año o apagón. Por lo tanto, para facilitar el análisis, se tomará

como unidad el año, asumiendo que un año tiene 365 días, 52 semanas, 12 meses y que se da un corte de luz al año.

4.3.4.1. Relación entre el uso sólo para iluminar y su frecuencia de uso

La distribución del número de velas anuales que utiliza la gente que le da a la vela un uso puramente iluminativo es la siguiente:

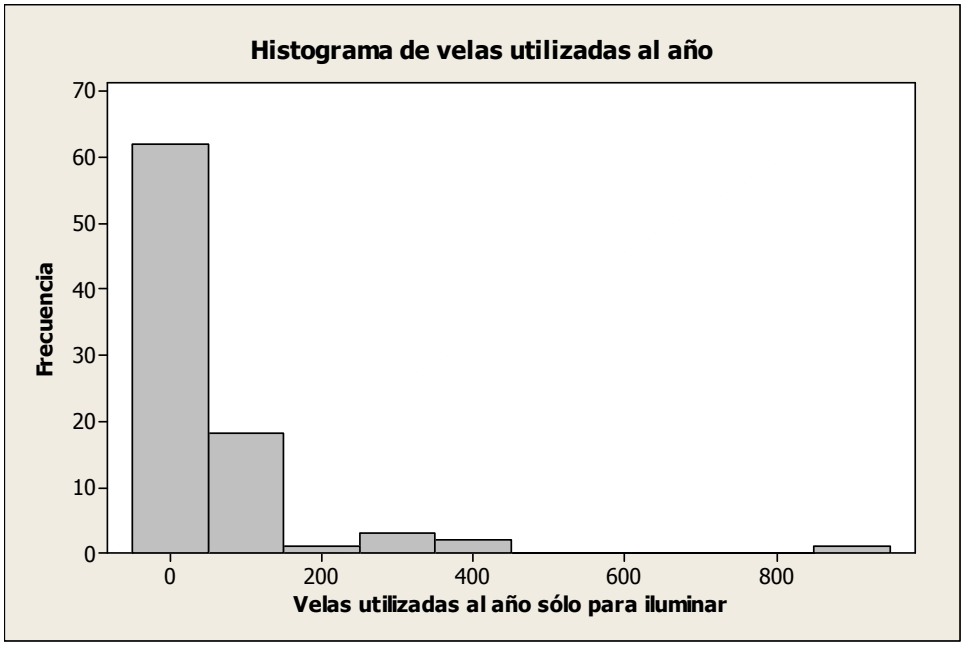


Gráfico 17. Histograma del número de velas utilizadas al año sólo para iluminar[63]

Gráficamente se puede observar que existe un sesgo. Para determinarlo estadísticamente, se determinan las 3 medidas de tendencia central para esta distribución:

Media = 55,1 velas al año

Mediana = 12 velas al año

Moda = 12 velas al año

[63] **Fuente:** Encuesta diseñada para el análisis conjunto; **Elaboración**: Propia, con el software estadístico Minitab

En este caso la media es mayor que la moda y la mediana, entonces se concluye que existe un sesgo hacia la derecha; por lo tanto, la relación entre el uso sólo para iluminar y el número de velas utilizadas al año es que la gente tiende a comprar 12 velas al año para este uso.

Además, en las encuestas se encontró que el 54,03% de la población utiliza las velas para este uso, y por lo tanto, a partir de la Tabla 14. Número de familias que utiliza velas en el Valle de los Chillos, es posible determinar que para esta sección del mercado, se venden alrededor de 147 931 velas anuales = 0,5403 × 22 816 familias × 12 velas anuales.

4.3.4.2. Relación entre el uso Religioso / Espiritual y su frecuencia de uso

La distribución del número de velas anuales que utiliza la gente que le da a la vela un uso religioso / espiritual es la siguiente:

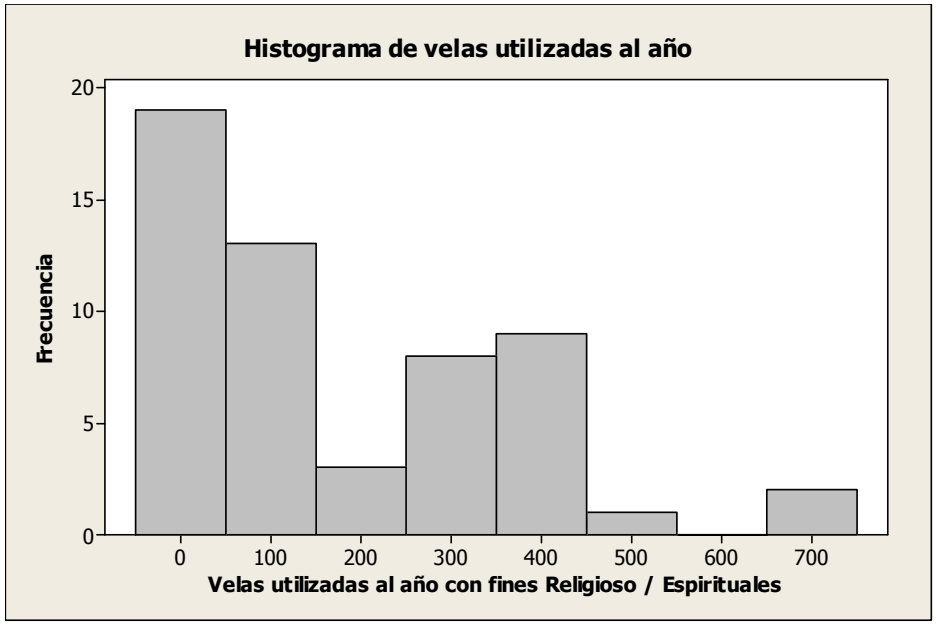


Gráfico 18. Histograma del número de velas utilizadas al año sólo para iluminar[64]

[64] **Fuente:** Encuesta diseñada para el análisis conjunto; **Elaboración**: Propia, con el software estadístico Minitab

Gráficamente se puede observar que existe un sesgo. Para determinarlo estadísticamente, se determinan las 3 medidas de tendencia central para esta distribución:

Media = 172,6 velas al año

Mediana = 72 velas

Moda = 365 velas

En este caso la moda es mayor a la mediana, pero la mediana es menor a la media, y entonces se concluye que existe un sesgo hacia la derecha; por lo tanto, al observar el histograma se decide tomar como principal medida de tendencia central a la mediana, pues esta toma en cuenta el sesgo. Entonces, para fines religiosos / espirituales, la gente tiende a comprar alrededor de 72 velas anuales.

Además, en las encuestas se encontró que el 34,16% de la población utiliza las velas para este uso, y por lo tanto, a partir de la Tabla 14. Número de familias que utiliza velas en el Valle de los Chillos, es posible determinar que para esta sección del mercado, se venden alrededor de 2 844 809 velas anuales = 0,3416 × 22 816 familias × 72 velas anuales.

4.3.4.3. Relación entre el uso Romántico y su frecuencia de uso

Para este uso, sólo cuentan con 3 observaciones y por lo tanto representa tan solo el 1,86% de todo el mercado. De todas formas, las 3 observaciones son las siguientes:

1. 36 velas anuales
2. 12 velas anuales
3. 12 velas anuales

Dada la escasa información con que se cuenta para este uso, no es posible establecer una relación entre este uso y su frecuencia de uso; sin embargo, será tomado en cuenta en los análisis posteriores.

4.3.4.4. Relación entre el uso de relajación y su frecuencia de uso

La distribución del número de velas anuales que utiliza la gente que le da a la vela un uso de relajación es la siguiente:

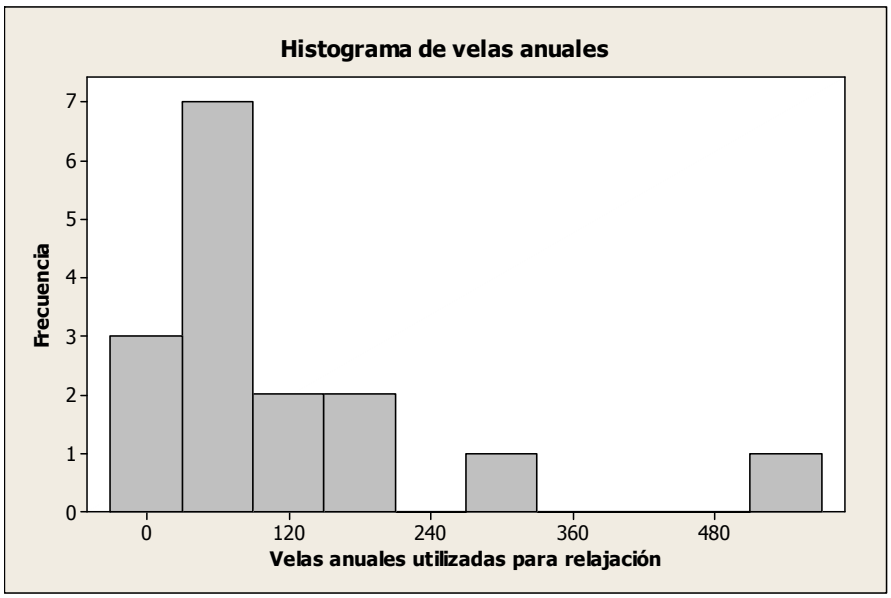


Gráfico 19. Histograma del número de velas utilizadas al año sólo para iluminar[65]

Gráficamente se puede observar que existe un sesgo. Para determinarlo estadísticamente, se determinan las 3 medidas de tendencia central para esta distribución:

Media = 115,3 velas al año

Mediana = 52 velas

Moda = 52 velas

[65] **Fuente:** Encuesta diseñada para el análisis conjunto; **Elaboración**: Propia, con el software estadístico Minitab

En este caso la moda coincide con la mediana, ambos valores son menores a la media, y entonces se concluye que existe un sesgo hacia la derecha; por lo tanto, al observar el histograma las medidas de tendencia central se decide tomar como principal medida de tendencia central a la mediana, pues esta toma en cuenta el sesgo. Entonces, para fines religiosos / espirituales, la gente tiende a comprar alrededor de 52 velas anuales.

Además, en las encuestas se encontró que el 9,94% de la población utiliza las velas para este uso, y por lo tanto, a partir de la Tabla 14. Número de familias que utiliza velas en el Valle de los Chillos, es posible determinar que para esta sección del mercado, se venden alrededor de 111 526 velas anuales = 0,094 × 22 816 familias × 52 velas anuales.

4.3.5. Determinación del tamaño total del mercado

En base a la información proporcionada en la sección 4.3.4. Determinación de una relación entre el uso y la frecuencia de uso, es posible determinar que el tamaño del mercado actual de velas en el valle de los Chillos consiste de alrededor de 3 104 265 velas anuales, resultado que se obtiene al sumar el tamaño de cada sección del mercado tomando en cuenta el uso dado por la población objetivo.

4.3.6. Análisis estadístico del análisis conjunto

El análisis estadístico fue realizado utilizando el software estadístico PASW Statistics 18, el cual utiliza el siguiente algoritmo para estimar las utilidades del presente estudio:

Notación

n Número total de cartas (perfiles) en el diseño factorial.
p Número total de factores.
m_i Número de niveles del i-ésimo factor.
a_{ij} El j-ésimo nivel para el i-ésimo factor discreto i = 1,…,d.
x_i El i-ésimo factor lineal, i = 1,...,l.
r_i La respuesta para la i-ésima carta (perfil), i=i,...,n.

t El número total de encuestados que se analizan al mismo tiempo

Modelo general

El modelo para la respuesta rj para la i-ésima carta de un encuestado es:

$$r_j = \beta_0 + \sum_{j=1}^{p} u_{jk_{ji}}$$

Ecuación 27. Modelo general de análisis conjunto[66]

Donde $u_{jk_{ji}}$ es la utilidad (part worth) asociada con el k_{ji}-ésimo nivel para el j-ésimo factor en la i-ésima carta.

Matriz de diseño

La matriz de diseño X se genera a partir de los valores del diseño factorial, en la cual se crea una fila para cada carta en el diseño factorial y las columnas se crean de la siguiente manera:

- Una columna de 1s para estimar la constante de regresión β_0^*.
- Para cada valor discreto, que contiene 2 factores, se crean 2 -1 = 1 columna. Cada columna representa la desviación de uno de los niveles de un factor con relación a la media global. Se coloca un 1 en la columna si se observa el nivel de ese factor, a – 1 si el último nivel del factor fue observado, o un 0 de otra manera. Estas columnas se utilizan para estimar el $m_j - 1 = 2 - 1 = 1$ valor para el nivel a_{ij}, i = 1,2,3,4; j = 1,2. Así, esta matriz es la siguiente:

[66] **Fuente:** SPSS Help; **Elaboración:** Propia

Tabla 15. Matriz para estimar el valor para el nivel a_{ij}[67]

Aroma		Color		Empaque		Tamaño	
Sin Aroma	Con Aroma	Sólo Blanco	Diversos Colores	Papel	Transparente	Mediano	Grande
0	1	1	0	1	0	1	0
1	0	1	0	0	1	1	0
1	0	1	0	1	0	0	1
0	1	1	0	0	1	0	1
1	0	0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	0	1	0	1
0	1	0	1	1	0	0	1
0	1	0	1	0	1	1	0

Elaboración: Propia

- Por tanto, esta matriz contiene los valores de las x definidas anteriormente.

Estimación de valores

Para cada encuesta, se hace una regresión lineal utilizando los siguientes parámetros:

Variables independientes: $r_j =$ rating dado por cada encuestado

Variables dependientes: Matriz reducida de la Tabla 15. Matriz para estimar el valor para el nivel a_{ij}. Esta matriz se reduce al eliminar un nivel de cada factor. Para este caso, la matriz reducida es la siguiente:

[67] **Fuente:** Estímulos creados para el Análisis Conjunto; **Elaboración:** Propia

Tabla 16. Matriz reducida Matriz para estimar el valor para el nivel a_{ij}[68]

Aroma	Color	Empaque	Tamaño
Sin Aroma	Sólo Blanco	Papel	Mediano
0	1	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0
0	1	0	0
1	0	1	1
1	0	0	0
0	0	1	0
0	0	0	1

Así, utilizando una regresión lineal por mínimos cuadrados con una factorización QR, cuya base matemática se encuentra expuesta en el punto 3.4.4.1., se encuentra el valor estimado para cada utilidad de la siguiente manera,:

$$\hat{u}_{jk} = \hat{\beta}_j x_k$$

Ecuación 28. Estimación de las utilidades[69]

Además, la importancia de cada factor se obtiene de mediante la siguiente fórmula:

$$IMP_i = 100 \frac{RANGO_i}{\sum_{i=1}^{p=4} RANGO_i}$$

Ecuación 29. Importancia de cada factor[70]

Donde el $RANGO_i$ es la resta de la máxima utilidad menos la mínima utilidad del factor *i*.

Es importante recalcar que estos estimados se obtienen individualmente para cada encuestado, y luego se promedian para obtener resultados globales.

[68] **Fuente:** Tabla 15; **Elaboración:** Propia
[69] **Fuente:** SPSS Help; **Elaboración:** Propia
[70] **Fuente:** SPSS Help; **Elaboración:** Propia

Dada la explicación de cómo se obtienen los valores de las utilidades y de los rangos, se procede a hacer el análisis conjunto general, luego se divide a la población en 2 grupos, analizando la población y el uso y para cada grupo se hace un nuevo análisis conjunto y se comparan las diferencias.

4.3.6.1. Análisis Conjunto global

En este punto se consideran todas las 153 encuestas para conocer las preferencias de toda la población objetivo. Para ello, se ingresó la siguiente sintaxis en el software estadístico PASW 18.0:

```
CONJOINT PLAN='D:\Documents\Alfonso\Universidad\Tesis\plan_velas.sav'
/DATA='D:\Documents\Alfonso\Universidad\Tesis\conjunto.sav'
/SCORE=PREF1 TO PREF8
/SUBJECT=ID
/PRINT=SUMMARYONLY
```

A partir de esto, se logró obtener los siguientes resultados:

Tabla 17. Descripción del modelo del análisis conjunto[71]

Descripción del modelo

	Nº de niveles	Relación con rangos o puntuaciones
Aroma	2	Discreto
Color	2	Discreto
Empaque	2	Discreto
Tamaño	2	Discreto

Todos los factores son ortogonales.

[71] **Fuente:** Análisis Conjunto; **Elaboración:** Software estadístico PASW 18.0 ®

Tabla 18. Utilidades de toda la población objetivo[72]

Utilidades

		Estimación de la utilidad	Error típico
Aroma	Sin Aroma	-,483	,117
	Con Aroma	,483	,117
Color	Sólo Blanco	-,200	,117
	Diferentes Colores	,200	,117
Empaque	Papel	-,160	,117
	Transparente	,160	,117
Tamaño	Tamaño 1 Mediano	-,005	,117
	Tamaño 2 Grande	,005	,117
(Constante)		6,056	,117

Tabla 19. Valores de importancia de toda la población objetivo[73]

Valores de importancia

Aroma	33,382
Color	25,241
Empaque	21,425
Tamaño	19,952

Puntuación promediada de la importancia

Fuente y elaboración: PASW 18.0

Dado que se utilizó el mismo modelo para todos los análisis conjuntos, los resultados de la Tabla 17. Descripción del modelo del análisis conjunto son válidos para el resto de análisis. De esta tabla es importante notar la ortogonalidad entre los factores, la misma que fue creada al utilizar el diseño factorial fraccionado detallado en la sección 4.2.2.1. Análisis Conjunto tradicional de perfil completo.

[72] **Fuente:** Análisis Conjunto; **Elaboración:** Software estadístico PASW 18.0 ®
[73] **Fuente:** Análisis Conjunto; **Elaboración:** Software estadístico PASW 18.0 ®

Al observar la Tabla 18. Utilidades de toda la población objetivo, se determina que la combinación que resulta en una mayor utilidad, utilizando la Ecuación 28, es aquella que combina los niveles con la mayor utilidad para cada nivel, por tanto, en general para toda la población objetivo la mejor combinación es:

Un paquete de velas Con Aroma, con velas de Diferentes Colores, con un empaque Transparente y de tamaño Grande, con una utilidad total de 6,904 (Utilizando la Ecuación 27 6,904 = 0,483 + 0,2 + 0,16 + 0,005 + 6,056), la cual es una combinación que tiende hacia el agrado según la escala utilizada.

Finalmente, al observar Tabla 19. Valores de importancia de toda la población objetivo, se llega a la conclusión de que la importancia de cada factor es, en orden descendente, la siguiente:

1. Aroma (33,38%)
2. Color (25,24%)
3. Empaque (21,43%)
4. Tamaño (19,95%)

Otro resultado obtenido es el coeficiente de determinación R^2 = 41,81%, el cual indica que el 41,81% de la variabilidad de las utilidades está explicada por el modelo lineal de la Ecuación 27, por lo que se puede observar que el modelo no explica muy bien la variabilidad en las utilidades. Esto se debe a que los resultados mostrados anteriormente no hacen diferenciación en la parroquia ni el tipo de uso, por cual puede no ser un resultado confiable. Por lo tanto, se hará un análisis de diferenciación tomando en cuenta estos factores.

4.3.6.2. Análisis de diferenciación

La primera diferenciación es importante tomar en cuenta es el estrato o parroquia. Para ello, primero se hará uso de un Pareto con el objetivo de conocer en dónde se encuentra el tamaño de muestra más representativo, basándose en el tamaño de la población:

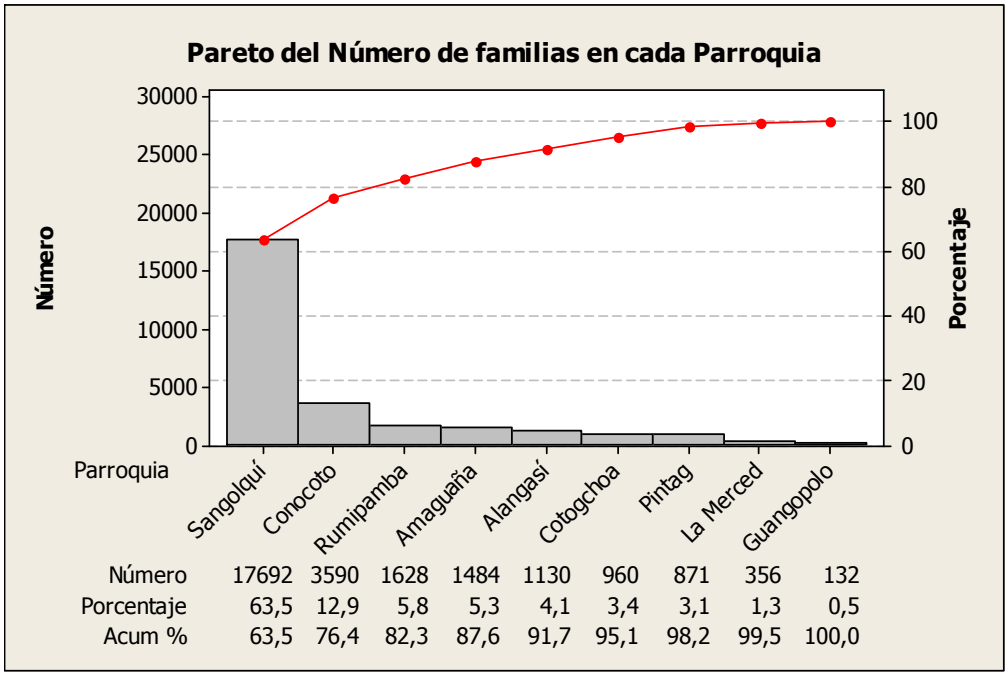


Gráfico 20. Gráfico de Pareto del Número de familias existentes en cada Parroquia[74]

Entonces, se formaron los siguientes grupos, basándose en la información brindada por el Pareto:

[74] **Fuente:** 4.1.3. Investigación del mercado de velas; **Elaboración:** Propia, con el software estadístico Minitab

Tabla 20. Grupos formados para el análisis conjunto[75]

Grupo	Parroquias	Porcentaje de la población en el grupo
Grupo 1	Sangolquí	76,40%
	Conocoto	
Grupo 2	Rumipamba	23,60%
	Amaguaña	
	Alangasí	
	Cotogchoa	
	Pintag	
	La Merced	
	Guangopolo	

Una vez hechos los grupos, es importante notar la distribución de los usos de las velas en cada uno de los grupos, pues en los grupos focales se pudo notar que el uso que se le dé a una vela determina en gran manera sus preferencias:

[75] **Fuente:** Pareto del número de familias existentes en cada parroquia; **Elaboración:** Propia

Distribución de los usos de la vela en el Grupo 1

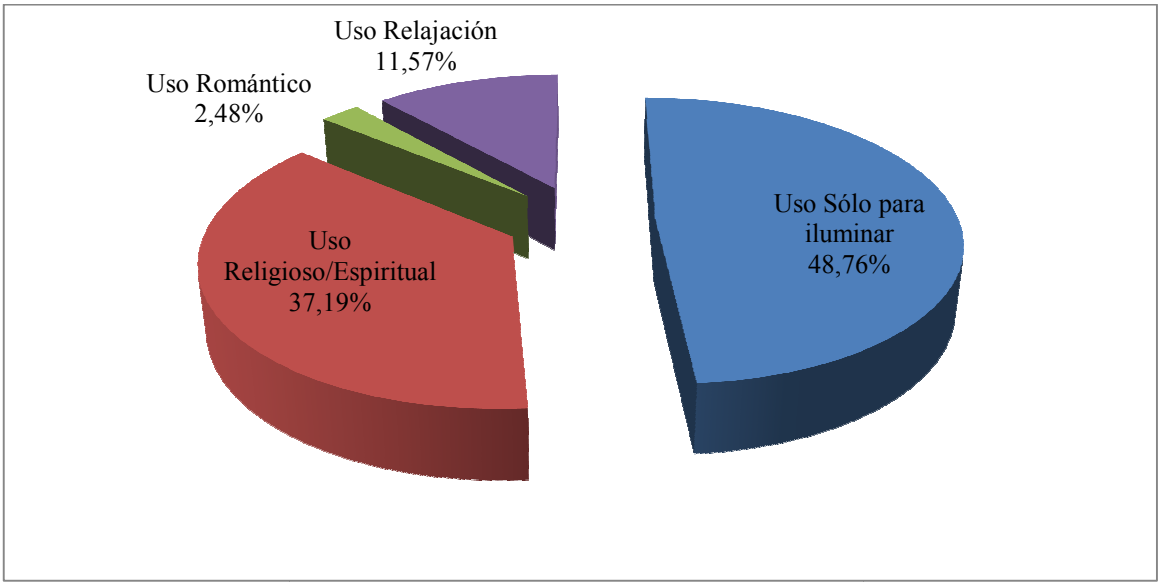


Gráfico 21. Distribución de los usos de las velas en el grupo 1[76]

Distribución de los usos de la vela en el Grupo 2

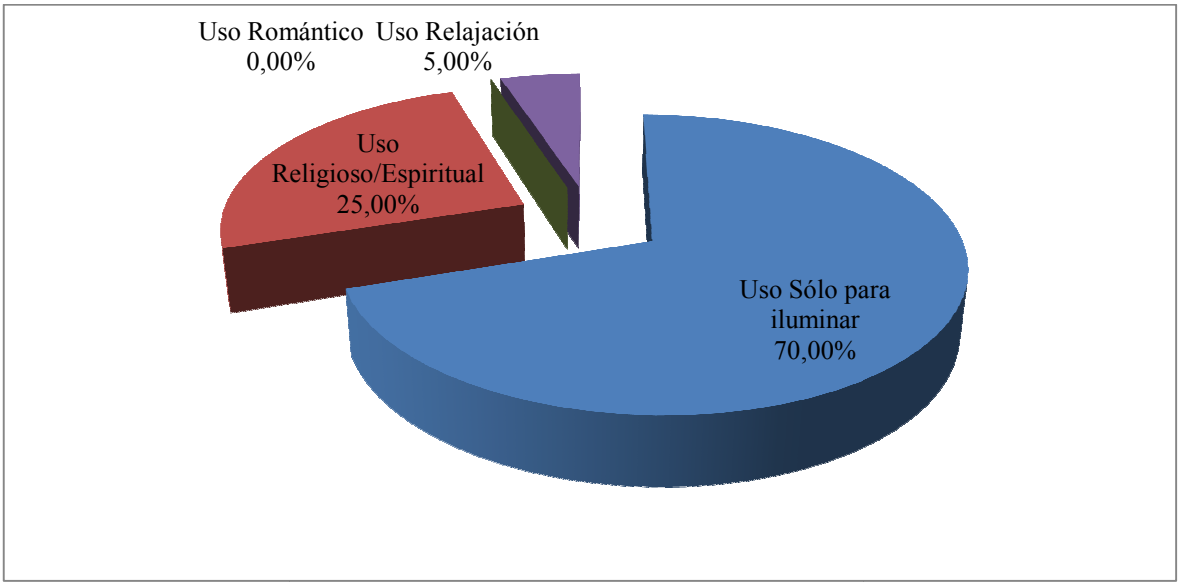


Gráfico 22. Distribución de los usos de las velas en el grupo 2[77]

[76] **Fuente:** Encuesta diseñada para el Análisis Conjunto; **Elaboración:** Propia
[77] **Fuente:** Encuesta diseñada para el Análisis Conjunto; **Elaboración:** Propia

Comparación entre las proporciones de usos de cada grupo

Para poder comparar ambas proporciones es necesario realizar una prueba de hipótesis proporción de cada uso. Para ello, se empleará un análisis estadístico sobre proporciones de dos poblaciones, sabiendo que se cuenta con un tamaño de muestra suficientemente grande para poder hacer las inferencias, ya que se siguió un procedimiento formal para la selección del tamaño de la muestra. La base estadística de esta inferencia se encuentra en el punto 3.4.3.2. Inferencia sobre proporciones de dos poblaciones. Así, a continuación se muestra la inferencia para cada uno de los usos en cada grupo, en donde el subíndice 1 o 2 denota al grupo 1 o 2 respectivamente, a excepción de H_0 que denota la hipótesis nula y H_1 la hipótesis alternativa; además $\alpha = 0{,}05$ es el nivel de significancia (significativo), Z_α es el punto porcentual α superior de la distribución normal estándar, y Z_0 se calcula a partir de la Ecuación 4. Estadístico de prueba para proporciones:

Tabla 21. Pruebas de hipótesis para las proporciones de usos del grupo 1 contra el grupo 2[78]

Uso	H_0	H_1	n_1	X_1	n_2	X_2	α	Z_α	Z_0	Conclusión
Sólo para iluminar	$p_1 = p_2$	$p_1 < p_2$	121	59	40	28	0,05	-1,64	-2,34	Se rechaza la hipótesis nula
Religioso/Espiritual	$p_1 = p_2$	$p_1 > p_2$	121	45	40	10	0,05	1,64	1,41	No existe evidencia estadística para rechazar H_0
Romántico	$p_1 = p_2$	$p_1 > p_2$	121	3	40	0	0,05	1,64	1,01	No existe evidencia estadística para rechazar H_0
Relajación	$p_1 = p_2$	$p_1 > p_2$	121	14	40	2	0,05	1,64	1,20	No existe evidencia estadística para rechazar H_0

Conclusiones de la diferenciación

De las pruebas de hipótesis se puede concluir que las preferencias del grupo 2 se encuentran sesgadas en relación con el grupo 1 debido a que existe una mayor proporción de gente que utiliza las velas sólo para iluminar, y tal como se puede observar en el Gráfico 21 y Gráfico 22, este uso ocupa el mayor porcentaje de uso en cada grupo: 48,76% en el grupo 1 y

[78] **Fuente:** Grupos formados para el Análisis Conjunto; **Elaboración:** Propia

70% en el grupo 2. Por lo demás, se puede observar en la Tabla 21 que las proporciones de los demás usos no son diferentes entre los grupos.

Por lo tanto, se concluye que es necesario realizar una diferenciación entre el grupo 1 y el grupo 2, con la finalidad de conocer las preferencias de cada uno de los grupos, pues se espera que existan diferencias en los resultados de cada grupo, como resultado de que en el grupo 2 existe una mayor proporción de gente que utiliza las velas sólo para la iluminar.

4.3.6.3. Análisis Conjunto del Grupo 1

En este punto se consideran todas las parroquias de Sangolquí y Conocoto para conocer sus preferencias. Para ello, se ingresó la siguiente sintaxis en el software estadístico PASW 18.0:

```
CONJOINT PLAN='D:\Documents\Alfonso\Universidad\Tesis\plan_velas.sav'
/DATA='D:\Documents\Alfonso\Universidad\Tesis\grupo1.sav'
/SCORE=PREF1 TO PREF8
/SUBJECT=ID
/PRINT=SUMMARYONLY
```

A partir de esto, se logró obtener los siguientes resultados

Tabla 22. Utilidades para el grupo 1[79]

Utilidades

		Estimación de la utilidad	Error típico
Aroma	Sin Aroma	-,506	,128
	Con Aroma	,506	,128
Color	Sólo Blanco	-,262	,128
	Diferentes Colores	,262	,128
Empaque	Papel	-,169	,128
	Transparente	,169	,128
Tamaño	Tamaño 1 Mediano	,045	,128
	Tamaño 2 Grande	-,045	,128
(Constante)		5,936	,128

Tabla 23. Importancias para el grupo 1[80]

Valores de importancia

Aroma	33,837
Color	25,511
Empaque	20,369
Tamaño	20,283

Puntuación promediada de la importancia

De la Tabla 22, y mediante el uso de la Ecuación 27. Modelo general de análisis conjunto, se puede concluir que la mejor combinación de niveles de cada factor es un paquete Con Aroma, de Diferentes Colores, de Empaque Transparente y de Tamaño Mediano. Esta combinación da como resultado una utilidad total de 6,918 (6,918 = 5,936 + 0,262 + 0,169 + 0,045), la cual es una preferencia que tiende hacia el agrado de la población del grupo 1.

Además, al observar la Tabla 23, se puede concluir que, para el grupo 1, la importancia de los factores en orden descendente es la siguiente:

[79] **Fuente:** Análisis Conjunto; **Elaboración:** Software estadístico PASW 18.0 ®
[80] **Fuente:** Análisis Conjunto; **Elaboración:** Software estadístico PASW 18.0 ®

1. Aroma (33,837%)
2. Color (25,511%)
3. Empaque (20,369%)
4. Tamaño (20,283%)

Es necesario notar que el aroma es el factor más importante, seguido del color, y que el empaque y el tamaño son los factores menos importantes, pues su importancia varía con tan sólo el 0,086%.

Además, el R^2 para este modelo, haciendo la diferenciación para este grupo, es del 87,8%, lo cual indica que el 87,8% de la variabilidad en las utilidades están explicadas por la relación lineal con los factores de este modelo, utilizando la Ecuación 27. Por lo tanto, estos sí representan resultados confiables del análisis conjunto.

4.3.6.4. Análisis Conjunto del Grupo 2

Como parte del grupo 2 se consideran todas las parroquias de Amaguaña, Guangopolo, Alangasí, La Merced, Pintag, Rumipamba y Cotogchoa. Para ello conocer sus preferencias, se ingresó la siguiente sintaxis en el software estadístico PASW 18.0:

```
CONJOINT PLAN='D:\Documents\Alfonso\Universidad\Tesis\plan_velas.sav'
/DATA='D:\Documents\Alfonso\Universidad\Tesis\grupo2.sav'
/SCORE=PREF1 TO PREF8
/SUBJECT=ID
/PRINT=SUMMARYONLY
```

A partir de esto, se logró obtener los siguientes resultados

Tabla 24. Utilidades para el grupo 2[81]

Utilidades

		Estimación de la utilidad	Error típico
Aroma	Sin Aroma	-,413	,187
	Con Aroma	,413	,187
Color	Sólo Blanco	-,012	,187
	Diferentes Colores	,012	,187
Empaque	Papel	-,131	,187
	Transparente	,131	,187
Tamaño	Tamaño 1 Mediano	-,156	,187
	Tamaño 2 Grande	,156	,187
(Constante)		6,419	,187

Tabla 25. Importancias para el grupo 2[82]

Valores de importancia

Aroma	32,007
Color	24,424
Empaque	24,619
Tamaño	18,950

Puntuación promediada de la importancia

De la Tabla 24, y mediante el uso de la Ecuación 27, se puede concluir que la mejor combinación de niveles de cada factor es un paquete Con Aroma, de Diferentes Colores, de Empaque Transparente y de Tamaño Grande. Esta combinación da como resultado una utilidad total de 7,131 (7,131 = 6,419 + 0,413 + 0,012 + 0,131 + 0,156) que es muy similar a la del grupo 1 (6,918), y que representa preferencia que tiende hacia el agrado de la población del grupo 2.

[81] **Fuente:** Análisis Conjunto; **Elaboración:** Software estadístico PASW 18.0 ®
[82] **Fuente:** Análisis Conjunto; **Elaboración:** Software estadístico PASW 18.0 ®

Además, al observar la Tabla 24 se puede concluir que, para el grupo 2, la importancia de los factores en orden descendente es la siguiente:

1. Aroma (32,007%)
2. Empaque (24,619%)
3. Color (24,424%)
4. Tamaño (18,950%)

Es necesario notar que el aroma es el factor más importante (igual que en el grupo 1), el tamaño es claramente el factor menos importante, y que el empaque y el color son factores con importancias muy similares, con una diferencia de apenas 0,195%.

Además, el coeficiente de determinación para este modelo es del 70%, el cual es mucho mejor que el 41,81% del análisis global. Por ello, se puede decir que este es un modelo confiable para predecir las utilidades del grupo 2, utilizando la Ecuación 28, pues el 70% de la variabilidad en las utilidades están explicadas por la relación lineal con los factores de este modelo.

4.3.6.5. Diferencias en las preferencias entre el grupo 1 y el grupo 2

Tal como se esperaba en el punto 4.3.6.2. Análisis de diferenciación, existe una diferencia entre el grupo 1 y el grupo 2 debida a que el grupo 2 contiene una mayor proporción de gente que utiliza las velas sólo para iluminar. A continuación se muestra una tabla con las diferencias en las preferencias e importancias

Tabla 26. Diferencias en las preferencias e importancias de los atributos en los grupos 1 y 2[83]

Grupo	Grupo 1	Grupo 2
Mejor combinación	Aroma: Con Aroma Color: Diferentes Colores Empaque: Transparente Tamaño: Mediano	Aroma: Con Aroma Color: Diferentes Colores Empaque: Transparente Tamaño: Grande
Importancias	1. Aroma (33,837%) 2. Color (25,511%) 3. Empaque (20,369%) 4. Tamaño (20,283%)	1. Aroma (32,007%) 2. Empaque (24,619%) 3. Color (24,424%) 4. Tamaño (18,950%)

En cuanto a la mejor combinación, para la única diferencia se da en que la gente prefiere el tamaño grande, pero sin embargo, el factor tamaño es el menos importante para ambos grupos. En cuanto al orden de las importancias se observa una leve diferencia entre el orden de las importancias 2 y 3, pero se sigue manteniendo el aroma como el factor más importante con un porcentaje similar en ambos grupos.

4.3.7. Análisis del diseño del paquete de velas

Ya que se ha determinado la mejor combinación y las importancias de cada atributo para el grupo 1 y 2, y sabiendo que el tamaño es lo menos importante para ambos grupos, por lo que se decide utilizar el tamaño más vendido actualmente por la empresa en otros mercado, es necesario conocer qué aromas, qué colores y cuántas de velas de cada color deben haber en

[83] **Fuente:** Resultados del Software estadístico PASW 18.0 ® del Análisis Conjunto; **Elaboración:** Propia

un paquete de 6 unidades. Para ello, se hace uso de un grupo focal adicionales, utilizando el mismo screening que el planteado en la sección 4.1.8.1. Screening.

4.3.7.1. Guía para el grupo focal final

Para conocer lo expresado en el último párrafo, se hará uso de la siguiente guía para los uno grupos focales:

1. Introducción al Producto
2. ¿Qué aromas prefieren? ¿Está el aroma relacionado con algún color o elemento físico? ¿Qué concentración sería la adecuada para el aroma?
3. ¿Les gustaría tener paquetes con velas de un solo color o de varios colores? Si prefieren de varios colores, ¿cuántos colores en un paquete?
4. Expresen sus ideas para empaques de estas velas, tomando en cuenta transparencia y visualización
5. ¿Qué tal les parece la idea de nuevas velas con color y aroma en lugar de las blancas tradicionales?
6. ¿Tienen alguna idea adicional que les gustaría comentar?

4.3.7.2. Conclusiones globales del grupo focal para el diseño

La composición, lugar y conclusiones individuales de este grupo focal se encuentra documentada en el Anexo 6. Grupo focal para definir el diseño final del paquete de velas. En base a ello, se ha logrado llegar a las siguientes conclusiones:

AROMA

- No existe un aroma determinado que más les guste, pues preferirían tener varios aromas para escoger, siempre y cuando esté asociado con algún elemento físico de la naturaleza, como por ejemplo: árboles, bosque y frutales.

- Ellos piensan que el aroma de la vela tiene que estar asociado con su color, basándose en que los aromas deben estar asociados con la naturaleza, entonces, si por ejemplo se coloca una vela anaranjada, la vela debería oler a durazno; si es de color verde, debería oler a pino o ciprés; si es de color rojo, su aroma debería ser a fresa, y así sucesivamente.
- Piensan que el aroma debería mantenerse al momento en que se enciende la vela, y que éste debería esparcirse por el ambiente, pues causa insatisfacción el hecho de que la vela tenga aroma en su empaque, pero al momento de encenderla, ésta no sirve para aromatizar el ambiente.
- El aroma es un factor muy importante, en concordancia con lo obtenido en los grupos focales; sin embargo, es también importante un primer impacto visual, pues éste determinaría el que el cliente se acerque o no al producto para percibir su aroma.

COLOR

- Existió uniformidad en la opinión de que un paquete debería tener varios colores. De los 5 participantes, 3 expresaron que el paquete debería tener 2 colores: 3 velas de un color y 3 de otro color; por el otro lado, 2 expresaron que el paquete debería tener 3 colores: 2 velas de un color, 2 de otro color y otras 2 de un color distinto.
- Los colores de las velas no deberían ser sólidos; esto es, deberían tener un color distinto a los tradicionales, por ejemplo, colores pasteles o eléctricos; y además, deberían tener alguna característica llamativa, como por ejemplo, estar en degradé.
- Sería importante señales el impacto sicológico de los colores, por ejemplo, indicar de alguna manera las ventajas de ocupar una vela de un color para una actividad específica.

- Los colores más mencionados en el grupo focal fueron el rojo, azul y verde, siendo el azul el que más repitió, seguido del rojo y del verde.

EMPAQUE

- El empaque debería ser simple, y debería permitir que se resalten las características de la vela.
- Sería preferible tener un empaque en donde exista una zona completamente transparente que permita visualizar al producto, y otra zona en donde se coloquen sus características tales como marca, aromas, y datos adicionales de la empresa que las fabrica.

CONCLUSIONES GENERALES SOBRE EL PRODUCTO

- En general, les gusta la idea de tener este tipo de velas, pues las velas tradicionales no contienen estas características decorativas que se le agregarían al nuevo producto; sin embargo, se recomendó un diseño novedoso, sobre todo en los colores, como se lo expresó anteriormente.

4.3.8. Benchmarking

El presente estudio será útil para mejorar las características del nuevo producto que aún no han sido analizadas. Para ello, se analizarán las características de las velas Tungurahua y Santa Fe, pues dentro del análisis del punto 4.3.1. Análisis de la encuesta aplicada a las tiendas se concluyó que éstas eran las marcas más vendidas en el mercado del Valle de los Chillos. Entonces, las características que se analizarán en estas velas son (Nota: la definición

de cada una de estas características se encuentran mencionadas en el punto 4.1.9. Definición de las características críticas de la calidad (CTQ's)):

- *Nivel de Blancura*
- *Fallas de la superficie*
- *Duración*
- *Limpieza*
- *Humo Negro*
- *Estabilidad*
- *Iluminación*

Para analizar dichas características, se compraron aleatoriamente 25 velas de cada marca, para poder conocer los estándares y la variación de las características de duración y altura de la llama mediante cartas de control de datos individuales, cuya teoría está expuesta en el punto 3.6.3.2. La carta de control de Shewart para mediciones individuales

4.3.8.1. Benchmarking de velas Tungurahua

Nivel de Blancura

Para tener como referencia, se mide el nivel de blancura de estas velas utilizando las guías PANTONE FORMULA GUIDE (Pantone), con lo cual se determina que el color de todas estas velas son aproximadamente PANTONE Cool Gray 1 C, compuesta de:

PANTONE Black .28

PANTONE Blue 072 .12

PANTONE Trans.Wt. 99.60

Fallas de la superficie

Al observar detenidamente cada una de las 25 velas, se pudieron evidenciar las siguientes fallas:

- La base de las velas no son completamente perpendiculares a su altura, y además, en las bases se pudo observar que en 12 de las 25 existía una porción de mecha que sale por esta superficie, lo cual también afecta a su estabilidad.
- En la base de todas las velas también se observaron porosidades de entre 2mm y 1 cm de diámetro
- Además, en 2 de las 25 velas del paquete se encontró una burbuja de aire de aproximadamente 1,5 cm de largo y 5 mm de ancho en la una vela y de 1cm de largo y 3mm de ancho en la otra.

Duración

La duración de la vela fue determinada mediante el uso de un cronómetro desde el instante en el que se encendió la llama, hasta que se consumió por completo. Para esto, se colocaron las velas en un candelabro en un cuarto aislado, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 27. Duración de la muestra de velas Tungurahua[84]

Observación	Duración de las muestras (min)	Observación	Duración de las muestras (min)
1	328	**14**	336
2	328	**15**	343
3	325	**16**	337
4	261	**17**	354
5	262	**18**	364
6	292	**19**	300
7	274	**20**	334
8	271	**21**	343
9	343	**22**	283
10	280	**23**	301
11	321	**24**	349
12	322	**25**	352
13	310		

Para saber los estándares de velas Tungurahua para la duración de las velas, se hace una carta de control para datos individuales, para lo cual es necesario primero probar la normalidad de los datos mediante la prueba de Anderson – Darling:

H_0: Los datos siguen una distribución normal

H_1: Los datos no siguen una distribución normal

[84] **Fuente:** Benchmarking de velas Tungurahua; **Elaboración:** Propia

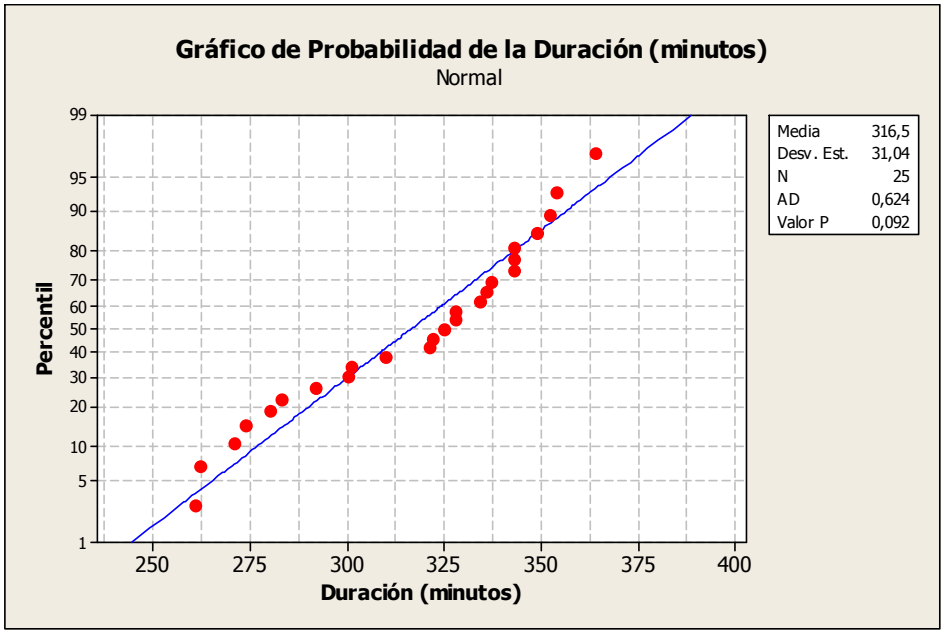


Gráfico 23. Gráfica de probabilidad normal de la duración de Velas Tungurahua[85]

De aquí se puede observar que, una significancia del 5%, no existe suficiente evidencia estadística para decir que la duración de las velas Tungurahua no sigue una distribución normal de media 316,5min y desviación estándar 31,04min, pues el valor P de 0,092 es mayor al valor de significancia.

Entonces, se procede a realizar una carta de control para datos individuales de la duración de velas Tungurahua, con el objetivo de conocer sus estándares:

[85] **Fuente:** Benchmarking de velas Tungurahua; **Elaboración:** Propia, con el software estadístico Minitab

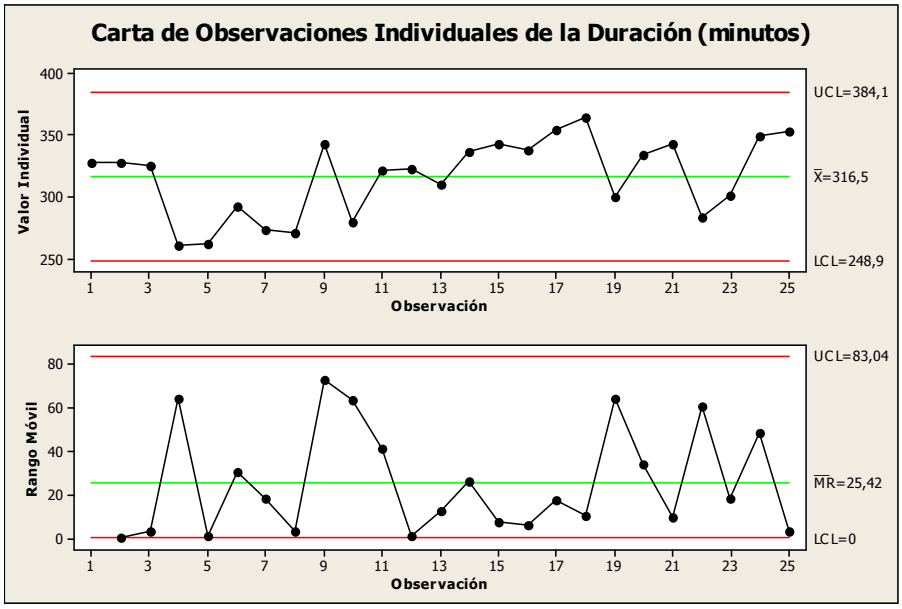


Gráfico 24. Carta de datos individuales de la duración de Velas Tungurahua[86]

Como se puede observar en la gráfica de las observaciones individuales, la duración de las velas Tungurahua está bajo control estadístico, en donde el estándar es no tener duraciones menores a 248,9 minutos, con media 316,5 minutos. La carta del rango móvil no es tomada en cuenta, debido a la teoría expuesta en el punto 3.6.3.2.

Limpieza

Durante todo el proceso mientras estuvo prendida la vela, no se evidenció que la parafina se desborde por la superficie de la vela.

Humo Negro

En ningún instante, durante el proceso de consumo de la vela se pudo percibir la existencia de humo negro, producto de la combustión; sin embargo, al momento en el que se apagaron las velas por completo, se observó la existencia de humo en todas las muestras.

[86] **Fuente:** Benchmarking de velas Tungurahua; **Elaboración:** Propia, con el software estadístico Minitab

Estabilidad

Estas velas pueden mantenerse paradas, siempre y cuando no exista ninguna fuerza externa actuando sobre ellas, de lo contrario, la vela se desestabiliza y cae.

Iluminación

La iluminación se la determinó al medir el tamaño de la llama de la vela una vez que ésta se haya estabilizado, pues al encender la vela, se observó que el tamaño de la llama para estas velas era más grande que después de aproximadamente 2 minutos. Los datos obtenidos son los siguientes:

Tabla 28. Alturas de las llamas de la muestra de Velas Tungurahua[87]

Observación	Altura de la llama (cm)	Observación	Altura de la llama (cm)
1	5	**14**	5,2
2	5,9	**15**	5,1
3	5,7	**16**	6
4	6,1	**17**	6,1
5	5,4	**18**	6
6	6	**19**	5,8
7	5,6	**20**	5,9
8	5,6	**21**	5,4
9	5,2	**22**	5,3
10	6,2	**23**	4,6
11	6,4	**24**	5,6
12	5,5	**25**	6,1
13	5,8		

[87] **Fuente:** Benchmarking de velas Tungurahua; **Elaboración:** Propia

Para poder determinar una carta de control para datos individuales, primero se debe probar la normalidad de las alturas de las llamas de velas Tungurahua, mediante la prueba de Anderson – Darling:

H_0: Las alturas de las llamas siguen una distribución normal

H_1: Las alturas de las llamas no siguen una distribución normal

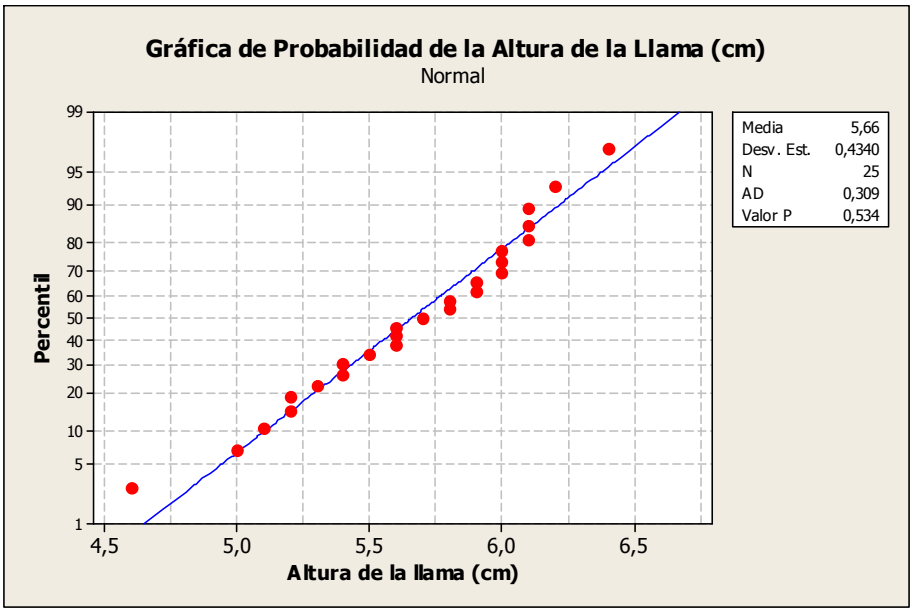


Gráfico 25. Gráfico de Probabilidad normal de las alturas de las llamas de velas Tungurahua[88]

De esta gráfica se puede determinar que, con una significancia del 5%, no existe suficiente evidencia estadística para decir que los datos no siguen una distribución normal de media 5,66cm y desviación estándar 0,434, pues el valor P de 0,534 de la prueba de Anderson – Darling es mayor al valor de significancia.

Una vez probada la normalidad de los datos, se procede a realizar una carta de control de datos individuales para conocer los estándares de velas Tungurahua:

[88] **Fuente:** Benchmarking de velas Tungurahua; **Elaboración:** Propia, con el software estadístico Minitab

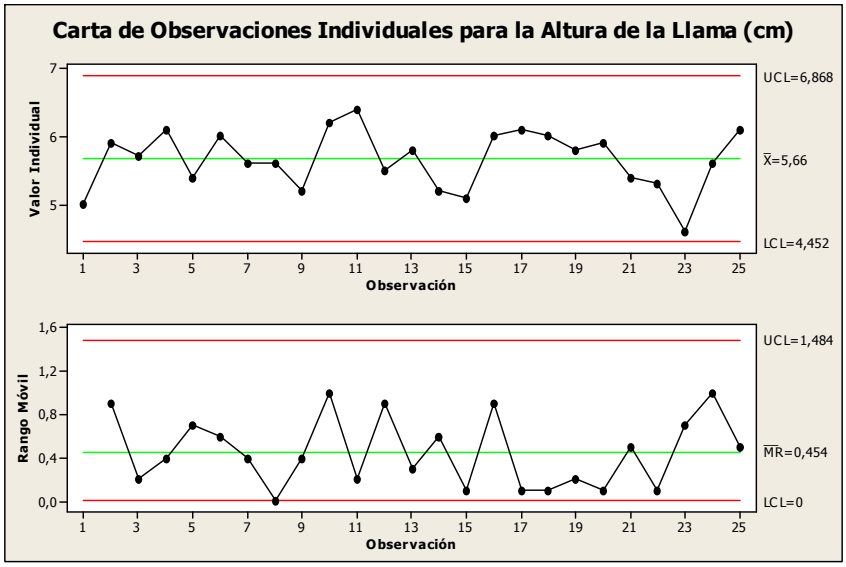


Gráfico 26. Carta de control para los datos individuales de la altura de la llama de Velas Tungurahua[89]

De esta gráfica se toma en cuenta sólo la de los datos individuales, por la teoría señalada en el punto 3.6.3.2. Entonces, dado que para la altura de la llama sólo se tiene una cota inferior, y que la carta para los datos individuales está bajo control estadístico, se determina que el estándar para velas Tungurahua es no tener alturas menores a 4,452cm, con una media de 5,66cm.

4.3.8.2. Benchmarking de velas Santa Fe

Nivel de Blancura

Al utilizar las guías PANTONE FORMULA GUIDE (Pantone), se determina que el color de estas velas se aproxima al PANTONE Cool Gray 1 C, pero con características más cristalinas, lo cual hace que se tenga la percepción de mayor blancura con respecto a las velas Tungurahua.

[89] **Fuente:** Benchmarking de velas Tungurahua; **Elaboración:** Propia, con el software estadístico Minitab

Fallas de la superficie

Al observar detenidamente cada una de las velas del paquete, se pudieron evidenciar las siguientes fallas:

- Las bases de las velas no son completamente perpendiculares a su altura, y además; a diferencia de las velas Tungurahua, éstas no tienen ninguna porción de mecha saliendo por esta superficie.
- La superficie presenta deformaciones de formas sinusoidales en la poción superior de la vela. Además, se observan lesiones, a manera de laceraciones a lo largo de toda su superficie

Duración

La duración de la vela fue determinada mediante el uso de un cronómetro desde el instante en el que se encendió la llama, hasta que se consumió por completo. Para esto, se colocaron las velas en un candelabro en un cuarto aislado, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 29. Duración de la muestra de Velas Santa Fe[90]

Observación	Duración (minutos)	Observación	Duración (minutos)
1	280	**14**	269
2	310	**15**	246
3	275	**16**	235
4	245	**17**	193
5	220	**18**	184
6	196	**19**	222
7	235	**20**	215
8	274	**21**	191
9	308	**22**	246
10	264	**23**	292
11	313	**24**	248
12	289	**25**	278
13	301		

Para saber los estándares de velas Santa Fe para la duración de las velas, se hace una carta de control para datos individuales, para lo cual es necesario primero probar la normalidad de los datos mediante la prueba de Anderson – Darling:

H_0: Los datos siguen una distribución normal

H_1: Los datos no siguen una distribución normal

[90] **Fuente:** Benchmarking de velas Santa Fe; **Elaboración:** Propia

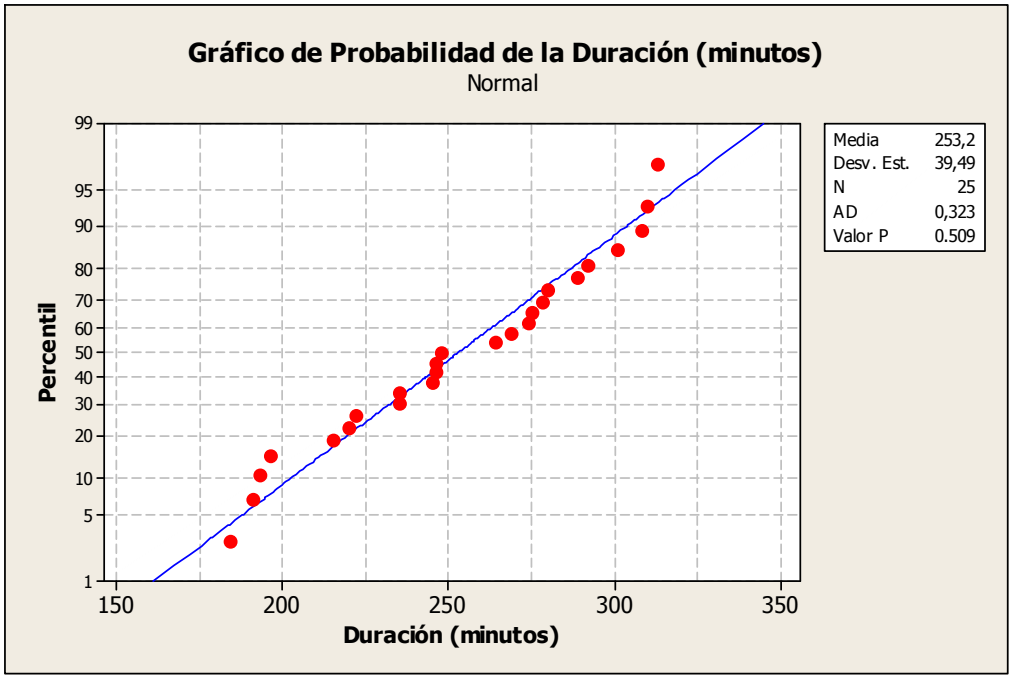


Gráfico 27. Gráfica de probabilidad normal de la duración de Velas Santa Fe[91]

De aquí se puede observar que, una significancia del 5%, no existe suficiente evidencia estadística para decir que la duración de las velas Santa Fe no sigue una distribución normal de media 253,2min y desviación estándar 39,49min, pues el valor P de 0,509 es mayor al valor de significancia.

Entonces, se procede a realizar una carta de control para datos individuales de la duración de velas Santa Fe, con el objetivo de conocer sus estándares:

[91] **Fuente:** Benchmarking de velas Santa Fe; **Elaboración:** Propia, con el software estadístico Minitab

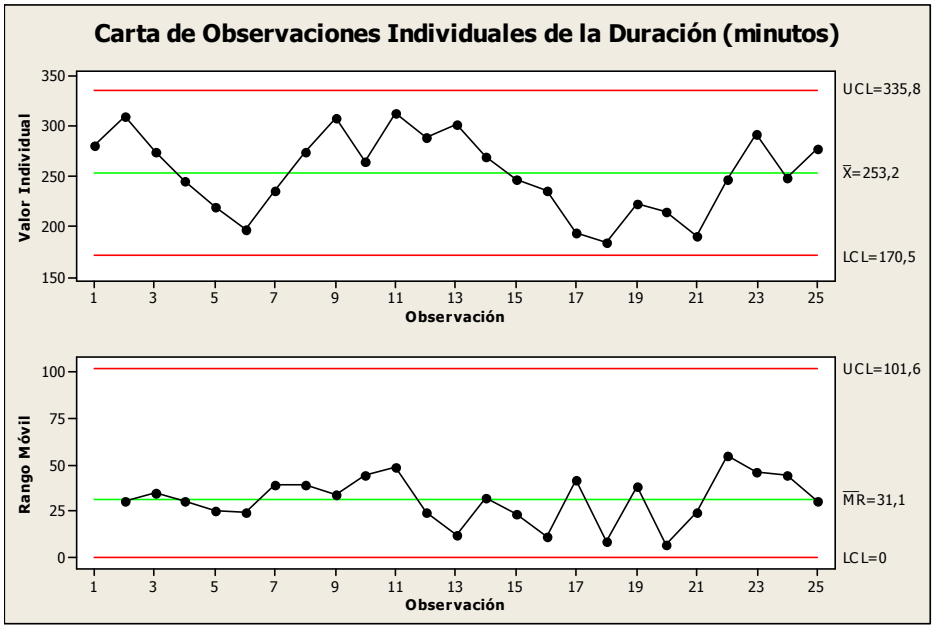


Gráfico 28. Carta de datos individuales de la duración de Velas Santa Fe[92]

Como se puede observar en la gráfica de las observaciones individuales, la duración de las velas Santa Fe está bajo control estadístico, en donde el estándar es no tener duraciones menores a 170,5 minutos, con media 253,2 minutos. La carta del rango móvil no es tomada en cuenta, debido a la teoría expuesta en el punto 3.6.3.2.

Limpieza

Durante todo el proceso mientras estuvo prendida la vela, no se evidenció que la parafina se desborde por la superficie de la vela.

Humo Negro

En ningún instante, durante el proceso de consumo de la vela se pudo percibir la existencia de humo negro, producto de la combustión, incluso cuando se apagó la vela por completa.

[92] **Fuente:** Benchmarking de velas Santa Fe; **Elaboración:** Propia, con el software estadístico Minitab

Estabilidad

Estas velas pueden mantenerse paradas, siempre y cuando no exista ninguna fuerza externa actuando sobre ellas, de lo contrario, la vela se desestabiliza y cae.

Iluminación

La iluminación se la determinó al medir el tamaño de la llama de la vela una vez que ésta se haya estabilizado, pues al encender la vela, se observó que el tamaño de la llama para estas velas era más grande que después de aproximadamente 2 minutos. Los datos obtenidos son los siguientes:

Tabla 30. Alturas de las llamas de la muestra de Velas Santa Fe[93]

Observación	Altura de la Llama (cm)	Observación	Altura de la Llama (cm)
1	5.5	**14**	6.2
2	6.3	**15**	5.4
3	6.1	**16**	6.1
4	5.7	**17**	5.7
5	6.8	**18**	7.3
6	5.6	**19**	5.9
7	6.2	**20**	5.4
8	5.2	**21**	5.7
9	6.3	**22**	6.3
10	5.8	**23**	5.8
11	7.1	**24**	5.5
12	6.8	**25**	5.1
13	5.5		

Para poder determinar una carta de control para datos individuales, primero se debe probar la normalidad de las alturas de las llamas de velas Santa Fe, mediante la prueba de Anderson – Darling:

[93] **Fuente:** Benchmarking de velas Santa Fe; **Elaboración:** Propia

H_0: Las alturas de las llamas siguen una distribución normal

H_1: Las alturas de las llamas no siguen una distribución normal

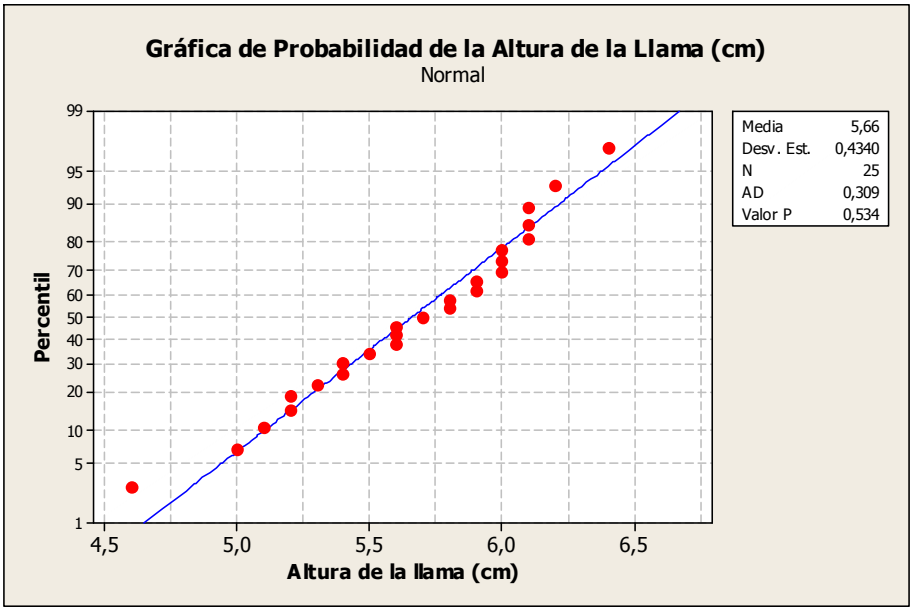


Gráfico 29. Gráfico de Probabilidad normal de las alturas de las llamas de velas Santa Fe[94]

De esta gráfica se puede determinar que, con una significancia del 5%, no existe suficiente evidencia estadística para decir que los datos no siguen una distribución normal de media 5,66cm y desviación estándar 0,344, pues el valor P de 0,534 de la prueba de Anderson – Darling es mayor al valor de significancia.

Una vez probada la normalidad de los datos, se procede a realizar una carta de control de datos individuales para conocer los estándares de velas Santa Fe:

[94] **Fuente:** Benchmarking de velas Santa Fe; **Elaboración:** Propia, con el software estadístico Minitab

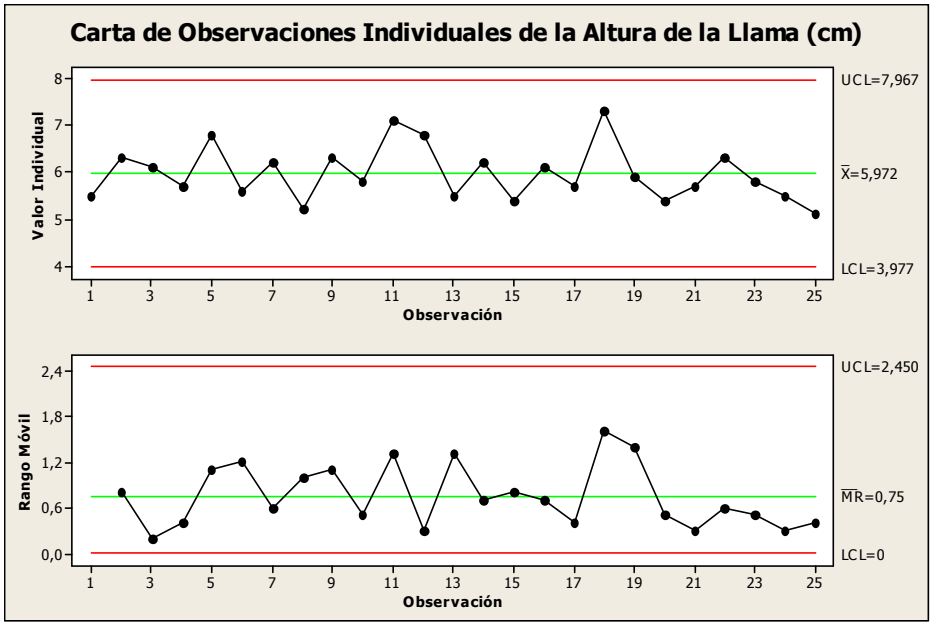


Gráfico 30. Carta de control para los datos individuales de la altura de la llama de Velas Santa Fe[95]

De esta gráfica se toma en cuenta sólo la de los datos individuales, por la teoría señalada en el punto 3.6.3.2. Entonces, dado que para la altura de la llama sólo se tiene una cota inferior, y que la carta para los datos individuales está bajo control estadístico, se determina que el estándar para velas Santa Fe es no tener alturas menores a 3,997cm, con una media de 5,972cm.

4.4. Fase Diseñar

Tal como se lo expuso en la Fase Analizar, el paquete de velas debe tener estas características: Aroma, Diferentes colores (entre 2 o 3 colores paquetes), Empaque transparente y tamaño mediano. Para ello, es necesario primero llegar a determinar una mezcla de materias primas robusta, y que minimice el costo asociado con las mismas y con la producción, para lo que se requiere realizar un diseño experimental que tome en cuenta estos factores.

[95] **Fuente:** Benchmarking de velas Santa Fe; **Elaboración:** Propia, con el software estadístico Minitab

4.4.1. Diseño de la mezcla de materias primas

Los parámetros de importancia, o de respuesta que se desean optimizar mediante una mezcla de las materias primas son los siguientes:

Costo: Sabiendo que el costo es de $1,75 por kg para la parafina 1, $1,55/kg para la parafina 2 y $2,50/kg para el aditivo. Estos son los costos de interés, pues según la empresa, el costo del pabilo y del agua se mantiene constante para cualquier vela, y su costo no es significativo para la empresa.

Tiempo de desmoldeo: Este es el tiempo que se demora la mezcla en secarse, desde el momento en que se ingresó la mezcla a 70ºC en las máquinas moldeadoras, hasta que la mezcla se sacó del molde. El objetivo es minimizar este tiempo, pues representa tiempo y dinero para la empresa.

Calificación de la apariencia de la vela: Para calificar la apariencia de la vela en puntaje del 1 al 100, se tomaron en cuenta defectos o fallas existentes en la punta, la estructura, el color amarillento y nubosidades que deteriorar su aspecto. Para evitar que esta calificación sea subjetiva, se mantuvo una reunión con el gerente general de la empresa, en la que se calificó la apariencia de cada vela, llegando a un consenso para cada calificación.

Duración: Es el tiempo que se demora una vela en consumirse completamente. Para ello, a cada vela formulada mediante la Tabla 34, se la colocó en un cuarto aislado, en el cual se las encendió en un candelabro, y se tomó el tiempo hasta que consumieron completamente.

Altura de la llama: Mientras se realizaba la medición de la duración, se midió la altura de la llama una vez que se haya estabilizado, pues al inicio y al final la altura de la llama varió debido a la altura inicial y final de la mecha.

Las materias primas utilizadas por ALMON del Ecuador para fabricar sus velas son: Parafina 1, Parafina 2 y Aditivo. Los nombres de las parafinas y del aditivo son parte confidencial de la empresa, por lo cual no se hará referencia a sus nombres comerciales; sin embargo, es necesario conocer las características técnicas de las parafinas, pues según la experiencia de la empresa, éstas pueden determinar las características finales de la vela. Además, es importante notar que la empresa utiliza el aditivo a una concentración mínima del 0.75% y máxima del 2.5%. A continuación se muestran las fichas técnicas de las parafinas mencionadas anteriormente (Cabe recalcar que no toda la información ha sido publicada por políticas de la empresa):

Tabla 31. Ficha técnica de la parafina 1[96]

Análisis	Resultado
Color Saybolt	20 min
Penetración a 25ºC	18 max
Olor NO	2 max
Impurezas mecánicas y agua	Nulo
Contenido de aceite	0.5% max
Punto de fusión	58ºC – 60ºC

[96] **Fuente:** Refinería de la Parafina 1; **Elaboración:** Propia

Tabla 32. Ficha técnica de la parafina 2[97]

Análisis	Resultado
Color Saybolt	12 min
Penetración a 25ºC	8 min – 15 max
Contenido de aceite	3% max
Punto de fusión	58.1ºC – 65.6ºC

Además de las parafinas y el aditivo, otra materia prima utilizada para la fabricación de las velas es el pabilo, del cual existen 2 variedades: de 8 hebras y de 12 hebras. Otra variable del proceso, la cual puede ser incluida como factor de ruido del proceso es el tipo de agua que se utilice para enfriar a las máquinas, pues existe la posibilidad de utilizar el agua de la cisterna de la empresa, que se encuentra a aproximadamente 32ºC, el agua potable que entra a la empresa, que se encuentra a aproximadamente a 22ºC, y la mezcla de ambas aguas, que se encuentra a aproximadamente 28ºC. Dado que no existe ningún sistema para controlar dichas temperaturas, éste es un factor de ruido que debe ser analizado para crear un diseño robusto.

Tomando en cuenta los factores para la mezcla y los otros 2 factores propios del proceso, se llegó a determinar que se debe utilizar un diseño óptimo combinado, en el cual existen 3 factores de mezcla (aditivo, parafina 1 y parafina 2) y 2 factoriales (tipo de mecha y fuente de agua para enfriar las máquinas).

Para las mezclas, x_1, x_2 y x_3 denotan las proporciones del aditivo, por lo tanto, debe cumplirse la restricción

Ecuación 30. Restricción 1 para la mezcla

$$x_1 + x_2 + x_3 = 1$$

[97] **Fuente:** Refinería de la Parafina 2; **Elaboración:** Propia

Según Montgomery,

> Un diseño símplex reticular $\{p, m\}$ para p componentes consta de los puntos definidos por los siguientes arreglos de coordenadas: las proporciones asumidas por cada componente toman $m + 1$ valores que están separados por una distancia igual de 0 a 1 (474):

Ecuación 31. Diseño símplex reticular

$$x_i = 0, \frac{1}{m}, \frac{2}{m}, \dots, 1 \qquad i = 1,2,3$$

Fuente: Montgomery (474)

Sin embargo, ya que para este caso se tiene una restricción tanto sobre la frontera superior como inferior del componente aditivo, este diseño no puede ser un diseño símplex reticular, sino un politopo irregular, y entonces la región experimental no tiene ninguna forma estándar, por lo cual es necesario utilizar un diseño generado por computadora para este tipo de diseño (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 479). Además, debido al tipo de diseño, los análisis posteriores están basados en términos de los valores actuales. Otra razón por las que se incluyen los valores no codificados en los análisis es porque, como se mencionó en el punto 3.5.5. Diseño Robusto, Montgomery menciona que, en el enfoque de superficies de respuesta para diseños robustos, es necesario colocar los coeficientes obtenidos por mínimos cuadrados.

Dado que para este experimento también se utilizan 2 variables factoriales, y como para este caso es muy importante minimizar la varianza de predicción promedio en el conjunto de los 3 factores de mezcla y los dos factoriales, Montgomery determina que se debería utilizar un diseño optimal V (468); al buscar este diseño en el software estadístico

Design Expert, se encontró que el diseño que cumple esta misma función de minimizar la varianza de predicción promedio es el diseño optimal IV, con el cual se generó el siguiente diseño, en término de las variables codificadas:

Tabla 33. Modelo Optimal IV para el experimento en términos de las variables codificadas[98]

Orden estándar	Orden de la corrida	Componente 1 A: Aditivo	Componente 2 B: Parafina 1	Componente 3 C: Parafina 2	Factor 4 D: Mecha	Factor 5 E: Agua
1	18	0,01916667	0,98083333	0	{ -1 }	{ 1 0 }
2	29	0,0075	0,9925	0	{ -1 }	{ 1 0 }
3	17	0,025	0,4875	0,4875	{ -1 }	{ 1 0 }
4	16	0,01333333	0,33083333	0,65583333	{ -1 }	{ 1 0 }
5	2	0,025	0	0,975	{ -1 }	{ 1 0 }
6	7	0,025	0,975	0	{ 1 }	{ 1 0 }
7	27	0,0075	0,9925	0	{ 1 }	{ 1 0 }
8	28	0,01625	0,7378125	0,2459375	{ 1 }	{ 1 0 }
9	6	0,025	0,4875	0,4875	{ 1 }	{ 1 0 }
10	25	0,011875	0,2459375	0,7421875	{ 1 }	{ 1 0 }
11	24	0,0075	0	0,9925	{ 1 }	{ 1 0 }
12	1	0,01333333	0,98666667	0	{ -1 }	{ 0 1 }
13	21	0,01625	0,7378125	0,2459375	{ -1 }	{ 0 1 }
14	14	0,020625	0,4896875	0,4896875	{ -1 }	{ 0 1 }
15	26	0,0075	0,49625	0,49625	{ -1 }	{ 0 1 }
16	15	0,01625	0	0,98375	{ -1 }	{ 0 1 }
17	10	0,025	0,975	0	{ 1 }	{ 0 1 }
18	3	0,025	0,975	0	{ 1 }	{ 0 1 }
19	9	0,0075	0,49625	0,49625	{ 1 }	{ 0 1 }
20	22	0,025	0	0,975	{ 1 }	{ 0 1 }
21	19	0,01916667	0,98083333	0	{ -1 }	{ -1 -1 }
22	5	0,0075	0,9925	0	{ -1 }	{ -1 -1 }
23	4	0,011875	0,4940625	0,4940625	{ -1 }	{ -1 -1 }
24	13	0,01916667	0	0,98083333	{ -1 }	{ -1 -1 }
25	12	0,0075	0	0,9925	{ -1 }	{ -1 -1 }
26	30	0,0075	0,9925	0	{ 1 }	{ -1 -1 }
27	11	0,025	0,65	0,325	{ 1 }	{ -1 -1 }
28	8	0,0075	0,33083333	0,66166667	{ 1 }	{ -1 -1 }
29	23	0,01916667	0	0,98083333	{ 1 }	{ -1 -1 }
30	20	0,0075	0	0,9925	{ 1 }	{ -1 -1 }

[98] **Fuente y elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

En términos de las variables no codificadas, el modelo es el siguiente:

Tabla 34. Modelo Optimal IV para el experimento en término de las variables no codificadas[99]

Orden estándar	Orden de la corrida	Componente 1 A: Aditivo	Componente 2 B: Parafina 1	Componente 3 C: Parafina 2	Factor 4 D: Mecha	Factor 5 E: Agua
1	18	1,92%	98,08%	0,00%	8	Cisterna
2	29	0,75%	99,25%	0,00%	8	Cisterna
3	17	2,50%	48,75%	48,75%	8	Cisterna
4	16	1,33%	33,08%	65,58%	8	Cisterna
5	2	2,50%	0,00%	97,50%	8	Cisterna
6	7	2,50%	97,50%	0,00%	12	Cisterna
7	27	0,75%	99,25%	0,00%	12	Cisterna
8	28	1,63%	73,78%	24,59%	12	Cisterna
9	6	2,50%	48,75%	48,75%	12	Cisterna
10	25	1,19%	24,59%	74,22%	12	Cisterna
11	24	0,75%	0,00%	99,25%	12	Cisterna
12	1	1,33%	98,67%	0,00%	8	Potable
13	21	1,63%	73,78%	24,59%	8	Potable
14	14	2,06%	48,97%	48,97%	8	Potable
15	26	0,75%	49,63%	49,63%	8	Potable
16	15	1,63%	0,00%	98,38%	8	Potable
17	10	2,50%	97,50%	0,00%	12	Potable
18	3	2,50%	97,50%	0,00%	12	Potable
19	9	0,75%	49,63%	49,63%	12	Potable
20	22	2,50%	0,00%	97,50%	12	Potable
21	19	1,92%	98,08%	0,00%	8	Mezcla
22	5	0,75%	99,25%	0,00%	8	Mezcla
23	4	1,19%	49,41%	49,41%	8	Mezcla
24	13	1,92%	0,00%	98,08%	8	Mezcla
25	12	0,75%	0,00%	99,25%	8	Mezcla
26	30	0,75%	99,25%	0,00%	12	Mezcla

[99] **Fuente:** Software estadístico Design Expert ®; **Elaboración:** Propia

27	11	2,50%	65,00%	32,50%	12	Mezcla
28	8	0,75%	33,08%	66,17%	12	Mezcla
29	23	1,92%	0,00%	98,08%	12	Mezcla
30	20	0,75%	0,00%	99,25%	12	Mezcla

Los experimentos realizados tuvieron como base una mezcla de 200 gramos, por lo que las proporciones mostradas en la tabla anterior fueron hechos en base a estos 200 gramos.

El diseño Optimal IV mostrado en la Tabla 34, permite observar un modelo cuadrático para las mezclas, por lo cual se podría verificar el siguiente modelo cuadrático para las mezclas para cada una de las respuestas:

Ecuación 32. Modelo cuadrático para la mezcla[100]

$$E(y) = \sum_{i=1}^{3} \beta_i x_i + \sum \sum_{i<j}^{3} \beta_{ij} x_i x_j$$

Donde x_i e x_j representan las 3 proporciones de la mezcla, y y la variable de respuesta. Sin embargo, cabe indicar que para este experimento es posible observar los efectos de las interacciones de la mezcla con la mecha y/o el agua. Es importante recordar, para los análisis posteriores, que se tiene la siguiente simbología para cada factor:

A: Aditivo

B: Parafina 1

C: Parafina 2

D: Mecha

E: Agua utilizada para el enfriamiento de la máquina

[100] **Fuente:** Montgomery, Diseño y Análisis de experimentos, página 476; **Elaboración:** Propia

4.4.1.1. Análisis del costo

Tomando como unidad el costo por kilogramo sólo de los componentes de la mezcla, es posible llegar a una relación entre éstas y el costo de la mezcla, sabiendo que el costo es de \$1,75 por kg para la parafina 1, \$1,55/kg para la parafina 2 y \$2,50/kg para el aditivo. Entonces, el costo de una mezcla por kilo vendrá dado por:

Ecuación 33. Costo de 1kg de Materias Primas, sin Aroma ni Colorante[101]

$$Costo\ de\ materias\ primas = 2{,}5x_1 + 1{,}75x_2 + 1{,}55x_3$$

Donde x_1, x_2 y x_3 denotan la proporción de aditivo, parafina 1 y parafina 2 respectivamente.

4.4.1.2. Análisis del tiempo de desmoldeo

Al tomar los tiempos de desmoldeo para cada una de las corridas, se hacen los siguientes análisis:

[101] **Fuente:** Gerencia de ALMON del Ecuador S.A.; **Elaboración:** Propia

Análisis de ajuste

Tabla 35. Ajuste del modelo del tiempo de desmoldeo[102]

Mixture	Components	A B C	
Process	Factors	D E	

Suggested Model[s]	Mix	Process
	Mean	Main effects

Order Abbreviations in Fit Summary Table
M = Mean L = Linear ME = Main effects Q = Quadratic SC = Special Cubic C = Cubic

Combined Model Mixture Process Fit Summary Table

		Sequential p-value				Summary Statistics	
Mix Order	Process Order	Mix	Process	Lack of Fit	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	
M	M						
M	ME		0.0066	0.2382	0,29719762	0,18122911	Suggested
M	2FI		0.4283	0.2366	0,29057676	0,13632506	
M	M						
L	M	0.5156		0.1986	-0,02264021	-0,16576679	
L	ME	0.5534	0.0739	0.2308	0,26955054	-0,17202049	
L	2FI	0.7804	0.7818	0.2074	0,13089878	-0,70419716	
L	M						
Q	M	0.1290		0.2092	0,08724707	-0,23316862	
Q	ME	0.4498	0.3178	0.2214	0,3412682		
Q	2FI	* 0.2074	* 0.2214		0,93160867		Aliased
Q	M						
SC	M	0.7649		0.2050	0,05134072	-0,31415508	
SC	ME	* 0.0175	* 0.0190	0.6013	0,93695165		Aliased
SC	2FI	*	* 0.6013		0,93160867		Aliased
SC	M						
C	M	0.4288		0.2035	0,04694259	-0,90151613	
C	ME	*	*	1.0000			Aliased
C	2FI	*	*	1.0000			Aliased

* The combined model is aliased

De esta tabla se puede determinar, a priori, que el modelo que mejor se ajusta a esta respuesta en el espacio experimental, es un modelo lineal que toma en cuenta los efectos principales de la mecha y/o del agua que se use para el enfriamiento.

[102] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

ANOVA

Para conocer qué efectos son significativos para el tiempo de desmoldeo, primero se realiza un ANOVA que incluya a todos los efectos, tomando en cuenta las hipótesis (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 409):

$$H_0: \beta_0 = \beta_1 = \ldots = \beta_{21} = 0$$

$$H_1: Al\ menos\ un\ coeficiente\ es\ diferente\ de\ 0$$

Tabla 36. ANOVA para el tiempo de desmoldeo, considerando todos los efectos[103]

Analysis of variance table [Classical sum of squares - Type II]

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	244,991406	24	10,2079753	8,61894548	0.0124	significant
Linear Mixtu	10,6841223	2	5,34206117	4,51048644	0.0759	
AB	3,7820113	1	3,7820113	3,19328254	0.1340	
AC	3,74703348	1	3,74703348	3,16374957	0.1354	
AD	1,66034013	1	1,66034013	1,40188242	0.2896	
AE	7,37980691	2	3,68990345	3,11551271	0.1322	
BC	3,89442016	1	3,89442016	3,28819322	0.1295	
BD	0,48788028	1	0,48788028	0,41193414	0.5493	
BE	22,1703408	2	11,0851704	9,35959157	0.0204	
CD	1,14975304	1	1,14975304	0,97077613	0.3697	
CE	13,5849591	2	6,79247956	5,73512469	0.0508	
ABC	14,7779315	1	14,7779315	12,4775171	0.0167	
ABD	1,99240601	1	1,99240601	1,68225709	0.2512	
ABE	33,0080728	2	16,5040364	13,934927	0.0090	
ACD	1,92606452	1	1,92606452	1,62624268	0.2583	
ACE	32,865183	2	16,4325915	13,8746036	0.0091	
BCD	0,1312235	1	0,1312235	0,11079652	0.7527	
BCE	27,5607894	2	13,7803947	11,6352624	0.0132	
Residual	5,92182378	5	1,18436476			
Lack of Fit	4,76662378	4	1,19165595	1,03155812	0.6194	not significant
Pure Error	1,1552	1	1,1552			
Cor Total	250,91323	29				

A pesar de que la falta de ajuste muestre que el modelo se ajusta a la variable de respuesta tiempo de desmoldeo, existen aún términos que no son significativos y que deben

[103] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

ser suprimidos del modelo para mejorar el ajuste de este modelo, así, con un nivel de significancia del 5%, se llega a reducir el modelo hasta obtener el siguiente ANOVA:

Tabla 37. ANOVA del modelo final para el tiempo de desmoldeo[104]

Analysis of variance table [Classical sum of squares - Type II]

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	237,397711	19	12,4946164	9,24464416	0.0005	significant
Linear Mixtu	10,6841223	2	5,34206117	3,95253869	0.0543	
AB	1,9654891	1	1,9654891	1,45424612	0.2556	
AC	1,95019162	1	1,95019162	1,44292766	0.2573	
AD	8,47965408	1	8,47965408	6,27401292	0.0312	
AE	9,00270714	2	4,50135357	3,33050738	0.0779	
BC	4,12646478	1	4,12646478	3,05313084	0.1112	
BE	24,14743	2	12,073715	8,93322337	0.0060	
CE	19,203458	2	9,60172902	7,10422517	0.0120	
ABC	7,86376607	1	7,86376607	5,81832342	0.0366	
ABE	29,2969634	2	14,6484817	10,838268	0.0031	
ACE	29,1643148	2	14,5821574	10,7891953	0.0032	
BCE	23,125857	2	11,5629285	8,55529745	0.0068	
Residual	13,515519	10	1,3515519			
Lack of Fit	12,360319	9	1,37336878	1,18885801	0.6170	not significant
Pure Error	1,1552	1	1,1552			
Cor Total	250,91323	29				

De este ANOVA es importante recalcar que un valor P para el modelo de 0.0005 indica que existe esta probabilidad de que un valor F de 9.24 sea provocado por ruido, es decir, que el modelo no explique la variable de respuesta. Además, es interesante notar que las interacciones de tercer orden BCE, ACE y ABE son las más significativas del modelo, pues su valor P es el más pequeño. Nótese también que, a pesar de que las interacciones de segundo orden BC, AE, AC y AB no son significativas (con el 5% de significancia), es necesario incluirlas en el modelo, debido al principio de jerarquía, mencionado en el punto 3.5.1. Análisis de varianza. Además, el R^2 ajustado del 84.38% indica que este porcentaje de la variabilidad en los tiempos de desmoldeo están explicadas por los siguientes modelos:

[104] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

Con mecha de 8 hebras y agua de la cisterna:

Tiempo de desmoldeo = -14462.95 * Aditivo + 26.07 * Parafina 1 + 19.83 * Parafina 2 + 14067 * Aditivo * Parafina 1 + 14762.04 * Aditivo * Parafina 2 - 27.61818 * Parafina 1 * Parafina 2 + 2234.04 * Aditivo * Parafina 1 * Parafina 2

Superficie de respuesta

Ver la gráfica 1 del Anexo 7.

Con mecha de 8 hebras y agua potable:

Tiempo de desmoldeo = 76788.08 * Aditivo + 29.10 * Parafina 1 + 29.27 * Parafina 2 - 79243.11 * Aditivo * Parafina 1 - 79532.62 * Aditivo * Parafina 2 -9.51 * Parafina 1 * Parafina 2 + 2234.04 * Aditivo * Parafina 1 * Parafina 2

Superficie de respuesta

Ver la gráfica 2 del Anexo 7.

Con mecha de 8 hebras y agua mezclada

Tiempo de desmoldeo = -49158.52 * Aditivo + 16.58 * Parafina 1 + 13.57 * Parafina 2 + 50459.38 * Aditivo * Parafina 1 + 50455.45 * Aditivo * Parafina 2 - 52.59 * Parafina 1 * Parafina 2 + 2234.04 * Aditivo * Parafina 1 * Parafina 2

Superficie de respuesta

Ver la gráfica 3 del Anexo 7.

Con mecha de 12 hebras y agua de la cisterna:

Tiempo de desmoldeo = -14386.05 * Aditivo + 26.07 * Parafina 1 + 19.83 * Parafina 2 + 14067 * Aditivo * Parafina 1 + 14762.04 * Aditivo * Parafina 2 - 27.62 * Parafina 1 * Parafina 2 + 2234.04 *Aditivo * Parafina 1 * Parafina 2

Superficie de respuesta

Ver la gráfica 4 del Anexo 7.

Con mecha de 12 hebras y agua potable

Tiempo de desmoldeo = 76864.98 * Aditivo + 29.1 * Parafina 1 + 29.26 * Parafina 2 - 79243.11 * Aditivo * Parafina 1 - 79532.62 * Aditivo * Parafina 2 - 9.51 * Parafina 1 * Parafina 2 + 2234.04 * Aditivo * Parafina 1 * Parafina 2

Superficie de respuesta

Ver la gráfica 5 del Anexo 7.

Con mecha de 12 hebras y agua mezclada

Tiempo de desmoldeo = - 49081.62 * Aditivo + 16.58 * Parafina 1 + 13.57 * Parafina 2 + 50459.38 * Aditivo * Parafina 1 + 50455.45 * Aditivo * Parafina 2 - 52.59 * Parafina 1 * Parafina 2 + 2234.04 * Aditivo * Parafina 1 * Parafina 2

Superficie de respuesta

Ver la gráfica 6 del Anexo 7.

Ahora, con estos factores incluidos en el modelo, y con las regiones factibles para la optimización mostradas en los gráficos anteriores, se deben revisar los diagnósticos del ajuste. El primer diagnóstico que se revisa es el gráfico Box-Cox, para determinar si es necesario o no realizar alguna transformación para ajustar los datos. El resultado es el siguiente:

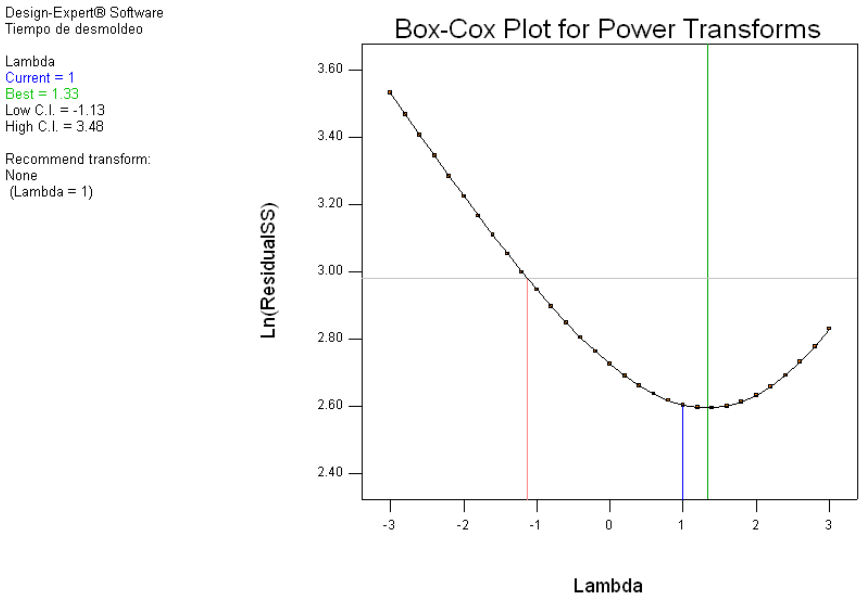


Gráfico 31. Gráfico Box-Cox para el tiempo de desmoldeo[105]

De aquí se puede concluir que no es necesario realizar ninguna transformación a los datos. El siguiente paso es verificar si los residuos se comportan adecuadamente.

Análisis de los residuos

Estos análisis están basados en la teoría expuesta en el punto 3.5.2. Análisis de los residuos.

Supuesto de Normalidad

Se grafica la siguiente gráfica de probabilidad normal de los residuos:

[105] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

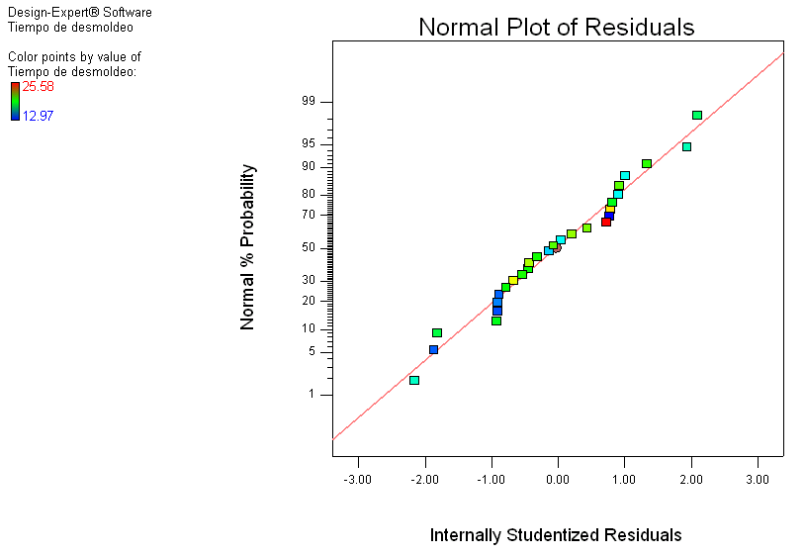


Gráfico 32. Gráfica de probabilidad normal de los residuos para el tiempo de desmoldeo[106]

De esta gráfica, se puede concluir que los residuos cumplen con el supuesto de normalidad.

Supuesto de independencia

Se realizó el siguiente gráfico de los residuales en secuencia del tiempo:

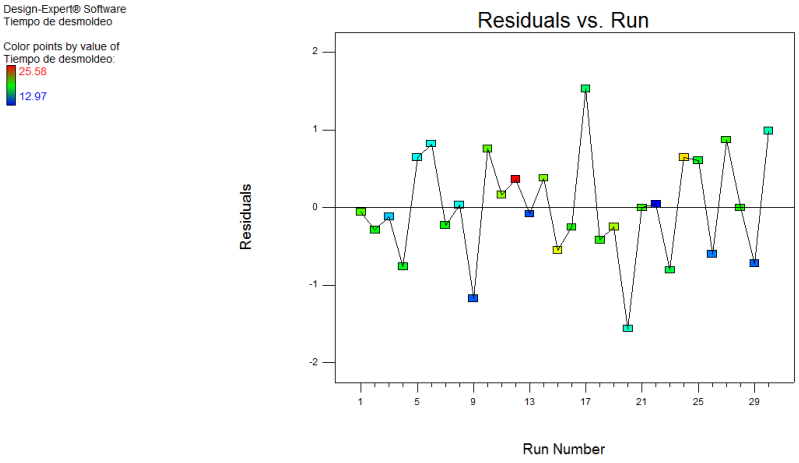


Gráfico 33. Gráfico de los residuales en secuencia del tiempo para el tiempo de desmoldeo[107]

[106] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

En este gráfico no se observa ninguna tendencia a tener corridas positivas o negativas, por lo que se concluye que no hay ninguna correlación entre los residuos, y por lo tanto, no se viola el supuesto de independencia.

Supuesto de igualdad de varianza

Para examinar esto, se realiza una gráfica de los residuales contra los valores ajustados

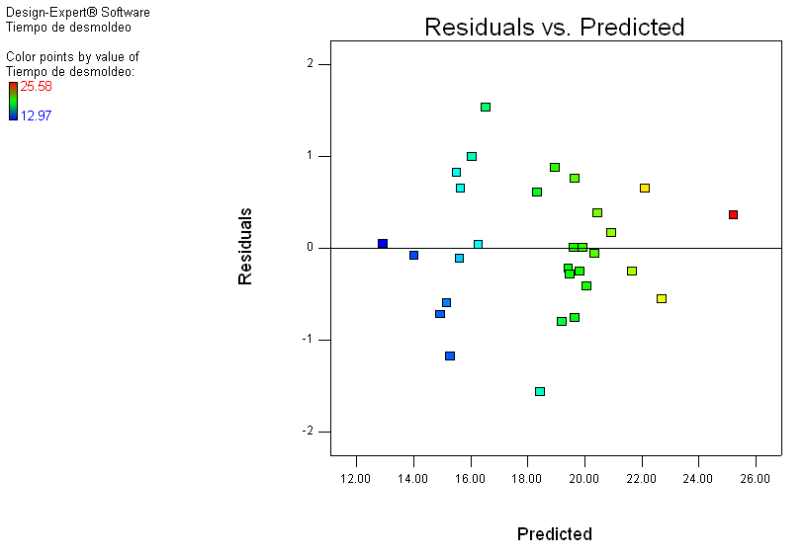


Gráfico 34. Residuales contra los valores ajustados para el tiempo de desmoldeo[108]

En esta gráfica se puede observar que no existe ninguna tendencia marcada, por lo cual se concluye que no es necesario hacer ninguna transformación, pues esta gráfica indica la igualdad de varianzas.

Además, mediante la siguiente gráfica se determina que los valores predichos se ajustan a los valores cuadrados, lo cual va en concordancia con el R^2 ajustado obtenido anteriormente:

[107] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®
[108] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

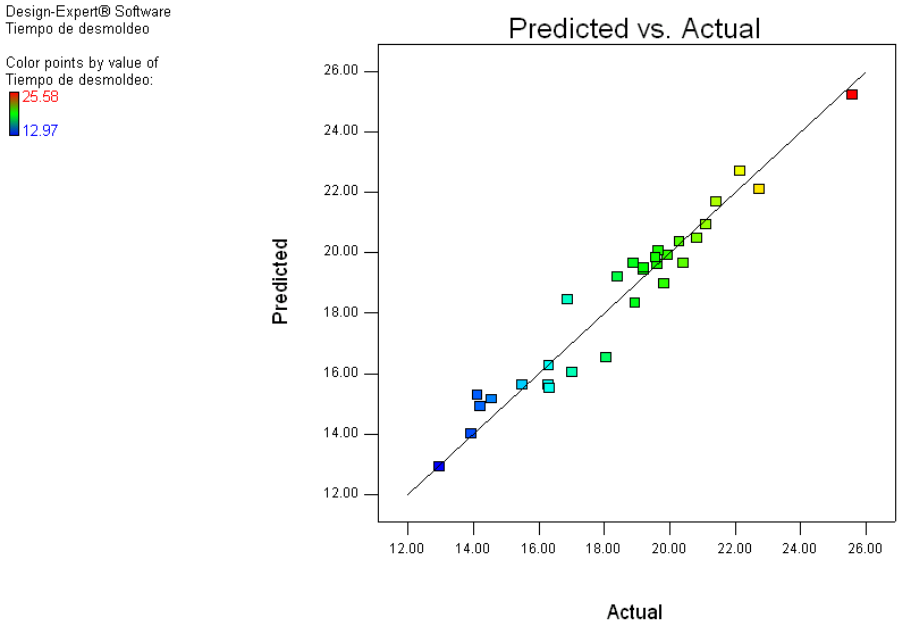


Gráfico 35. Valores actuales contra valores ajustados para el tiempo de desmoldeo[109]

[109] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

4.4.1.3. Análisis de los defectos

Después de haber llegado a una calificación para cada una de las velas, se hacen los siguientes análisis:

Análisis de ajuste

Tabla 38. Ajuste del modelo de la calificación[110]

Order Abbreviations in Fit Summary Table
M = Mean L = Linear ME = Main effects Q = Quadratic SC = Special Cubic C = Cubic

Combined Model Mixture Process Fit Summary Table

		Sequential p-value				Summary Statistics	
Mix Order	Process Order	Mix	Process	Lack of Fit	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	
M	M						
M	ME		0.3962	0.2785	0,00293954	-0,1871518	
M	2FI		0.8274	0.2694	-0,0632307	-0,3736288	
M	M						
L	M	0.1040		0.2916	0,09168483	-0,0420159	Suggested
L	ME	0.3823	0.5794	0.2809	0,04529865	-0,6816634	Suggested
L	2FI	0.6580	0.8612	0.2471	-0,1903457	-4,1657425	
L	M						
Q	M	0.8617		0.2787	0,00891602	-0,2491103	
Q	ME	0.2910	0.2894	0.3026	0,31932764		
Q	2FI	* 0.2471	* 0.3026		0,86590629		Aliased
Q	M						
SC	M	0.1589		0.2845	0,05308586	-0,1909385	
SC	ME	* 0.3091	* 0.2900	0.3073	0,52671885		Aliased
SC	2FI	*	* 0.3073		0,86590629		Aliased
SC	M						
C	M	0.5845		0.2771	0,00954169	-0,4466304	
C	ME	*	*	1.0000			Aliased
C	2FI	*	*	1.0000			Aliased

* The combined model is aliased

De esta tabla se puede determinar, a priori, que el modelo que mejor se ajusta a esta respuesta en el espacio experimental, es la media global o un modelo lineal que toma en cuenta los efectos principales de la mecha y/o del agua que se use para el enfriamiento.

[110] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

ANOVA

Para conocer qué efectos son significativos para la calificación de la vela, primero se realiza un ANOVA que incluya a todos los efectos, tomando en cuenta las hipótesis (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 409):

$$H_0: \beta_0 = \beta_1 = \ldots = \beta_{21} = 0$$

$$H_1: Al\ menos\ un\ coeficiente\ es\ diferente\ de\ 0$$

Tabla 39. ANOVA para la calificación de las velas, considerando todos los efectos[111]

Analysis of variance table [Classical sum of squares - Type II]

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	925,736667	27	34,2865432	1,44475917	0.4908	not significant
Linear Mixtu	150,191281	2	75,0956407	3,16436437	0.2401	
AB	29,1086473	1	29,1086473	1,22657408	0.3834	
AC	27,7624525	1	27,7624525	1,1698484	0.3925	
AD	11,0841392	1	11,0841392	0,46706114	0.5649	
AE	192,967697	2	96,4838486	4,0656162	0.1974	
BC	77,6454482	1	77,6454482	3,27180763	0.2122	
BD	2,177423	1	2,177423	0,09175179	0.7906	
BE	94,3675697	2	47,1837848	1,98822044	0.3346	
CD	47,7149564	1	47,7149564	2,01060283	0.2920	
CE	199,405089	2	99,7025445	4,20124493	0.1923	
ABC	22,7505218	1	22,7505218	0,95865672	0.4308	
ABD	52,6248226	1	52,6248226	2,21749375	0.2749	
ABE	20,8182324	2	10,4091162	0,43861716	0.6951	
ACD	51,8593185	1	51,8593185	2,1852371	0.2774	
ACE	20,9012522	2	10,4506261	0,44036629	0.6943	
BCD	7,80736054	1	7,80736054	0,32898492	0.6242	
BCE	10,5585733	2	5,27928666	0,22245748	0.8180	
AB(A-B)	22,7930353	1	22,7930353	0,96044814	0.4304	
AC(A-C)	22,7228352	1	22,7228352	0,95749007	0.4310	
BC(B-C)	0,18465448	1	0,18465448	0,00778093	0.9377	
Residual	47,4633334	2	23,7316667			
Lack of Fit	42,9633334	1	42,9633334	9,54740743	0.1993	not significant
Pure Error	4,5	1	4,5			
Cor Total	973,2	29				

El valor P del modelo del 49,08% indica que existe esta probabilidad de que un valor F de 1,44 sea debido a ruido; además, a pesar de que la falta de ajuste no es significativa, el modelo se debe mejorar hasta obtener lo términos significativos, y llegar así a un modelo significativo con el 5% de. Al hacer esto, se llega a reducir el modelo hasta obtener el siguiente ANOVA:

[111] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

Tabla 40. ANOVA del modelo final para las calificaciones de las velas[112]

Analysis of variance table [Classical sum of squares - Type II]

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	700,609026	12	58,3840855	3,64109434	0.0077	significant
Linear Mixtu	150,191281	2	75,0956407	4,68330214	0.0240	
AB	126,140984	1	126,140984	7,8667195	0.0122	
AE	195,787797	2	97,8938985	6,1051041	0.0100	
BC	26,1295112	1	26,1295112	1,62955392	0.2189	
BE	57,8375936	2	28,9187968	1,80350632	0.1948	
CE	101,097073	2	50,5485363	3,15243423	0.0685	
BCE	216,862855	2	108,431427	6,76227183	0.0069	
Residual	272,590974	17	16,0347632			
Lack of Fit	268,090974	16	16,7556859	3,72348575	0.3886	not significant
Pure Error	4,5	1	4,5			
Cor Total	973,2	29				

De este ANOVA es importante recalcar que un valor P para el modelo de 0.0077 indica que existe esta probabilidad de que un valor F de 3.64 sea provocado por ruido, es decir, que el modelo no explique la variable de respuesta. Además, es importante recalcar que, la interacción de tercer orden BCE (Parafina 1 con Parafina 2 y con agua de enfriamiento) es la más significativa pues su valor P es el más pequeño. Además, a pesar de que las interacciones BE (Parafina 1 con agua de enfriamiento) y BC (Parafina 1 con Parafina 2) no son significativas, es necesario incluirlas debido al principio de jerarquía, mencionado en el punto 3.5.1. Análisis de varianza. Se debe notar también que el tipo de mecha que se utilice no impacta en la calificación de la vela. Es importante recalcar también que el R^2 ajustado del 52.22% indica que este porcentaje de la variabilidad en la calificación de las velas está explicada por el modelo; a pesar de que este es un porcentaje bajo, una precisión adecuada de 6.21 indica que el modelo tendrá un desempeño razonable en la predicción, como lo establecido en el punto 3.5.3. $\boldsymbol{R^2_{ajustada}}$. Así, en términos de las variables reales, los modelos son:

[112] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

Con agua de la cisterna:

Calificación = 208.61* Aditivo + 81.47 * Parafina 1 + 82.17 * Parafina 2 + 809.03 * Aditivo * Parafina 1 - 38.65 * Parafina 1 * Parafina 2

Superficie de respuesta

Ver la gráfica 7 del Anexo 7.

Con agua potable:

Calificación = -658.72 * Aditivo + 81.73 * Parafina 1 + 93.32 * Parafina 2 + 809.03 * Aditivo * Parafina 1 - 25.74 * Parafina 1 * Parafina 2

Superficie de respuesta

Ver la gráfica 8 del Anexo 7.

Con agua mezclada

Calificación = 119.68 * Aditivo + 67.33 * Parafina 1 + 73.59 * Parafina 2 + 809.03 * Aditivo * Parafina 1 + 29.61 * Parafina 1 * Parafina 2

Superficie de respuesta

Ver la gráfica 9 del Anexo 7.

Ahora, con estos factores incluidos en el modelo, y con las regiones factibles para la optimización mostradas en los gráficos anteriores, se deben revisar los diagnósticos del ajuste.

El primer diagnóstico que se revisa es el gráfico Box-Cox, para determinar si es necesario o no realizar alguna transformación para ajustar los datos. El resultado es el siguiente:

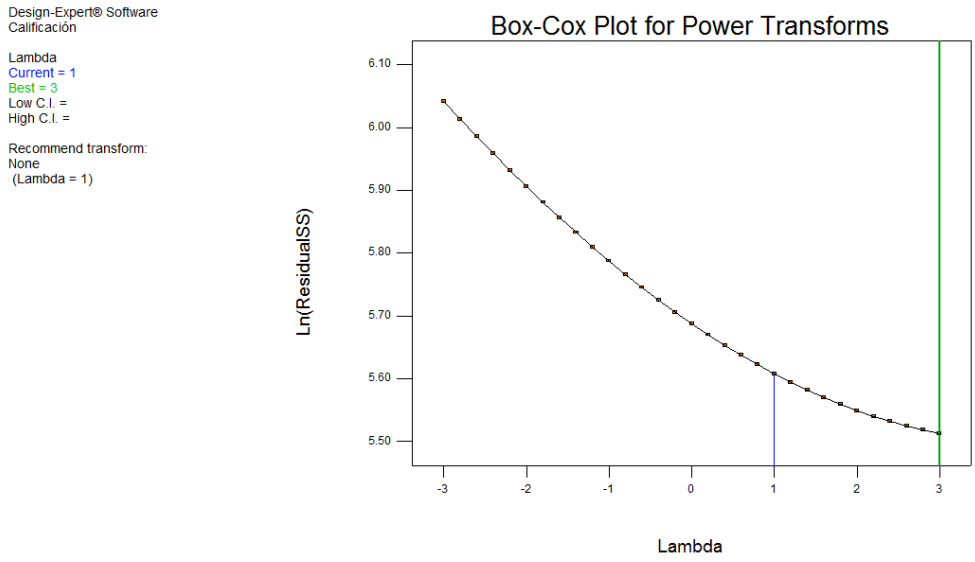


Gráfico 36. Gráfico Box-Cox para la calificación de las velas[113]

De aquí se puede concluir que no es necesario realizar ninguna transformación a los datos. El siguiente paso es verificar si los residuos se comportan adecuadamente.

Análisis de los residuos

Estos análisis están basados en la teoría expuesta en el punto 3.5.2. Análisis de los residuos.

Supuesto de Normalidad

Se grafica la siguiente gráfica de probabilidad normal de los residuos:

[113] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

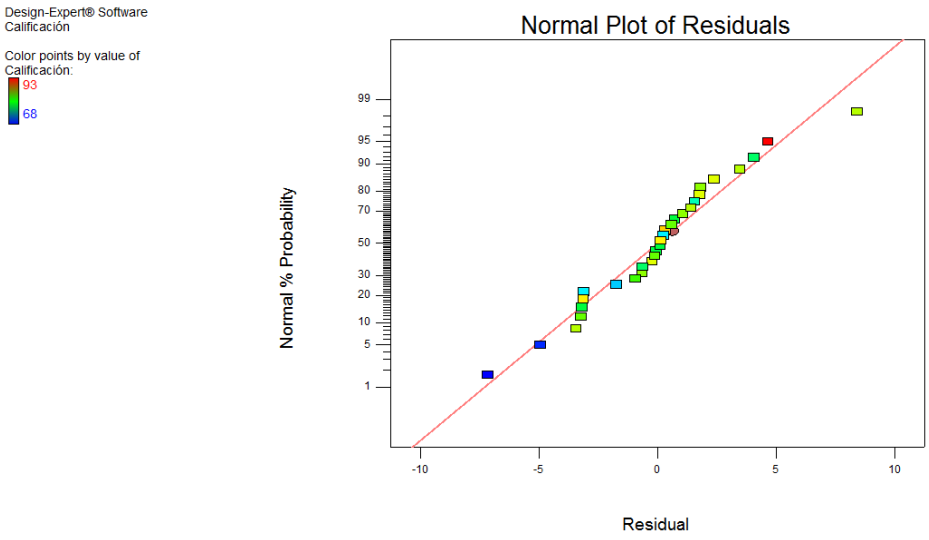


Gráfico 37. Gráfica de probabilidad normal de los residuos para la calificación de las velas[114]

De esta gráfica, se puede concluir que los residuos cumplen con el supuesto de normalidad.

Supuesto de independencia

Se realizó el siguiente gráfico de los residuales en secuencia del tiempo:

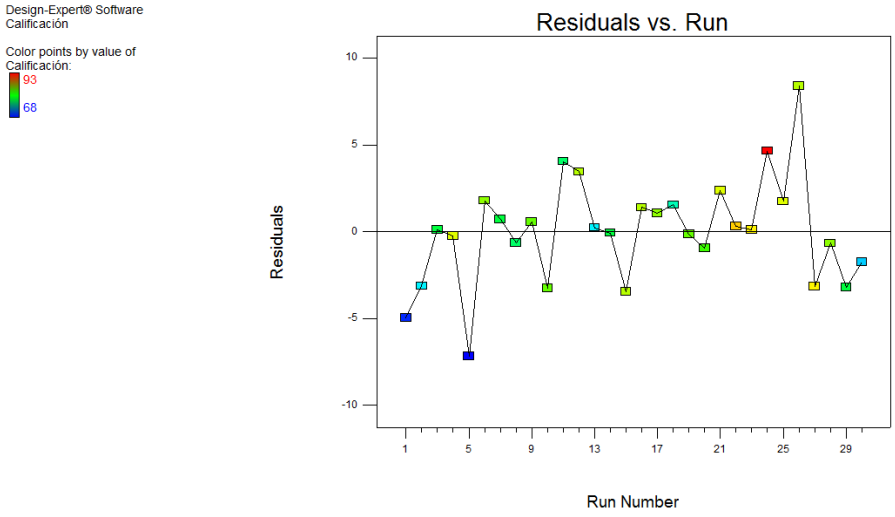


Gráfico 38. Gráfico de los residuales en secuencia del tiempo para la calificación de las velas[115]

[114] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®
[115] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

En este gráfico se observa una ligera tendencia a aumentar los residuales en las primeras observaciones, sin embargo, a partir de la 5 observación los residuales se estabilizan, por lo que se concluye que no hay ninguna correlación entre los residuos, y por lo tanto, no se viola el supuesto de independencia.

Supuesto de igualdad de varianza

Para examinar esto, se realiza una gráfica de los residuales contra los valores ajustados

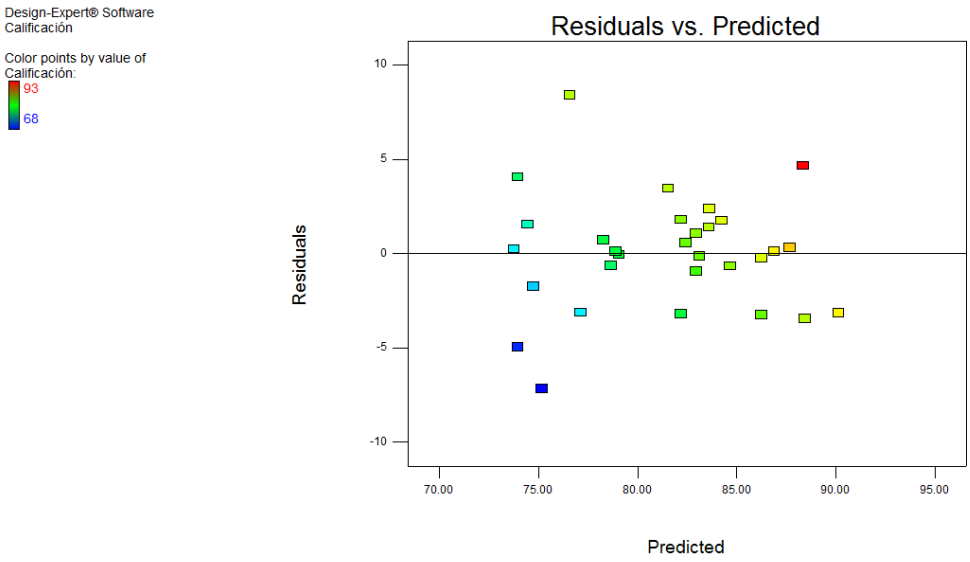


Gráfico 39. Residuales contra los valores ajustados para la calificación de las velas[116]

En esta gráfica se puede observar que no existe ninguna tendencia marcada, por lo cual se concluye que no es necesario hacer ninguna transformación, pues esta gráfica indica la igualdad de varianzas.

Además, mediante la siguiente gráfica se determina que los valores predichos se ajustan a los valores actuales, lo cual está en concordancia con el estadístico Predicción

[116] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

Adecuada, el cual indica que los modelos indicados anteriormente tienen un desempeño razonable en la predicción:

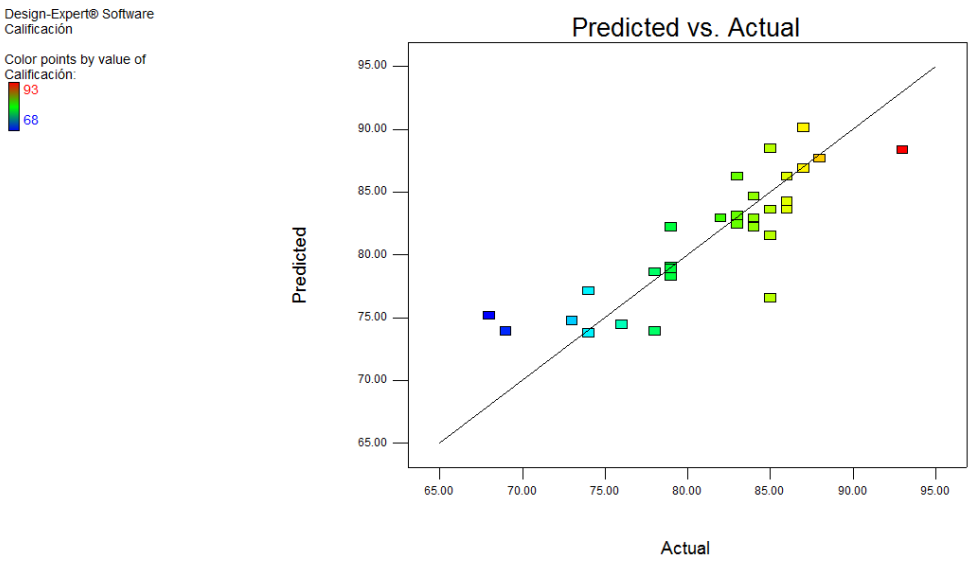


Gráfico 40. Valores actuales contra valores ajustados para la calificación de las velas[117]

[117] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

4.4.1.4. Análisis de la duración

Se tomó el tiempo que dura una vela para cada una de las corridas, y cabe mencionar que mientras se realizaba esta prueba, no se evidenció la existencia de humo negro en ninguna de las velas. Dicho esto, se hacen los siguientes análisis de duración:

Análisis de ajuste

Tabla 41. Ajuste del modelo de la duración[118]

Order Abbreviations in Fit Summary Table
M = Mean L = Linear ME = Main effects Q = Quadratic SC = Special Cubic C = Cubic

Combined Model Mixture Process Fit Summary Table

		Sequential p-value			Summary Statistics		
Mix Order	Process Order	Mix	Process	Lack of Fit	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	
M	M						
M	ME		0.1037		0,1163951	-0,0540416	
M	2FI		0.6487		0,07666572	-0,1980221	
M	M						
L	M	0.1127			0,08629201	-0,0854223	
L	ME	0.3710	0.3222		0,15908336	-0,6293645	Suggested
L	2FI	0.2195	0.2508		0,28451318	-3,8810526	
L	M						
Q	M	0.5640			0,05426418	-0,3119592	
Q	ME	0.1236	0.1052		0,59489588		
Q	2FI	* < 0.0001	* < 0.0001		1		Aliased
Q	M						
SC	M	0.8211			0,01538553	-0,4569953	
SC	ME	* 0.5599	* 0.2565		0,55673728		Aliased
SC	2FI	*	* < 0.0001		1		Aliased
SC	M						
C	M	0.0420			0,24152507	-0,4818647	Suggested
C	ME	*	*				Aliased
C	2FI	*	*				Aliased

De esta tabla se puede determinar, a priori, que el modelo que mejor se ajusta a esta respuesta en el espacio experimental, es un modelo lineal que toma en cuenta los efectos principales de la mecha y/o del agua que se use para el enfriamiento.

[118] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

ANOVA

Para conocer qué efectos son significativos para el tiempo de desmoldeo, primero se realiza un ANOVA que incluya a todos los efectos, tomando en cuenta las hipótesis (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 409):

$$H_0: \beta_0 = \beta_1 = \ldots = \beta_{21} = 0$$

$$H_1: Al\ menos\ un\ coeficiente\ es\ diferente\ de\ 0$$

Tabla 42. ANOVA para la duración considerando todos los efectos[119]

Analysis of variance table [Classical sum of squares - Type II]

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	18908,9942	27	700,33312	5,06559493	0.1780	not significant
Linear Mixtu	2864,51712	2	1432,25856	10,359701	0.0880	
AB	16,4868711	1	16,4868711	0,11925155	0.7628	
AC	17,6554809	1	17,6554809	0,12770425	0.7550	
AD	14,2467472	1	14,2467472	0,10304846	0.7786	
AE	2671,64435	2	1335,82218	9,66216484	0.0938	
BC	186,392658	1	186,392658	1,34820084	0.3654	
BD	0,7916344	1	0,7916344	0,00572599	0.9466	
BE	126,136624	2	63,0683122	0,4561808	0.6867	
CD	2026,96681	1	2026,96681	14,6612983	0.0619	
CE	551,997965	2	275,998983	1,99633433	0.3337	
ABC	360,651345	1	360,651345	2,6086352	0.2476	
ABD	398,963375	1	398,963375	2,88575079	0.2315	
ABE	1116,58053	2	558,290267	4,03818164	0.1985	
ACD	408,467537	1	408,467537	2,95449555	0.2278	
ACE	1110,95381	2	555,476906	4,01783226	0.1993	
BCD	18,6759471	1	18,6759471	0,1350854	0.7485	
BCE	1173,65524	2	586,82762	4,2445958	0.1907	
AB(A-B)	359,795091	1	359,795091	2,60244181	0.2480	
AC(A-C)	361,288676	1	361,288676	2,61324509	0.2474	
BC(B-C)	603,240797	1	603,240797	4,36331431	0.1719	
Residual	276,505772	2	138,252886			
Lack of Fit	276,505772	1	276,505772			
Pure Error	0	1	0			
Cor Total	19185,5	29				

A pesar de que la falta de ajuste no es significativa, existen aún términos que no son significativos y que deben ser suprimidos del modelo para mejorar su ajuste, así, con un nivel de significancia del 5%, se llega a reducir el modelo hasta obtener el siguiente ANOVA:

[119] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

Tabla 43. ANOVA del modelo final para la duración[120]

Analysis of variance table [Classical sum of squares - Type II]

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	17104,027	19	900,211948	4,32487933	0.0109	significant
Linear Mixtu	2864,51712	2	1432,25856	6,88098558	0.0132	
AB	221,424941	1	221,424941	1,06378965	0.3267	
AC	229,70559	1	229,70559	1,10357229	0.3182	
AD	65,9649153	1	65,9649153	0,31691459	0.5859	
AE	2505,5705	2	1252,78525	6,01874375	0.0192	
BD	30,5114909	1	30,5114909	0,14658605	0.7098	
BE	253,806586	2	126,903293	0,60968023	0.5625	
CD	1669,92225	1	1669,92225	8,02279091	0.0178	
CE	677,887554	2	338,943777	1,62838422	0.2442	
ABD	1529,31566	1	1529,31566	7,34727606	0.0219	
ABE	3958,08807	2	1979,04404	9,50790163	0.0049	
ACD	1526,62374	1	1526,62374	7,3343433	0.0220	
ACE	3973,16634	2	1986,58317	9,54412182	0.0048	
Residual	2081,47298	10	208,147298			
Lack of Fit	2081,47298	9	231,274776			
Pure Error	0	1	0			
Cor Total	19185,5	29				

De este ANOVA es importante recalcar que un valor P para el modelo de 0.0109 indica que existe esta probabilidad de que un valor F de 4.32 sea provocado por ruido, es decir, que el modelo no explique la variable de respuesta. Además, es importante recalcar que, a pesar de que las interacciones de segundo orden CE, BE, BD, AD, AC y AB no son significativas (con el 5% de significancia), es necesario incluirlas en el modelo, debido al principio de jerarquía, mencionado en el punto 3.5.1. Análisis de varianza. Además, el R^2 ajustado del 68.54% indica que este porcentaje de la variabilidad en la duración de las velas que está explicada por el modelo; a pesar de que este es un porcentaje bajo, una precisión adecuada de 7.93 indica que el modelo tendrá un desempeño razonable en la predicción, como lo establecido en el punto 3.5.3. $\boldsymbol{R^2_{ajustada}}$. Así, en términos de las variables reales, los modelos son:

[120] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

Con mecha de 8 hebras y agua de la cisterna:

Duración = 8.9×10^5 * Aditivo + 485.42 * Parafina 1 + 624.34 * Parafina 2 - 9.14×10^5 * Aditivo * Parafina 1 - 9.22×10^5 * Aditivo * Parafina 2

Superficie de respuesta

Ver la gráfica 10 del Anexo 7.

Con mecha de 8 hebras y agua potable:

Duración = 5.86×10^5 * Aditivo + 455.77 * Parafina 1 + 468.42 * Parafina 2 - 6.02×10^5 * Aditivo * Parafina 1 - 6×10^5 * Aditivo * Parafina 2

Superficie de respuesta

Ver la gráfica 11 del Anexo 7.

Con mecha de 8 hebras y agua mezclada

Duración = -8432.92 * Aditivo + 299.8 * Parafina 1 + 398.16 * Parafina 2 + 11551.27 * Aditivo * Parafina 1 + 10033.36 * Aditivo * Parafina 2

Superficie de respuesta

Ver la gráfica 12 del Anexo 7.

Con mecha de 12 hebras y agua de la cisterna:

Duración = 3.63×10^5 * Aditivo + 387.99 * Parafina 1 + 480.84 * Parafina 2 - 3.71×10^5 * Aditivo * Parafina 1 - 3.79×10^5 * Aditivo * Parafina 2

Superficie de respuesta

Ver la gráfica 13 del Anexo 7.

Con mecha de 12 hebras y agua potable

Duración =59 248.42 * Aditivo + 358.34 * Parafina 1 + 324.86 * Parafina 2 - 58 957.38 * Aditivo * Parafina 1 – 57 575.1 * Aditivo * Parafina 2

Superficie de respuesta

Ver la gráfica 14 del Anexo 7.

Con mecha de 12 hebras y agua mezclada

Duración = -5.35×10^5 * Aditivo + 202.36 * Parafina 1 + 254.6 * Parafina 2 + 5.55×10^5 * Aditivo * Parafina 1 + 5.52×10^5 * Aditivo * Parafina 2

Superficie de respuesta

Ver la gráfica 15 del Anexo 7.

Ahora, con estos factores incluidos en el modelo, y con las regiones factibles para la optimización mostradas en los gráficos anteriores, se deben revisar los diagnósticos del ajuste. El primer diagnóstico que se revisa es el gráfico Box-Cox, para determinar si es necesario o no realizar alguna transformación para ajustar los datos. El resultado es el siguiente:

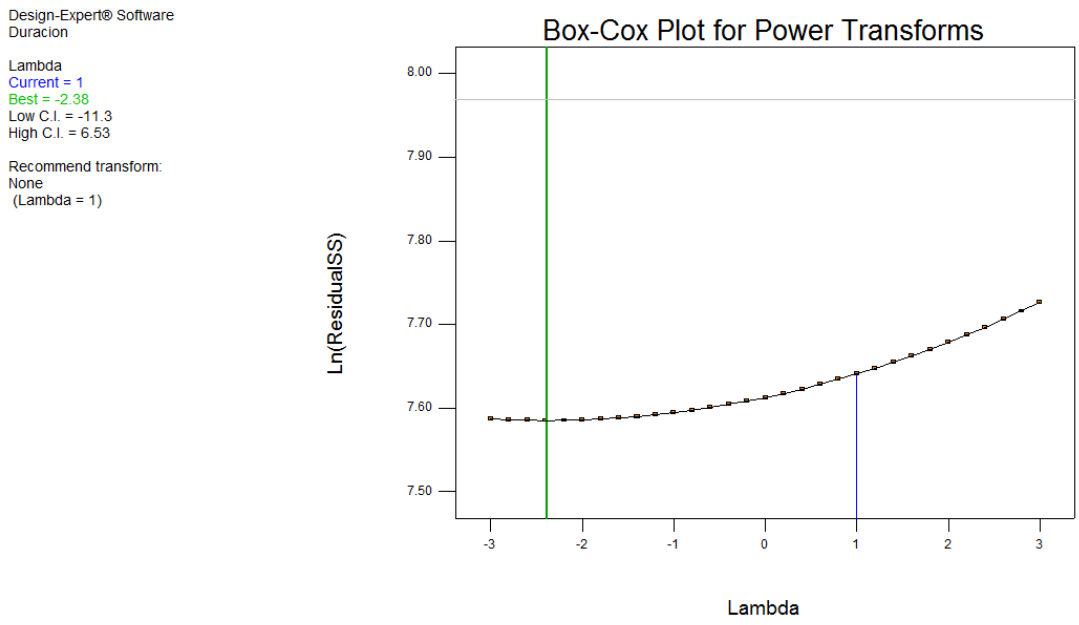


Gráfico 41. Gráfico Box-Cox para la duración[121]

De aquí se puede concluir que no es necesario realizar ninguna transformación a los datos. El siguiente paso es verificar si los residuos se comportan adecuadamente.

Análisis de los residuos

Estos análisis están basados en la teoría expuesta en el punto 3.5.2. Análisis de los residuos.

Supuesto de Normalidad

Se grafica la siguiente gráfica de probabilidad normal de los residuos:

[121] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

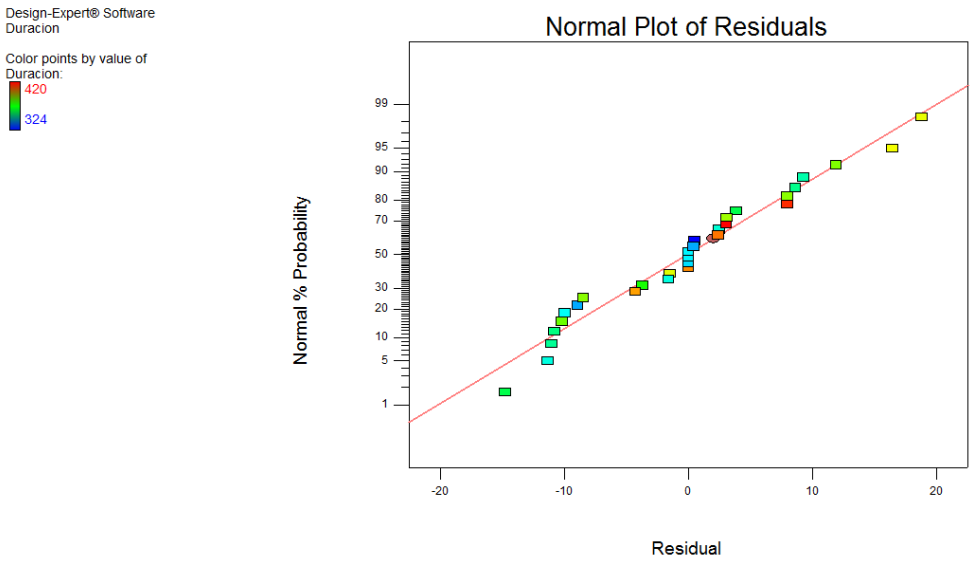


Gráfico 42. Gráfica de probabilidad normal de los residuos para la duración[122]

De esta gráfica, se puede concluir que los residuos cumplen con el supuesto de normalidad.

Supuesto de independencia

Se realizó el siguiente gráfico de los residuales en secuencia del tiempo:

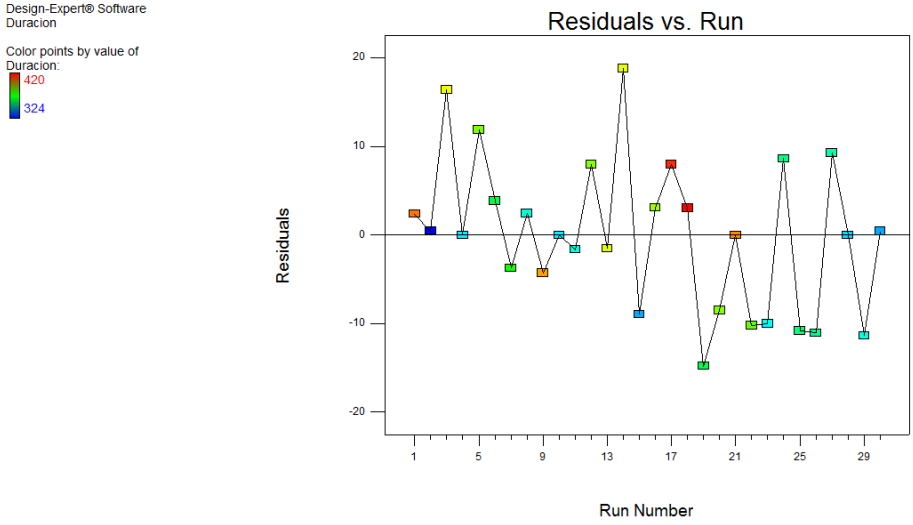


Gráfico 43. Gráfico de los residuales en secuencia del tiempo para la duración[123]

[122] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®
[123] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

En este gráfico no se observa ninguna tendencia a tener corridas positivas o negativas, por lo que se concluye que no hay ninguna correlación entre los residuos, y por lo tanto, no se viola el supuesto de independencia.

Supuesto de igualdad de varianza

Para examinar esto, se realiza una gráfica de los residuales contra los valores ajustados

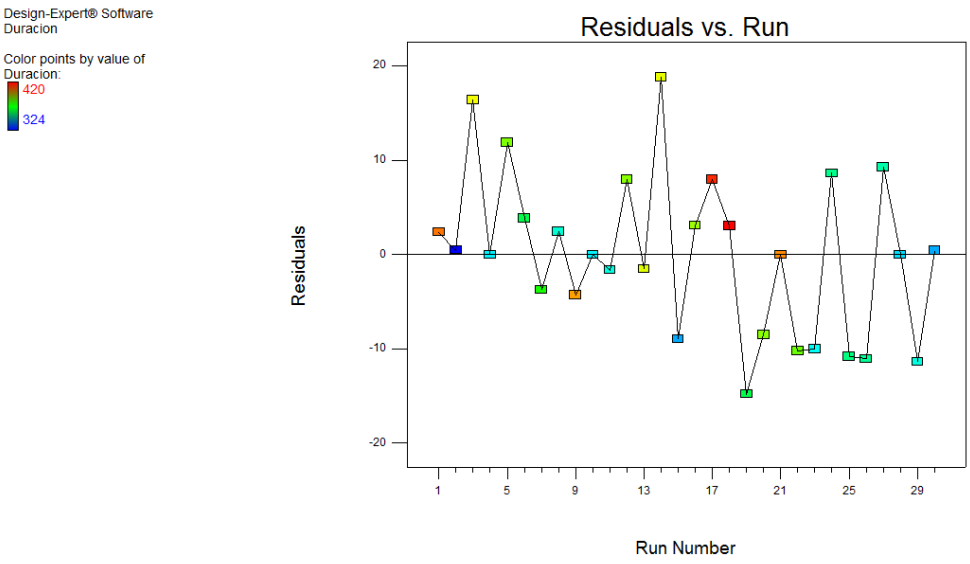


Gráfico 44. Residuales contra los valores ajustados[124]

En esta gráfica se puede observar que no existe ninguna tendencia marcada, por lo cual se concluye que no es necesario hacer ninguna transformación, pues esta gráfica indica la igualdad de varianzas.

Además, mediante la siguiente gráfica se determina que los valores predichos se ajustan a los valores cuadrados, lo cual va en concordancia con el R^2 ajustado obtenido anteriormente:

[124] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

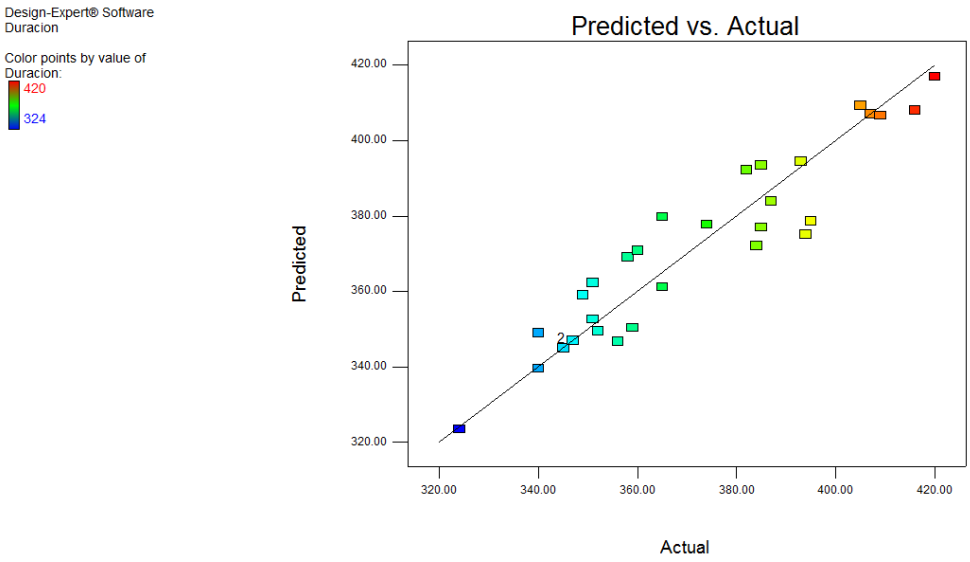


Gráfico 45. Valores actuales contra valores ajustados[125]

4.4.1.5. Análisis de la altura de la llama

Al tomar la altura de la llama como variable de respuesta, se hacen los siguientes análisis:

Análisis de ajuste

Para conocer a breves rasgos qué modelo se ajustaría a esta respuesta, se toma en cuenta la siguiente tabla:

[125] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

Tabla 44. Análisis de ajuste para la altura de la llama[126]

Order Abbreviations in Fit Summary Table
M = Mean L = Linear ME = Main effects Q = Quadratic SC = Special Cubic C = Cubic

Combined Model Mixture Process Fit Summary Table

		Sequential p-value			Summary Statistics		
Mix Order	Process Order	Mix	Process	Lack of Fit	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	
M	M						
M	ME		< 0.0001	0.4192	0,49776738	0,40531891	Suggested
M	2FI		0.7386	0.4080	0,46948242	0,32951118	
M	M						
L	M	0.3261		0.3060	0,01147098	-0,13898468	
L	ME	0.1875	0.0018	0.4487	0,57837998	0,25480085	
L	2FI	0.3938	0.7333	0.4121	0,51152976	-1,63023928	
L	M						
Q	M	0.7290		0.2957	-0,05457157	-0,37876716	
Q	ME	0.5861	0.1044	0.4028	0,5498941		
Q	2FI	* 0.4121	* 0.4028		0,83855004		Aliased
Q	M						
SC	M	0.8601		0.2895	-0,0989039	-0,51402886	
SC	ME	* 0.1054	* 0.0513	0.6070	0,85392076		Aliased
SC	2FI	*	* 0.6070		0,83855004		Aliased
SC	M						
C	M	0.0998		0.3119	0,06893493	-0,54283448	
C	ME	*	*	1.0000			Aliased
C	2FI	*	*	1.0000			Aliased

* The combined model is aliased

En base a esta tabla, existe indicios de que el mejor modelo toma en cuenta sólo los efectos principales.

ANOVA

Mediante el ANOVA, se determina los efectos que afectan a la altura de la llama. Para ello, se toman en cuenta primero a todos los efectos, como se muestra a continuación:

[126] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

Tabla 45. ANOVA de la altura de la llama, considerando todos los efectos no aliados[127]

Analysis of variance table [Classical sum of squares - Type II]

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	7,56753169	24	0,31531382	3,05851799	0.1083	not significant
Linear Mixtu	0,64377374	2	0,32188687	3,12227604	0.1318	
AB	0,1113146	1	0,1113146	1,07974243	0.3464	
AC	0,11495489	1	0,11495489	1,11505295	0.3393	
AD	0,00687362	1	0,00687362	0,06667358	0.8065	
AE	0,00288989	2	0,00144494	0,01401584	0.9861	
BC	0,09081463	1	0,09081463	0,88089439	0.3910	
BD	0,19310217	1	0,19310217	1,87307511	0.2294	
BE	0,10686572	2	0,05343286	0,51829433	0.6244	
CD	1,29087629	1	1,29087629	12,5213933	0.0166	
CE	0,11803869	2	0,05901935	0,57248278	0.5972	
ABC	0,23726397	1	0,23726397	2,30144091	0.1897	
ABD	0,25017636	1	0,25017636	2,42669006	0.1800	
ABE	0,52291334	2	0,26145667	2,5361081	0.1736	
ACD	0,24303525	1	0,24303525	2,35742184	0.1853	
ACE	0,5316524	2	0,2658262	2,57849216	0.1700	
BCD	0,05334954	1	0,05334954	0,5174861	0.5041	
BCE	0,40500588	2	0,20250294	1,9642618	0.2347	
Residual	0,51546831	5	0,10309366			
Lack of Fit	0,47046831	4	0,11761708	2,61371284	0.4303	not significant
Pure Error	0,045	1	0,045			
Cor Total	8,083	29				

De este ANOVA se concluye que el modelo no es significativo al tomar en cuenta todos los efectos, a pesar de que la prueba de falta de ajuste no sea significativa. Por lo tanto, se procedió a eliminar los efectos no significativos, con un valor de significancia del 5%, desde atrás para adelante. El resultado fue el siguiente:

[127] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

Tabla 46. ANOVA de la altura de la llama con los efectos significativos[128]

Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	5,4735734	4	1,36839335	13,1100962	< 0.0001	significant
Linear Mixtu	0,64377374	2	0,32188687	3,08388508	0.0635	
BD	1,04683798	1	1,04683798	10,0293871	0.0040	
CD	2,69397188	1	2,69397188	25,8099986	< 0.0001	
Residual	2,6094266	25	0,10437706			
Lack of Fit	2,5644266	24	0,10685111	2,37446908	0.4775	not significant
Pure Error	0,045	1	0,045			
Cor Total	8,083	29				

De este ANOVA, se puede concluir que el modelo es altamente significativo, pues existe una probabilidad menor al 0.01% de que un valor F de 13.11 sea debido a ruido. Además, se observa que la interacción entre la Mecha y los dos tipos de parafina es significativo con el 5% de significancia. También se puede observar que el valor P de la mezcla es de 0.0635, lo cual es mayor al 5%, sin embargo, se lo consideró como significativo, pues las interacciones de las parafinas con la mecha fue significante.

Al observar el R^2 ajustado, se pudo determinar que el 62.55% de la variabilidad en el modelo es explicada por el modelo; a pesar de que éste es un porcentaje bajo, al observar el estadístico Predicción Adecuada, basados en lo expuesto en el punto 3.5.3. $\boldsymbol{R^2_{ajustada}}$, se determina que el modelo tendrá un desempeño razonable en la predicción, pues este valor es igual a 9.84, que es mayor a 4. Por lo tanto, los modelos que se utilizan para las predicciones son:

Para la mecha de 8 hebras

Altura de la llama = 1.333 * Aditivo + 4.55 * Parafina 1 + 4.79 * Parafina 2

[128] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

Superficie de respuesta

Ver la gráfica 16 del Anexo 7.

Para le mecha de 12 hebras

Altura de la llama = 1.33 * Aditivo + 5.16 * Parafina 1 + 5.8 * Parafina 2

Superficie de respuesta

Ver la gráfica 17 del Anexo 7.

Una vez que se tienen estos modelos, es necesario realizar un diagnóstico de verificación para determinar si el modelo es adecuado o no. El primer diagnóstico revisado es el gráfico de transformaciones de Box-Cox, en el que se observa lo siguiente:

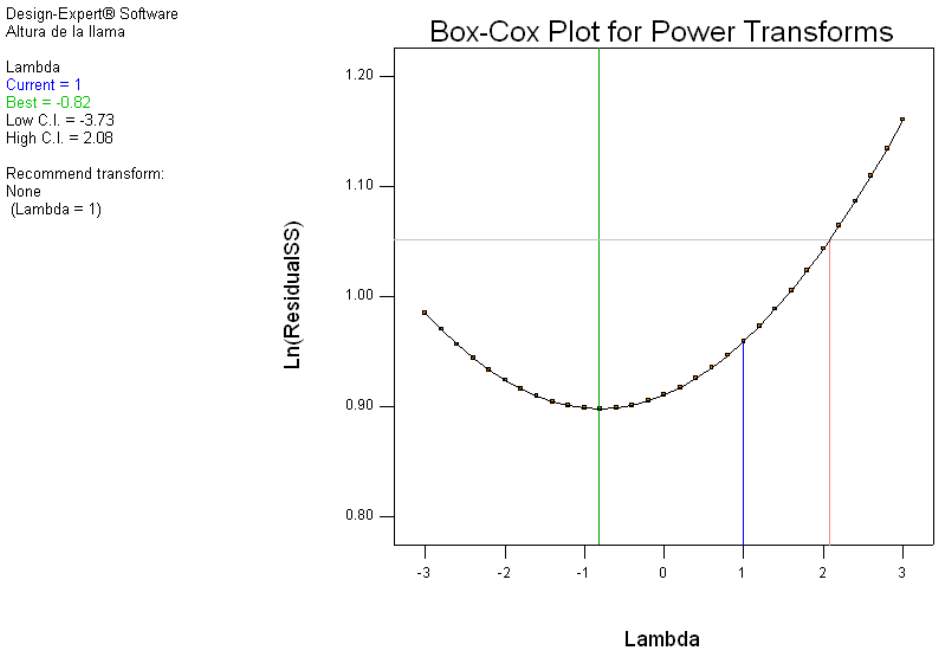


Gráfico 46. Gráfico de Box-Cox para la altura de la llama

De aquí se puede concluir que no es necesario realizar ninguna transformación, por lo que podemos decir a breves rasgos que no se esperan violaciones en los supuestos de los residuos, que se analizan a continuación

Análisis de los residuos

Estos análisis están basados en la teoría expuesta en el punto 3.5.2. Análisis de los residuos.

Supuesto de Normalidad

Se grafica la siguiente gráfica de probabilidad normal de los residuos:

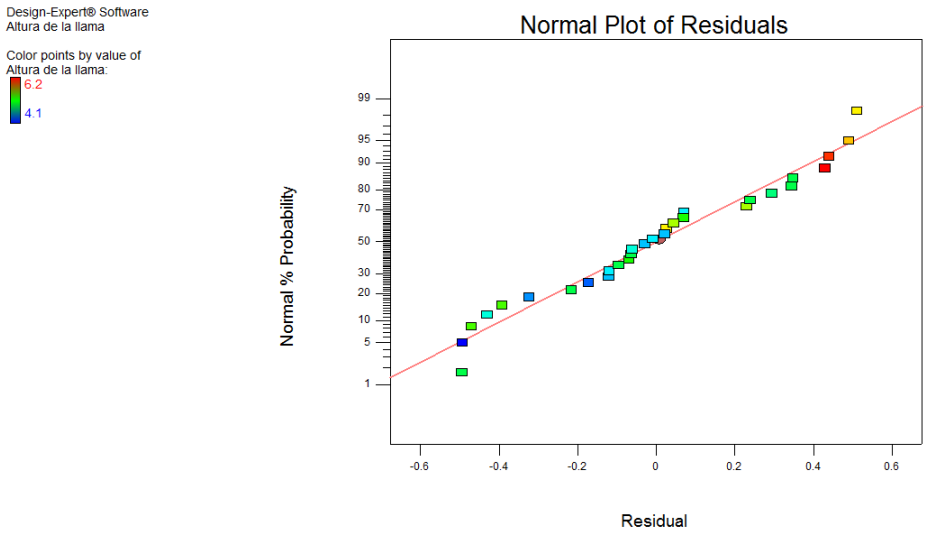


Gráfico 47. Gráfica de probabilidad normal de los residuos para la altura de la llama[129]

De esta gráfica, se puede concluir que los residuos cumplen con el supuesto de normalidad.

Supuesto de independencia

Se realizó el siguiente gráfico de los residuales en secuencia del tiempo:

[129] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

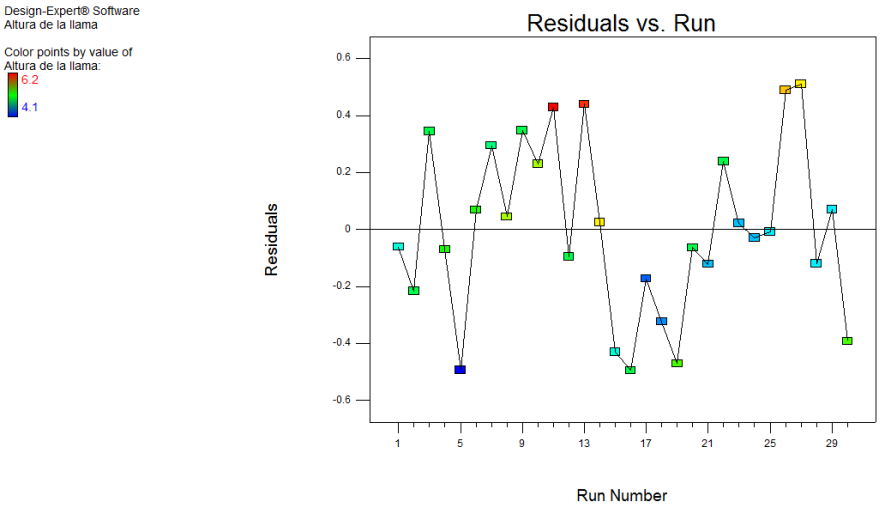


Gráfico 48. Gráfico de los residuales en secuencia del tiempo para la altura de la llama[130]

En este gráfico no se observa ninguna tendencia a tener corridas positivas o negativas, por lo que se concluye que no hay ninguna correlación entre los residuos, y por lo tanto, no se viola el supuesto de independencia.

Supuesto de igualdad de varianza

Para examinar esto, se realiza una gráfica de los residuales contra los valores ajustados

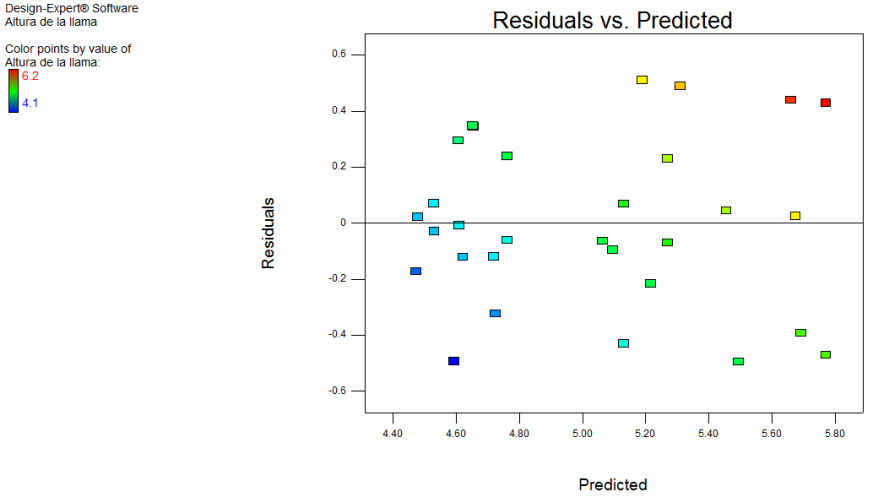


Gráfico 49. Residuales contra los valores ajustados[131]

[130] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®
[131] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

En esta gráfica se puede observar que no existe ninguna tendencia marcada, por lo cual se concluye que no es necesario hacer ninguna transformación, pues esta gráfica indica la igualdad de varianzas.

Además, mediante la siguiente gráfica se determina que los valores predichos se ajustan a los valores cuadrados, lo cual va en concordancia con el R^2 ajustado obtenido anteriormente:

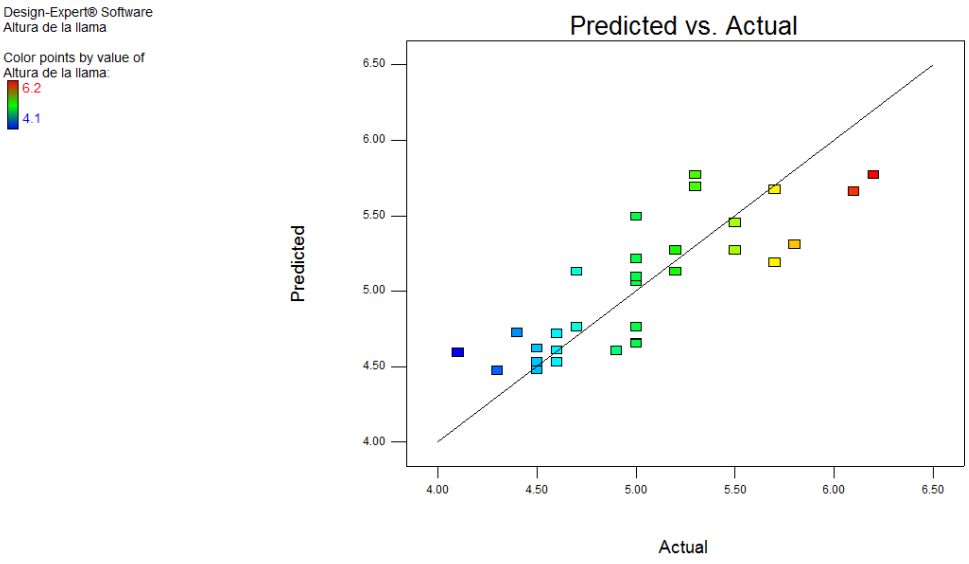


Gráfico 50. Valores actuales contra valores ajustados para la altura de la llama[132]

4.4.1.6. Optimización del diseño robusto

Desde el punto 4.4.1.1. Análisis del costo hasta el punto 4.4.1.5. Análisis de la altura de la llama, se ha tratado a las respuestas como una superficie de respuesta, con los coeficientes obtenidos por mínimos cuadrados. Además, se incluyó a la variable Agua de enfriamiento como un factor de ruido, pues no se tiene control sobre la temperatura del agua

[132] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Software estadístico Design Expert ®

para enfriar a las máquinas, pero se determinó que en algunos factores, el tipo de enfriamiento de las máquinas sí influyen en la respuesta. Además, las varianzas de los residuales se encuentran documentadas en cada uno de los ANOVA realizados. El siguiente paso que se debe hacer es optimizar las respuestas, mediante el siguiente problema no lineal:

$$\min Costo$$

$$\min Tiempo\ de\ desmoldeo$$

$$\max Calificación$$

$$\max Duración$$

$$\max Altura\ de\ la\ llama$$

sujeto a:

$$Aditivo \leq 2{,}5\%$$

$$Aditivo \geq 0{,}75\%$$

$$Parafina\ 1 \leq 99{,}25\%$$

$$Parafina\ 2 \leq 99{,}25\%$$

$$Parafina\ 1 \geq 0; Parafina\ 2 \geq 0$$

Al aplicar la teoría expuesta en el punto 3.5.5.2. Optimización de respuestas múltiples a este problema, se dieron las siguientes importancias a cada una de las respuestas (Las importancias fueron dadas según las prioridades de la gerencia):

Tabla 47. Importancias de las respuestas[133]

Respuesta	Importancia
Costo	+++++
Calificación	++++
Tiempo de desmoldeo	+++
Duración	++
Altura de la llama	+

Entonces, al solucionar el problema con ayuda del software estadístico Design Expert®, se obtienen las siguientes soluciones, ordenadas en orden descendente en términos de deseabilidad:

Tabla 48. Optimización del proceso[134]

	Mezcla			Proceso		Desempeño de mezcla y el proceso					
Número	Aditivo	Parafina 1	Parafina 2	Mecha (hebras)	Agua para enfriar las máquinas	Costo (dólares/kg)	Tiempo de desmoldeo (min)	Calificación (/100)	Duración (min)	Altura de la llama (cm)	Deseabilidad (%)
1	0,70%	0,00%	99,30%	8	Potable	$1,56	12,93	87,68	392,20	4,76	82,99%
2	1,20%	0,00%	98,80%	12	Potable	$1,56	8,17	84,12	349,97	5,75	73,01%
3	2,50%	0,00%	97,50%	8	Cisterna	$1,57	17,58	85,33	392,27	4,70	70,82%
4	2,50%	18,00%	79,50%	8	Mezcla	$1,61	15,14	81,48	411,10	4,66	67,11%
5	0,70%	0,00%	99,30%	8	Cisterna	$1,56	21,09	83,12	433,79	4,76	65,85%
6	0,70%	0,00%	99,30%	12	Cisterna	$1,56	21,67	83,12	379,80	5,77	63,39%
7	0,70%	24,30%	74,90%	8	Mezcla	$1,61	14,56	79,29	385,44	4,70	62,58%
8	2,50%	0,00%	97,50%	8	Potable	$1,57	9,62	74,52	476,94	4,70	62,55%
9	1,20%	28,40%	70,40%	12	Mezcla	$1,62	18,05	80,93	372,88	5,57	60,32%
10	2,00%	24,20%	73,80%	12	Mezcla	$1,62	19,80	82,31	374,95	5,56	59,08%
11	2,50%	22,70%	74,80%	12	Mezcla	$1,62	17,30	82,94	341,65	5,55	55,56%
12	2,50%	68,60%	28,90%	12	Cisterna	$1,71	17,51	91,08	387,47	5,25	52,79%

De esta tabla de optimización, se puede determinar que la mejor mezcla, en términos de deseabilidad, es: 0,70% de aditivo, 0% de Parafina 1 y 99,3% de Parafina 2; además, debe

[133] **Fuente:** Gerencia de ALMON del Ecuador S.A.; **Elaboración:** Propia

[134] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Modificación propia de la optimización del Software estadístico Design Expert ®

utilizarse la mecha de 8 hebras, y las máquinas tienen que ser enfriadas con agua potable. Hacer esto representa un costo de materias primas de $1,56/kg, tiempo de desmoldeo de 12,93 minutos, calificación de 87,68/100, las velas durarían 392,2 minutos y la altura de la llama sería de 4,76 cm; esta solución se encuentra 82,99% cerca del óptimo global del proceso, tomando en cuenta todas las respuestas. Esta es la manera como se debe leer esta tabla para cada una de las soluciones, por lo cual la empresa debe decidir qué opción tomar, dependiendo de sus prioridades en un momento dado.

Además, ya dada la mejor formulación de la vela, es necesario incluir aroma y color a las velas. Ya que se conoce que el cliente desea tener un aroma que se esparce por el ambiente, es necesario colocar la mayor cantidad de aroma en la mezcla que la empresa está dispuesta a poner, que es del 0,04%, con un costo de $25 por kilo; además, con el color, se deben agregar colores a la mezcla, sin exceder el 0,01%, con un costo de $30 por kilo, pues este es el porcentaje dado por la empresa según su experiencia, y con el cual no fue posible hacer más experimentos.

Finalmente, es necesario indicar que el costo por materias primas de producir un kilo del nuevo producto está dado por:

Ecuación 34. Costo de 1kg de materias primas del nuevo producto[135]

$$Costo\ de\ materias\ primas = 2{,}5x_1 + 1{,}75x_2 + 1{,}55x_3 + 25(0{,}0004) + 30(0{,}0001)$$

Donde x_1, x_2 y x_3 denotan la proporción de aditivo, parafina 1 y parafina 2 respectivamente, el 0,0004 es el porcentaje máximo de aroma por kilo, cuyo costo es de 25 dólares por kilo, y el 0,0001 es el porcentaje máximo de color, cuyo costo es de 30 dólares por

[135] **Fuente:** Gerencia de ALMON del Ecuador S.A.; **Elaboración:** Propia

kilo. Entonces, a los costos obtenidos en la Tabla 48. Optimización del proceso, se le debe sumar un costo de $0,013 por kilo, debido al color y el aroma.

Al conversar con la gerencia los costos óptimos, se determinó que un paquete de 6 velas, con aroma y color podría ser vendido en el Valle de los Chillos a un precio de venta al público de $1,20 por paquete.

4.4.2. Comparación de los CTQ's de la vela diseñada con la competencia

A continuación se hace una comparación de los factores más críticos de la calidad de la vela diseñada anteriormente, con lo obtenido en el Benchmarking. En esta comparación se encuentra principalmente el aroma, el color, el empaque, el tamaño, la duración, la iluminación (en términos de altura de la llama) y el precio (fijado por la gerencia una vez que conoció el costo óptimo):

Tabla 49. Comparación de los CTQ's de la competencia Tungurahua y Santa Fe contra Santa Mónica[136]

	Marca		
CTQ	**Tungurahua**	**Santa Fe**	**Santa Mónica**
Aroma	No	No	Sí
Color	Aproximado a PANTONE Cool Gray 1 C	Aproximado a PANTONE Cool Gray 1 C	Diferentes Colores
Empaque	De papel color azul o blanco	De papel color blanco	Transparente
Tamaño	22cm × 1,7cm	18,5cm × 1,5cm	19cm × 1,5cm
Duración	Media = 316,5min LCL = 248,9min	Media = 253,2min LCL = 4,452min	Media = 392,2min LCL = Ver sección 4.5.2. Propuesta de un plan de Control Estadístico de Procesos
Altura de la llama	Media = 5,66cm LCL = 4,452cm	Media = 4,5cm LCL = 3,977cn	Media = 4,76cm LCL = Ver sección 4.5.2. Propuesta de un plan de Control Estadístico de Procesos
Precio de venta al público	$1,25	$1,30	$1,20

De esta tabla se observa que la vela diseñada es competitiva, pues posee características como el color, el aroma y el empaque que la competencia no posee; para poder conocer que tan competitivo es el nuevo paquete en cuanto a iluminación y duración ver la sección siguiente.

[136] **Fuente:** Benchmarking, Encuestas a las tiendas y Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Propia

4.4.3. Desempeño previsto para los CTQ's

4.4.3.1. Capacidad esperada del proceso

Para conocer la capacidad del proceso, se deben tomar en cuenta los CTQ's medidos en el experimento y asociados con el producto; cabe indicar que el costo del producto no se analiza en esta sección, pues es una característica que no depende directamente de la empresa, sino de las refinerías.

Además, la desviación estándar se estima en base al cuadrado medio de los residuales obtenidos de las estimaciones por mínimos cuadrados de los experimentos realizados en la sección anterior, ya que se realizó la optimización de un diseño robusto (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 493). También es necesario indicar que la media de cada una de las características se la estima a base de la optimización mostrada en la Tabla 48. Optimización del proceso. Además, para poder tener las especificaciones de la duración y la altura de la llama, se observó los límites de especificaciones más exigentes obtenidos en el Benchmarking, los cuales corresponden a las especificaciones de velas Tungurahua, que es la marca que lidera el mercado estudiado.

Finalmente, se debe indicar que la teoría referente a la capacidad del proceso se encuentra expuesta en la sección 3.5.6. Capacidad del proceso.

3.5.6. Capacidad del proceso

4.4.3.1.1. Capacidad esperada del tiempo de desmoldeo del proceso

Se consultó con el dueño del proceso de fabricación de velas, quien indicó que mientras menor sea el tiempo de desmoldeo, es mejor para la empresa, y que se tiene como estándar que el tiempo de desmoldeo no debe superar los 18 minutos. Entonces se tiene un límite de especificación superior USL = 18 minutos.

La media del tiempo de desmoldeo es de 12,93 minutos (ver Tabla 48. Optimización del proceso), y su desviación estándar es $\hat{\sigma} = \sqrt{MS_{residuales}} = \sqrt{1{,}3516} = 1{,}16min$ (ver Tabla 37. ANOVA del modelo final para el tiempo de desmoldeo).

Por lo tanto, la capacidad real del proceso, utilizando la Ecuación 15 es:

$$\hat{C}_p = \hat{C}_{pu} = \hat{C}_{pk} = \frac{USL - \hat{\mu}}{3\hat{\sigma}} = \frac{18 - 12{,}93}{3(1{,}16)} = 1{,}45$$

Este C_p indica que el proceso se encuentra dentro de las especificaciones, y al ver la Tabla 7, se determina que el tiempo de desmoldeo saldrá de la especificación de 18 minutos alrededor de 14 veces por millón de oportunidades.

4.4.3.1.2. Capacidad esperada de la calificación

Se consultó con el gerente de la empresa, quien indicó que la calificación no debe ser menor a 70/100 para que el producto pueda salir al mercado; por lo tanto, se tiene una especificación inferior LSL = 70.

La media de la calificación es de 87,68 / 100 (ver Tabla 48. Optimización del proceso), y su desviación estándar es $\hat{\sigma} = \sqrt{MS_{residuales}} = \sqrt{16{,}0347} = 4$ (ver Tabla 40. ANOVA del modelo final para las calificaciones de las velas).

Por lo tanto, la capacidad real del proceso, utilizando la Ecuación 15 es:

$$\hat{C}_p = \hat{C}_{pl} = \hat{C}_{pk} = \frac{\hat{\mu} - LSL}{3\hat{\sigma}} = \frac{87{,}68 - 70}{3(4)} = 1{,}47$$

Este C_p indica que el proceso se encuentra dentro de las especificaciones, y al ver la Tabla 7, se determina que se producirán alrededor de 4 velas defectuosas por millón de oportunidades.

4.4.3.1.3. Capacidad esperada de la duración

Las especificaciones de la duración vienen dadas por el Benchmarking, entonces, se requiere conseguir que la vela dure un mínimo de 248,9 ya que este es límite de especificación inferior para velas Tungurahua (líder del mercado) obtenida en la fase de Benchmarking.

La media de la duración de la vela diseñada es de 392,2 minutos (ver Tabla 48. Optimización del proceso), y su desviación estándar es $\hat{\sigma} = \sqrt{MS_{residuales}} = \sqrt{208{,}1472} = 14{,}42min$ (ver Tabla 43. ANOVA del modelo final para la duración).

Por lo tanto, la capacidad real del proceso, utilizando la Ecuación 15 es:

$$\hat{C}_p = \hat{C}_{pl} = \hat{C}_{pk} = \frac{\hat{\mu} - LSL}{3\hat{\sigma}} = \frac{392{,}2 - 248{,}9}{3(14{,}42)} = 3{,}31$$

Este C_p indica que el proceso se encuentra dentro de las especificaciones, y al ver la Tabla 7. Valores del índice de capacidad del proceso asociado a la porción caída de un proceso con una distribución normal y bajo control estadístico, se determina que se producirán menos de 0,0009 velas defectuosas en la duración por cada millón de oportunidades.

4.4.3.1.4. Capacidad esperada de la altura de la llama

Las especificaciones de la duración vienen dadas por el Benchmarking, entonces, se requiere conseguir que la vela dure un mínimo de 4,452 centímetros ya que esta representa un límite de especificación mínimo para la altura de la llama de velas Tungurahua.

La media de la duración de la vela diseñada es de 4,76 cm (ver Tabla 48. Optimización del proceso), y su desviación estándar es $\hat{\sigma} = \sqrt{MS_{residuales}} = \sqrt{0{,}1044} = 0{,}32cm$ (ver Tabla 43. ANOVA del modelo final para la duración).

Por lo tanto, la capacidad real del proceso, utilizando la Ecuación 15 es:

$$\hat{C}_p = \hat{C}_{pl} = \hat{C}_{pk} = \frac{\hat{\mu} - LSL}{3\hat{\sigma}} = \frac{4{,}76 - 4{,}452}{3(0{,}32)} = 0{,}32$$

Este C_p indica que el proceso producirá una gran cantidad de velas que no cumplen con la especificación mínima de iluminación, y al ver la Tabla 7. Valores del índice de capacidad del proceso asociado a la porción caída de un proceso con una distribución normal y bajo control estadístico, se determina que se producirán alrededor de 226 628 velas que no cumplan con el requisito mínimo de iluminación por cada millón de oportunidades. Esto se debe a que, en la optimización, la gerencia decidió que la altura de la llama es lo menos importante. Sin embargo, si se tomaría la segunda alternativa de la Tabla 48. Optimización del proceso, la altura promedio de la llama sería de 5,75cm, con lo cual se tendría el siguiente desempeño del índice de capacidad del proceso:

$$\hat{C}_p = \hat{C}_{pl} = \hat{C}_{pk} = \frac{\hat{\mu} - LSL}{3\hat{\sigma}} = \frac{5{,}75 - 4{,}452}{3(0{,}32)} = 1{,}35$$

Lo cual implica producir alrededor de 48 velas con menor iluminación que la especificación por millón de oportunidades, por tanto, es necesario hacer los mismo análisis de capacidad para la segunda alternativa de la Tabla 48. Optimización del proceso.

4.4.3.1.5. Capacidad esperada de los CTQ's para la segunda alternativa de la Tabla 48. Optimización del proceso

Siguiendo la misma estructura de análisis de los puntos anteriores, se obtienen los siguientes resultados, en donde $C_p = C_{pk}$ indica el índice de capacidad real del proceso:

Tabla 50. Capacidad esperada del proceso para el segundo producto de la Tabla 48. Optimización del proceso[137]

CTQ	LSL	USL	Media	Desviación estándar*	Cp = Cpk	Defectos (ppm)
Tiempo de desmoldeo (min)	N/A	18	8,17	1,16	2,82	Menos de 0,0009
Calificación (/100)	70	N/A	84,12	4	1,18	Alrededor de 159
Duración (min)	248,9	N/A	349,97	14,42	2,34	Menos de 0,0009
Altura de la llama	4,452	N/A	5,75	0,3	1,35	Alrededor de 48

***Desviación estándar** $= \hat{\sigma} = \sqrt{MS_{residuales}}$

Al comparar estos resultados, con los obtenidos en base a la primera opción de la optimización, se determina que es mejor fabricar las velas tomando en cuenta la segunda opción de la Tabla 48. Optimización del proceso, pues en todas las características críticas de la calidad, se produce una cantidad pequeña de defectos, como se puede observar en la Tabla 50. Lo interesante de hacer esto, es que no existe ningún aumento en centavos en el costo, pues el costo de fabricar tanto la primera como la segunda opción es de $1,56 por kilogramo (Ver Tabla 48. Optimización del proceso). Por lo tanto, es recomendable elaborar la vela utilizando una mezcla compuesta de 1,20% de aditivo, 0% de Parafina 1 y 98,8% de Parafina 2, además, debe ser fabricada con una mecha de 12 hebras, y se debe utilizar agua potable para enfriar las máquinas.

[137] **Fuente:** Experimentos para el diseño de la vela; **Elaboración:** Propia

4.4.3.1.6. Capacidad de los CTQ's para los demás procesos de la Tabla 48. Optimización del proceso

En caso de que la empresa decida cambiar el proceso a una de las otras alternativas señaladas en la Tabla 48. Optimización del proceso, debe referirse primero a las capacidades de los procesos, indicados en el Anexo 8. Capacidad esperada de los procesos propuestos en la Tabla 48. Optimización del proceso.

4.5. Fase Verificar

4.5.1. Medición de los Niveles de Satisfacción y Aceptación del Nuevo Producto

Con el fin de realizar la medición de los niveles de satisfacción se utilizó la elaboración de encuestas como herramienta para cuantificar los gustos y preferencias de las personas y así obtener el producto ganador que cumpla los requerimientos del cliente.

Ya que se sabe del análisis conjunto que el aroma es el atributo más importante, y sabiendo que el aroma debe estar ligado con los colores de las velas (Ver el grupo focal 4), 2do atributo más importante en el análisis conjunto, los 3 prototipos fueron:

Tabla 51. Prototipos para la evaluación sensorial[138]

Prototipo	Codificación	Características
1	574	Un solo color, se escogió el color azul con aroma a flores del campo
2	285	Dos colores, se escogieron el azul (aroma a flores del campo) y el rojo (aroma a fresa)
3	391	Tres colores, se escogieron el azul (aroma a flores del campo), el rojo (aroma a fresa) y el verde (aroma a pino)

[138] **Fuente:** Análisis Conjunto y Grupo Focal para el diseño de la vela; **Elaboración:** Propia

Además, el empaque transparente y el tamaño de las velas se mantuvieron constantes para los tres prototipos.

De acuerdo con lo señalado en los puntos 3.6.1. Pruebas de medición del grado de satisfacción y 3.6.2. Pruebas de aceptación, las encuestas tuvieron pruebas de satisfacción de 9 puntos, debido a que es la escala más usada y en el libro de Anzaldua-Morales (70 -72) se sugiere utilizar esta escala con las siguientes anclas semánticas:

Mediante esta escala hedónica, se evaluaron los prototipos de la Tabla 51 tomando en cuenta: el producto en general, los colores, los aromas, el empaque y el tamaño.

Adicionalmente se agregaron pruebas de aceptación para conocer la aceptación que tendría cada prototipo en el mercado, tomando en cuenta qué colores y aromas serían los más adecuados, y también que tan dispuestos están los clientes a pagar $1,20 por un paquete.

La encuesta utilizada para las pruebas de satisfacción y aceptación están presentadas en el Anexo 9.

4.5.1.1. Técnica de muestreo

Para calcular el tamaño de muestra se utilizó un procedimiento elaborado por Hough:

Primero, se establecen las hipótesis:

H_0: El nivel de agrado de todos los prototipos es igual

H_1: El nivel de agrado de al menos un prototipo es diferente

Seguido de esto, se determinan los siguientes parámetros (Hough):

α: probabilidad del error tipo 1 (probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando ésta es verdadera) = 0.05 (resultado significativo) (Martínez 370)

β: probabilidad del error tipo 2 (probabilidad de no rechazar la hipótesis nula cuando ésta es falsa) = 0,1 para tener una potencia del 90% (Martínez 370)

RSML: Raíz cuadrada de la media el error experimental dividido para la longitud de la escala usada = 0,23 para una escala hedónica de 9 nueve puntos (Hough)

d: diferencia entre las medias que será detectado en el experimento = 0,1.

Por lo tanto, con estos parámetros, Hough establece que se deberían hacer 112 muestras; sin embargo, se realizaron 125 encuestas, en donde las 13 encuestas adicionales sirvieron de respaldo para tener mayor precisión y revisar el cuestionario, en el que no se encontraron inconvenientes.

En cuanto a la forma de realizar las encuestas, se recurrió al centro comercial San Luis, y las encuestas fueron realizadas en un día.

4.5.1.2. Análisis de los resultados

Para poder generar un diseño latino cuadrado mutuamente ortogonal para 125 consumidores, se hizo uso del software Design Express, cuyos resultados fueron entregados por el profesor de la universidad Danny Navarrete para la realización de este proyecto . El orden de presentación de los 3 prototipos se lo muestra en el Anexo 10.

Para analizar los resultados de las primeras 5 preguntas de cada prototipo, se recurrió a la teoría enunciada en la sección 3.6.1.2. Diseño Latino Cuadrado Mutuamente Ortogonal, utilizando el modelo de la Ecuación 18. Modelo estadístico de un cuadrado latino[139]:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \tau_j + \beta_k + \varepsilon_{ijk} \begin{cases} i = 1,2,\dots,p \\ j = 1,2,\dots,p \\ k = 1,2,\dots,p \end{cases}$$

Donde,

y_{ijk} es el resultado de la escala hedónica en una pregunta para el encuestado *i*-ésimo y el orden *k*-ésimo para el prototipo *j*-ésimo,

μ es la media global de los resultados de la escala hedónica,

$\alpha_i$es el efecto del encuestado *i*-ésimo (efecto aleatorio), *i* = 1,2,…,125

τ_j es el efecto del prototipo *j*-ésimo (efecto fijo), *j* = 285, 391, 574

β_k es el efecto del orden *k*-ésimo (efecto fijo), *k* = 1,2,3, y

ε_{ijk} es el error aleatorio

Entonces, se probaron las hipótesis:

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = 0$$

$$H_0: \tau_i \neq 0 \text{ para al menos una } i$$

En cuanto a los bloques orden de presentación y encuestado, no se tienen hipótesis formales por la teoría señalada en el punto 3.6.1.2. Diseño Latino Cuadrado Mutuamente Ortogonal; sin embargo, si su valor P indica un efecto significativo de los bloques, esto implicaría que:

El factor formación de bloques tiene un efecto considerable y que la reducción del ruido obtenida por la formación de bloques probablemente fue útil para mejorar la

[139] **Fuente:** Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos, página 156; **Elaboración:** Propia

precisión de la comparación de las medias de los tratamientos (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 130 - 131)

Para obtener resultados significativos, se hizo uso de un error tipo 1 del 5% (Martínez 370).

4.5.1.2.1. Análisis de la pregunta del gusto total

Al tabular los resultados y realizar un ANOVA en el software estadístico Minitab, se obtuvieron los siguientes resultados con respecto a esta pregunta:

Tabla 52. Análisis de varianza del gusto total[140]

General Linear Model: Gusto Total versus Encuestado; Orden; Prototipo

```
Factor      Type    Levels  Values
Encuestado  random     125  1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15;
                            16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28;
                            29; 30; 31; 32; 33; 34; 35; 36; 37; 38; 39; 40; 41;
                            42; 43; 44; 45; 46; 47; 48; 49; 50; 51; 52; 53; 54;
                            55; 56; 57; 58; 59; 60; 61; 62; 63; 64; 65; 66; 67;
                            68; 69; 70; 71; 72; 73; 74; 75; 76; 77; 78; 79; 80;
                            81; 82; 83; 84; 85; 86; 87; 88; 89; 90; 91; 92; 93;
                            94; 95; 96; 97; 98; 99; 100; 101; 102; 103; 104;
                            105; 106; 107; 108; 109; 110; 111; 112; 113; 114;
                            115; 116; 117; 118; 119; 120; 121; 122; 123; 124;
                            125
Orden       fixed        3  1; 2; 3
Prototipo   fixed        3  285; 391; 574


Analysis of Variance for Gusto Total, using Adjusted SS for Tests

Source       DF   Seq SS   Adj SS  Adj MS     F      P
Encuestado  124  506,896  506,896   4,088  3,74  0,000
Orden         2    3,237    3,281   1,640  1,50  0,225
Prototipo     2    2,993    2,993   1,496  1,37  0,257
Error       246  269,103  269,103   1,094
Total       374  782,229


S = 1,04590   R-Sq = 65,60%   R-Sq(adj) = 47,70%
```

[140] **Fuente:** Pruebas sensoriales; **Elaboración:** Propia, con el software estadístico Minitab

Antes de poder hacer inferencias sobre el gusto total en base a este ANOVA, se deben observar sus residuos:

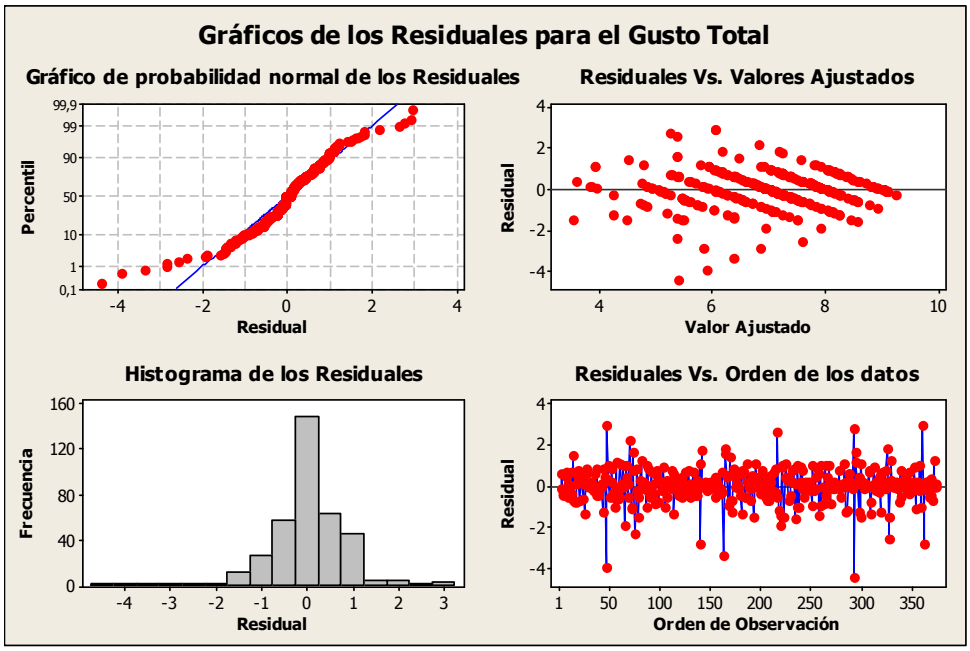


Gráfico 51. Gráficos de los residuos para el gusto total[141]

Supuesto de Normalidad

Mediante la gráfico de probabilidad normal de los residuos, y su histograma, se observa que existe un sesgo hacia la izquierda de los residuos, sin embargo, la prueba *F* sólo se afecta ligeramente al violar el supuesto de normalidad, por lo cual el ANOVA, y todas las comparaciones relacionadas con comparaciones múltiples, es robusta a este supuesto (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 77), y por lo tanto se prosigue con los análisis.

[141] **Fuente:** Pruebas sensoriales; **Elaboración:** Propia, con el software estadístico Minitab

Supuesto de Independencia

Observando el gráfico de los residuales vs. el orden de las observaciones, no se detecta ninguna correlación entre los residuales, por lo cual no se viola este supuesto, el cual es considerado como un problema potencialmente serio (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 81).

Supuesto de Igualdad de Varianza

Al ver el gráfico de los residuales vs. los valores ajustados, se observa que existe la tendencia de de los residuales a reducirse; Sin embargo, ya que se tiene un modelo balanceado (el mismo tamaño de muestra para todos los tratamientos por el MOLS), la prueba *F* sólo se afecta levemente al violar este supuesto (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 80), y por lo tanto, es posible hacer inferencias sobre el ANOVA.

Inferencias sobre el ANOVA para el Gusto Total

De esta tabla ANOVA, se puede concluir con un valor de significancia del 5%, que ninguno de los prototipos en particular gusta más que otros, pues el valor P del factor prototipo es 0,257 (mayor al 5%), y entonces se concluye que el gusto total de cualquiera de los prototipos es igual a la media global, que es de 7,06, el cual, en la escala hedónica utilizada, significa "Me gustó", lo cual da un buen indicio de que el nuevo producto es del agrado de la población objetivo.

También se observa que el valor P = 0,000 para el factor "Encuestado" es menor al 5%, lo cual indica que este factor tiene un efecto considerable y que la reducción del ruido obtenida al bloquearlo probablemente fue útil para mejorar la precisión de la comparación de las medias de los gustos de los prototipos (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 130 - 131).

No se puede decir lo mismo sobre el orden de presentación, pues su valor P = 0,257 es mayor al 5%, y entonces se concluye que no existe evidencia sólida de una diferencia en los gustos debidas al orden de presentación (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 147), de todas formas, el bloquear su efecto es útil para este tipo de pruebas sensoriales (Chambers y Baker).

4.5.1.2.2. Análisis de la pregunta del gusto por los colores

Al tabular los resultados y realizar un ANOVA en el software estadístico Minitab, se obtuvieron los siguientes resultados con respecto a esta pregunta:

Tabla 53. Análisis de varianza del gusto por los colores[142]

General Linear Model: Color versus Encuestado; Orden; Prototipo

```
Factor      Type    Levels  Values
Encuestado  random     125  1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15;
                            16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28;
                            29; 30; 31; 32; 33; 34; 35; 36; 37; 38; 39; 40; 41;
                            42; 43; 44; 45; 46; 47; 48; 49; 50; 51; 52; 53; 54;
                            55; 56; 57; 58; 59; 60; 61; 62; 63; 64; 65; 66; 67;
                            68; 69; 70; 71; 72; 73; 74; 75; 76; 77; 78; 79; 80;
                            81; 82; 83; 84; 85; 86; 87; 88; 89; 90; 91; 92; 93;
                            94; 95; 96; 97; 98; 99; 100; 101; 102; 103; 104;
                            105; 106; 107; 108; 109; 110; 111; 112; 113; 114;
                            115; 116; 117; 118; 119; 120; 121; 122; 123; 124;
                            125
Orden       fixed        3  1; 2; 3
Prototipo   fixed        3  285; 391; 574


Analysis of Variance for Color, using Adjusted SS for Tests

Source       DF   Seq SS   Adj SS  Adj MS     F      P
Encuestado  124  586,837  586,837   4,733  3,08  0,000
Orden         2    8,112    8,175   4,088  2,66  0,072
Prototipo     2    2,191    2,191   1,096  0,71  0,492
Error       246  378,363  378,363   1,538
Total       374  975,504


S = 1,24019   R-Sq = 61,21%   R-Sq(adj) = 41,03%
```

[142] **Fuente:** Pruebas sensoriales; **Elaboración:** Propia, con el software estadístico Minitab

Antes de poder hacer inferencias sobre el gusto total en base a este ANOVA, se deben observar sus residuos:

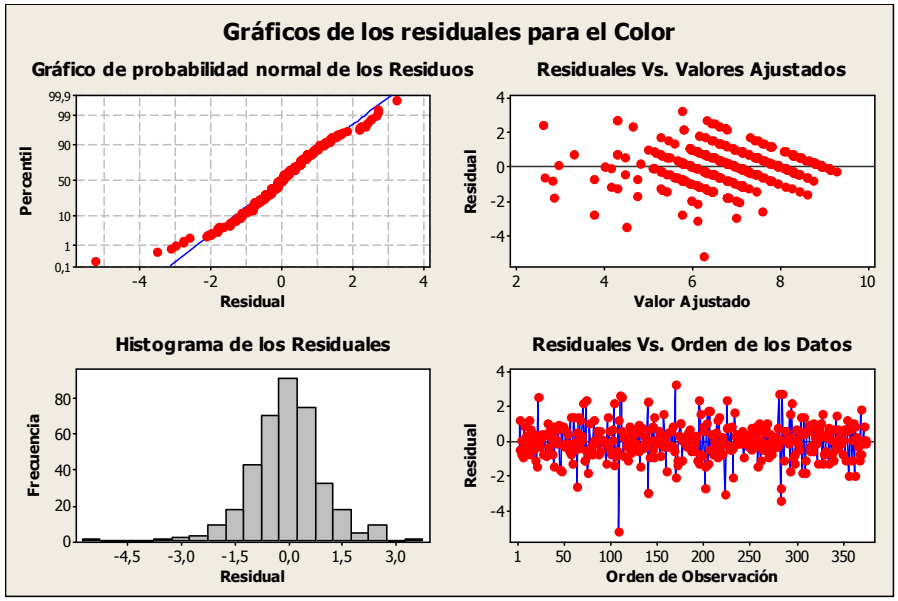


Gráfico 52. Gráficos de los residuos para el Color[143]

Supuesto de Normalidad

Mediante la gráfico de probabilidad normal de los residuos, y su histograma, se observa que existe un sesgo hacia la izquierda de los residuos, sin embargo, la prueba *F* sólo se afecta ligeramente al violar el supuesto de normalidad, por lo cual el ANOVA, y todas las comparaciones relacionadas con comparaciones múltiples, es robusta a este supuesto (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 77), y por lo tanto se prosigue con los análisis.

Supuesto de Independencia

Observando el gráfico de los residuales vs. el orden de las observaciones, no se detecta ninguna correlación entre los residuales, por lo cual no se viola este supuesto, el cual es

[143] **Fuente:** Pruebas sensoriales; **Elaboración:** Propia, con el software estadístico Minitab

considerado como un problema potencialmente serio (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 81).

Supuesto de Igualdad de Varianza

Al ver el gráfico de los residuales vs. los valores ajustados, se observa que existe la tendencia de los residuales a reducirse; Sin embargo, ya que se tiene un modelo balanceado (el mismo tamaño de muestra para todos los tratamientos por el MOLS), la prueba *F* sólo se afecta levemente al violar este supuesto (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 80), y por lo tanto, es posible hacer inferencias sobre el ANOVA.

Inferencias sobre el ANOVA para el Gusto de los Colores

De esta tabla ANOVA, se puede concluir con un valor de significancia del 5%, que ninguno de los colores de los prototipos en particular gusta más que otros, pues el valor P del factor prototipo es 0,492 (mayor al 5%), y entonces se concluye que el gusto por cualquiera de los paquetes, sin importar cuántos colores tenga, es igual a la media global de esta pregunta, que es de 6,78, el cual, en la escala hedónica utilizada, significa aproximadamente "Me gustó un poco", cuyo resultado es menor al que se ha estado registrando hasta ahora, ya que mientras se hacían las encuestas la gente afirmó verbalmente que el tener un empaque transparente permite visualizar al producto, lo cual es de su agrado; sin embargo, dieron la recomendación de que debe haber una zona completamente transparente en el empaque, sin ningún texto ni logotipo, para poder resaltar al producto.

También se observa que el valor P = 0,000 para el factor "Encuestado" es menor al 5%, lo cual indica que este factor tiene un efecto considerable y que la reducción del ruido obtenida al bloquearlo probablemente fue útil para mejorar la precisión de la comparación de

las medias de los gustos por los colores de los prototipos (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 130 - 131).

No se puede decir lo mismo sobre el orden de presentación, pues su valor P = 0,072 es mayor al 5%, y dado que el valor P es cercano al valor de significancia, se concluye que es posible que el orden de presentación de los prototipos tenga un efecto considerable sobre el gusto por los colores de los prototipos y que probablemente el haberlo bloqueado haya ayudado para mejorar la precisión de la comparación de las medias de los gustos por los colores de los prototipos (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 147), además, el bloquear este efecto es útil para este tipo de pruebas sensoriales (Chambers y Baker).

4.5.1.2.3. Análisis de la pregunta del gusto por los aromas

Al tabular los resultados y realizar un ANOVA en el software estadístico Minitab, se obtuvieron los siguientes resultados con respecto a esta pregunta:

Tabla 54. Análisis de varianza del gusto por los aromas[144]

General Linear Model: Aroma versus Encuestado; Orden; Prototipo

```
Factor      Type    Levels  Values
Encuestado  random     125  1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15;
                            16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28;
                            29; 30; 31; 32; 33; 34; 35; 36; 37; 38; 39; 40; 41;
                            42; 43; 44; 45; 46; 47; 48; 49; 50; 51; 52; 53; 54;
                            55; 56; 57; 58; 59; 60; 61; 62; 63; 64; 65; 66; 67;
                            68; 69; 70; 71; 72; 73; 74; 75; 76; 77; 78; 79; 80;
                            81; 82; 83; 84; 85; 86; 87; 88; 89; 90; 91; 92; 93;
                            94; 95; 96; 97; 98; 99; 100; 101; 102; 103; 104;
                            105; 106; 107; 108; 109; 110; 111; 112; 113; 114;
                            115; 116; 117; 118; 119; 120; 121; 122; 123; 124;
                            125
Orden       fixed        3  1; 2; 3
Prototipo   fixed        3  285; 391; 574

Analysis of Variance for Aroma, using Adjusted SS for Tests

Source       DF    Seq SS   Adj SS  Adj MS     F      P
Encuestado  124   830,389  830,389   6,697  6,24  0,000
```

[144] **Fuente:** Pruebas sensoriales; **Elaboración:** Propia, con el software estadístico Minitab

```
Orden          2     1,509    1,500   0,750  0,70  0,498
Prototipo      2     0,540    0,540   0,270  0,25  0,778
Error        246   263,950  263,950   1,073
Total        374  1096,389

S = 1,03584   R-Sq = 75,93%   R-Sq(adj) = 63,40%
```

Antes de poder hacer inferencias sobre el gusto total en base a este ANOVA, se deben observar sus residuos:

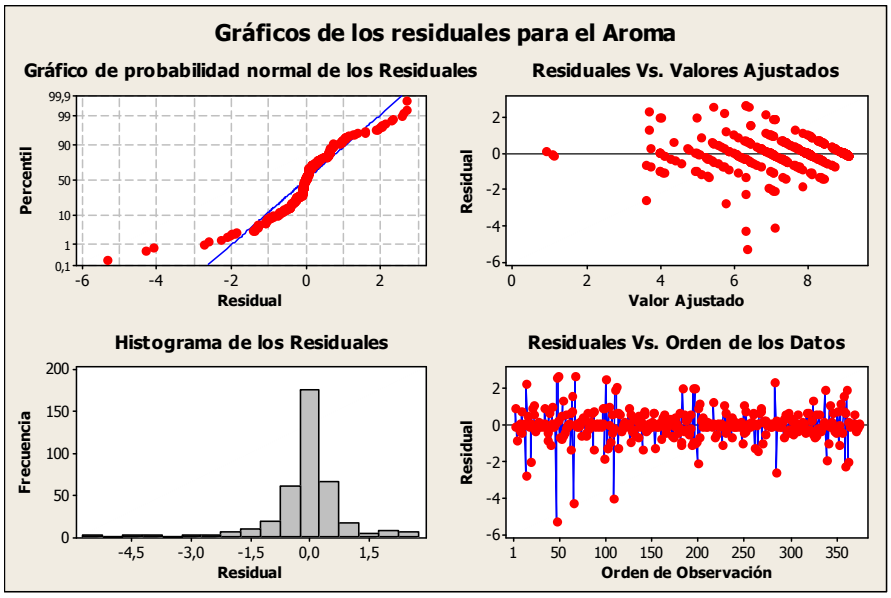


Gráfico 53. Gráficos de los Residuales para el Aroma[145]

Supuesto de Normalidad

Mediante el gráfico de probabilidad normal de los residuos, y su histograma, se observa que existe un sesgo hacia la izquierda de los residuos, sin embargo, la prueba *F* sólo se afecta ligeramente al violar el supuesto de normalidad, por lo cual el ANOVA, y todas las comparaciones relacionadas con comparaciones múltiples, es robusta a este supuesto

[145] **Fuente:** Pruebas sensoriales; **Elaboración:** Propia, con el software estadístico Minitab

(Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 77), y por lo tanto se prosigue con los análisis.

Supuesto de Independencia

Observando el gráfico de los residuales vs. el orden de las observaciones, no se detecta ninguna correlación entre los residuales, por lo cual no se viola este supuesto, el cual es considerado como un problema potencialmente serio (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 81).

Supuesto de Igualdad de Varianza

Al ver el gráfico de los residuales vs. los valores ajustados, se observa que existe la tendencia de los residuales a reducirse; Sin embargo, ya que se tiene un modelo balanceado (el mismo tamaño de muestra para todos los tratamientos por el MOLS), la prueba *F* sólo se afecta levemente al violar este supuesto (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 80), y por lo tanto, es posible hacer inferencias sobre el ANOVA.

Inferencias sobre el ANOVA para el Gusto de los Aromas

De esta tabla ANOVA, se puede concluir con un valor de significancia del 5%, que ninguno de los aromas de los prototipos en particular gusta más que otros, pues el valor P del factor prototipo es 0,778 (mayor al 5%), y entonces se concluye que el gusto por el aroma de cualquiera de los paquetes, sin importar cuántos aromas tenga, es igual a la media global de esta pregunta, que es de 7,26, el cual, en la escala hedónica utilizada, significa aproximadamente “Me gustó”, lo cual da un buen indicio de que el tener uno, dos o tres aromas asociados con los colores de las velas en el mismo paquete es del agrado de los consumidores.

También se observa que el valor P = 0,000 para el factor "Encuestado" es menor al 5%, lo cual indica que este factor tiene un efecto considerable y que la reducción del ruido obtenida al bloquearlo probablemente fue útil para mejorar la precisión de la comparación de las medias de los gustos por los colores de los prototipos (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 130 - 131).

No se puede decir lo mismo sobre el orden de presentación, pues su valor P = 0,498 es mayor al 5%, y entonces se concluye que no existe evidencia sólida de una diferencia en los gustos de los aromas de los prototipos, debidas al orden de presentación (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 147), de todas formas, el bloquear su efecto es útil para este tipo de pruebas sensoriales (Chambers y Baker).

4.5.1.2.4. Análisis de la pregunta del gusto por el empaque

Al tabular los resultados y realizar un ANOVA en el software estadístico Minitab, se obtuvieron los siguientes resultados con respecto a esta pregunta:

Tabla 55. Análisis de varianza del gusto por el empaque[146]

General Linear Model: Empaque versus Encuestado; Orden; Prototipo

```
Factor      Type    Levels  Values
Encuestado  random     125  1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15;
                            16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28;
                            29; 30; 31; 32; 33; 34; 35; 36; 37; 38; 39; 40; 41;
                            42; 43; 44; 45; 46; 47; 48; 49; 50; 51; 52; 53; 54;
                            55; 56; 57; 58; 59; 60; 61; 62; 63; 64; 65; 66; 67;
                            68; 69; 70; 71; 72; 73; 74; 75; 76; 77; 78; 79; 80;
                            81; 82; 83; 84; 85; 86; 87; 88; 89; 90; 91; 92; 93;
                            94; 95; 96; 97; 98; 99; 100; 101; 102; 103; 104;
                            105; 106; 107; 108; 109; 110; 111; 112; 113; 114;
                            115; 116; 117; 118; 119; 120; 121; 122; 123; 124;
                            125
Orden       fixed        3  1; 2; 3
Prototipo   fixed        3  285; 391; 574

Analysis of Variance for Empaque, using Adjusted SS for Tests
```

[146] **Fuente:** Pruebas sensoriales; **Elaboración:** Propia, con el software estadístico Minitab

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Encuestado	124	1460,944	1460,944	11,782	13,95	0,000
Orden	2	0,496	0,517	0,259	0,31	0,737
Prototipo	2	3,669	3,669	1,835	2,17	0,116
Error	246	207,835	207,835	0,845		
Total	374	1672,944				

S = 0,919161 R-Sq = 87,58% R-Sq(adj) = 81,11%

Antes de poder hacer inferencias sobre el gusto total en base a este ANOVA, se deben observar sus residuos:

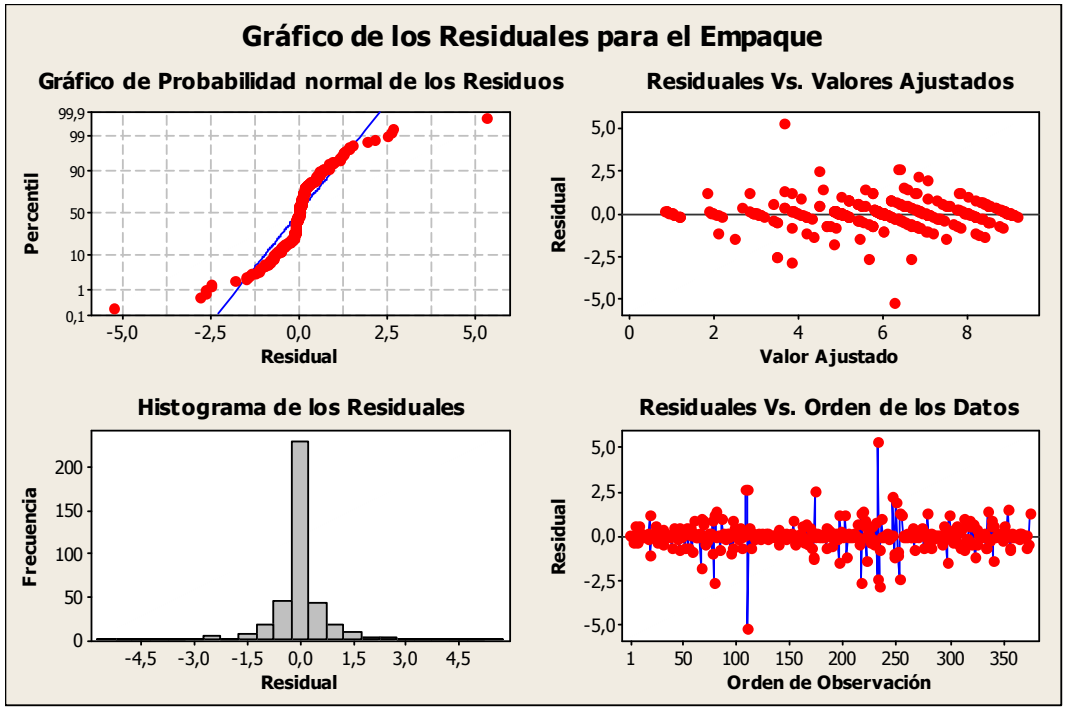


Gráfico 54. Gráficos de los Residuales para el Empaque[147]

Supuesto de Normalidad

Mediante la gráfico de probabilidad normal de los residuos, y su histograma, se observa que existe un problema de normalidad en las colas de la distribución, sin embargo, la prueba *F* sólo se afecta ligeramente al violar el supuesto de normalidad, por lo cual el

[147] **Fuente:** Pruebas sensoriales; **Elaboración:** Propia, con el software estadístico Minitab

ANOVA, y todas las comparaciones relacionadas con comparaciones múltiples, es robusta a este supuesto (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 77), y por lo tanto se prosigue con los análisis.

Supuesto de Independencia

Observando el gráfico de los residuales vs. el orden de las observaciones, no se detecta ninguna correlación entre los residuales, por lo cual no se viola este supuesto, el cual es considerado como un problema potencialmente serio (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 81).

Supuesto de Igualdad de Varianza

Al ver el gráfico de los residuales vs. los valores ajustados, se observa que existe la tendencia de de los residuales a reducirse; Sin embargo, ya que se tiene un modelo balanceado (el mismo tamaño de muestra para todos los tratamientos por el MOLS), la prueba *F* sólo se afecta levemente al violar este supuesto (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 80), y por lo tanto, es posible hacer inferencias sobre el ANOVA.

Inferencias sobre el ANOVA para el Gusto del Empaque

De esta tabla ANOVA, se puede concluir con un valor de significancia del 5%, que el gusto por el empaque de las velas no es diferente al variar los prototipos, pues el valor P del prototipo de 0,116 es mayor al 5% indicado anteriormente, y entonces se concluye que el gusto por el empaque de cualquiera de los paquetes, es igual a la media global de esta pregunta, que es de 5,90, el cual, en la escala hedónica utilizada, significa aproximadamente "Me gustó un poco", lo cual es menor a los resultados que se han estado obteniendo hasta ahora, y esto se debe a que los encuestados expresaron verbalmente en las pruebas sensoriales que el empaque transparente es de su agrado, sin embargo, debería tener una zona

completamente transparente, sin que exista ningún texto ni logotipo, para así poder apreciar de mejor manera la producto.

También se observa que el valor P = 0,000 para el factor "Encuestado" es menor al 5%, lo cual indica que este factor tiene un efecto considerable y que la reducción del ruido obtenida al bloquearlo probablemente fue útil para mejorar la precisión de la comparación de las medias de los gustos por el empaque de los prototipos (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 130 - 131).

No se puede decir lo mismo sobre el orden de presentación, pues su valor P = 0,737 es mayor al 5%, y entonces se concluye que no existe evidencia sólida de una diferencia en los gustos por los empaques de los prototipos, debidas al orden de presentación (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 147); de todas formas, el bloquear su efecto es útil para este tipo de pruebas sensoriales (Chambers y Baker).

4.5.1.2.5. Análisis de la pregunta del gusto por el tamaño

Al tabular los resultados y realizar un ANOVA en el software estadístico Minitab, se obtuvieron los siguientes resultados con respecto a esta pregunta:

Tabla 56. Análisis de varianza del gusto por el tamaño[148]

General Linear Model: Tamaño versus Encuestado; Orden; Prototipo

```
Factor      Type    Levels  Values
Encuestado  random     125  1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15;
                            16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28;
                            29; 30; 31; 32; 33; 34; 35; 36; 37; 38; 39; 40; 41;
                            42; 43; 44; 45; 46; 47; 48; 49; 50; 51; 52; 53; 54;
                            55; 56; 57; 58; 59; 60; 61; 62; 63; 64; 65; 66; 67;
                            68; 69; 70; 71; 72; 73; 74; 75; 76; 77; 78; 79; 80;
                            81; 82; 83; 84; 85; 86; 87; 88; 89; 90; 91; 92; 93;
                            94; 95; 96; 97; 98; 99; 100; 101; 102; 103; 104;
                            105; 106; 107; 108; 109; 110; 111; 112; 113; 114;
                            115; 116; 117; 118; 119; 120; 121; 122; 123; 124;
```

[148] **Fuente:** Pruebas sensoriales; **Elaboración:** Propia, con el software estadístico Minitab

```
                          125
Orden       fixed         3  1; 2; 3
Prototipo   fixed         3  285; 391; 574

Analysis of Variance for Tamaño, using Adjusted SS for Tests

Source       DF    Seq SS    Adj SS  Adj MS      F      P
Encuestado  124  779,3333  779,3333  6,2849  12,22  0,000
Orden         2    5,5840    5,5951  2,7976   5,44  0,005
Prototipo     2    0,5871    0,5871  0,2936   0,57  0,566
Error       246  126,4955  126,4955  0,5142
Total       374  912,0000

S = 0,717084   R-Sq = 86,13%   R-Sq(adj) = 78,91%
```

Antes de poder hacer inferencias sobre el gusto total en base a este ANOVA, se deben observar sus residuos:

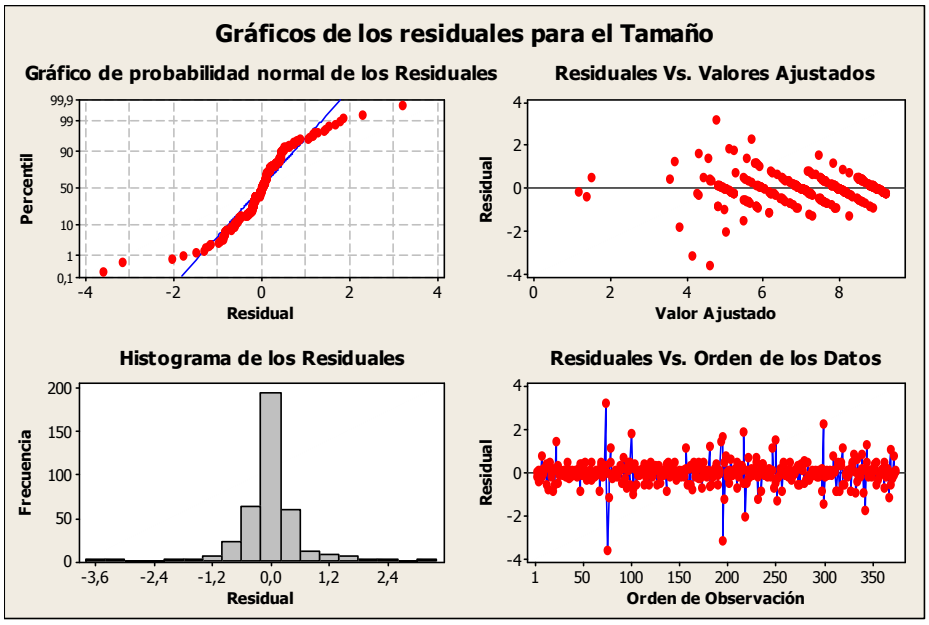


Gráfico 55. Gráficos de los Residuales para el Tamaño[149]

Supuesto de Normalidad

Mediante el gráfico de probabilidad normal de los residuos, y su histograma, se observa que existe un problema de normalidad en las colas de la distribución, sin embargo, la prueba *F* sólo se afecta ligeramente al violar el supuesto de normalidad, por lo cual el

[149] **Fuente:** Pruebas sensoriales; **Elaboración:** Propia, con el software estadístico Minitab

ANOVA, y todas las comparaciones relacionadas con comparaciones múltiples, es robusta a este supuesto (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 77), y por lo tanto se prosigue con los análisis.

Supuesto de Independencia

Observando el gráfico de los residuales vs. el orden de las observaciones, no se detecta ninguna correlación entre los residuales, por lo cual no se viola este supuesto, el cual es considerado como un problema potencialmente serio (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 81).

Supuesto de Igualdad de Varianza

Al ver el gráfico de los residuales vs. los valores ajustados, se observa que existe la tendencia de los residuales a reducirse; Sin embargo, ya que se tiene un modelo balanceado (el mismo tamaño de muestra para todos los tratamientos por el MOLS), la prueba *F* sólo se afecta levemente al violar este supuesto (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 80), y por lo tanto, es posible hacer inferencias sobre el ANOVA.

Inferencias sobre el ANOVA para el Gusto del Tamaño de las Velas

De esta tabla ANOVA, se puede concluir con un valor de significancia del 5%, que ninguno de los aromas de los prototipos en particular gusta más que otros, pues el valor P del factor prototipo es 0,778 (mayor al 5%), y entonces se concluye que el gusto por el tamaño de las velas, independientemente del prototipo, es igual a la media de global de esta pregunta, que es de 7,2, el cual, en la escala hedónica utilizada, significa aproximadamente “Me gustó”, lo cual da un buen indicio de que el tamaño de las velas es el adecuado para los consumidores.

También se observa que el valor P = 0,000 para el factor “Encuestado” es menor al 5%, lo cual indica que este factor tiene un efecto considerable y que la reducción del ruido

obtenida al bloquearlo probablemente fue útil para mejorar la precisión de la comparación de las medias de los gustos por el tamaño de los prototipos (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 130 - 131).

En cuanto al orden de presentación, ya que se tiene un valor P = 0,005 (menor al 5% de significancia) se concluye que este factor tiene un efecto considerable y que la reducción del ruido obtenida al bloquearlo probablemente fue útil para mejorar la precisión de la comparación de las medias de los gustos por los el tamaño de los prototipos (Montgomery, Diseño y Análisis de Experimentos 130 - 131).

4.5.1.2.6. Análisis de la pregunta de la aceptación de los productos

La aceptación del primer prototipo, con un solo color y aroma, si se lo vende a un costo de $1,20 por paquete es:

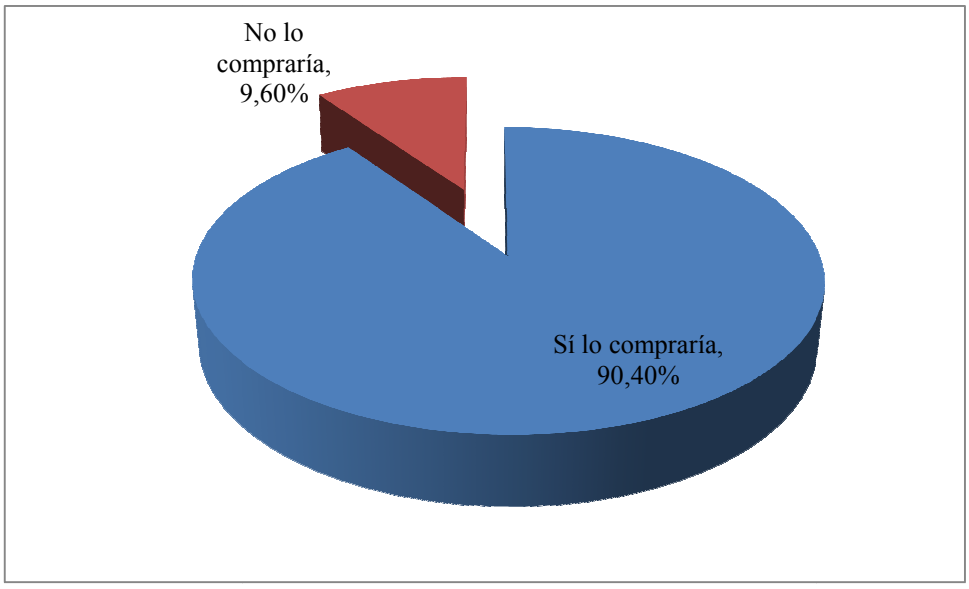


Gráfico 56. Aceptación del producto con un solo color y aroma[150]

[150] **Fuente:** Pruebas de aceptación; **Elaboración:** Propia

La aceptación del segundo prototipo, con dos colores y aromas asociados al color, si se lo vende a un costo de $1,20 por paquete es:

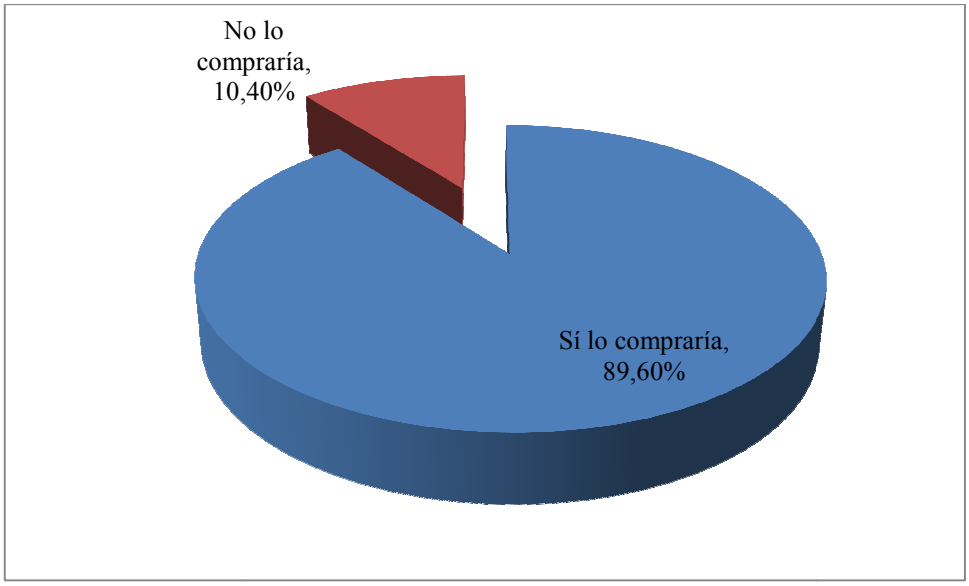


Gráfico 57. Aceptación del producto con dos colores y aromas[151]

Finalmente, la aceptación del tercer prototipo, con 3 colores y aromas asociados al color, si se lo vende a un costo de $1,20 es:

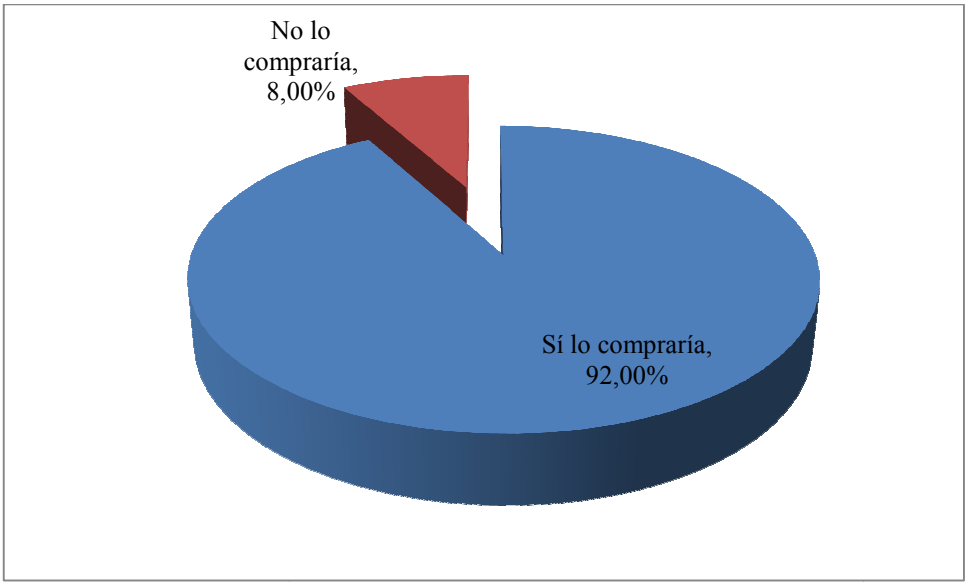


Gráfico 58. Aceptación del producto con 3 colores y aromas[152]

[151] **Fuente:** Pruebas de aceptación; **Elaboración:** Propia
[152] **Fuente:** Pruebas de aceptación; **Elaboración:** Propia

Finalmente, ya que se observa que los porcentajes de aceptación de los prototipos es similar, es necesario probar estadísticamente que los porcentajes de aceptación no es diferente entre los prototipos, así, aplicando la teoría señala en el punto 3.4.3.2. Inferencia sobre proporciones de dos poblaciones, se tiene lo siguiente:

Tabla 57. Pruebas de hipótesis para la proporción de aceptación de los prototipos[153]

H_0	H_1	n_1	X_1	n_2	X_2	α	Z_α	$\|Z_0\|$	Conclusión
$p_{aceptación\ 552} = p_{aceptación\ 391}$	$p_{aceptación\ 552} \neq p_{aceptación\ 391}$	125	113	125	115	0,05	1,64	0,45	No existe evidencia estadística para rechazar H_0
$p_{aceptación\ 552} = p_{aceptación\ 285}$	$p_{aceptación\ 552} \neq p_{aceptación\ 285}$	125	113	125	112	0,05	1,64	0,21	No existe evidencia estadística para rechazar H_0
$p_{aceptación\ 391} = p_{aceptación\ 285}$	$p_{aceptación\ 391} \neq p_{aceptación\ 285}$	125	115	125	112	0,05	1,64	0,66	No existe evidencia estadística para rechazar H_0

De aquí se puede observar que no existe diferencia estadística en la aceptación de los 3 prototipos diseñados, entonces, es posible estimar la aceptación de los productos, independientemente de sus colores y aromas:

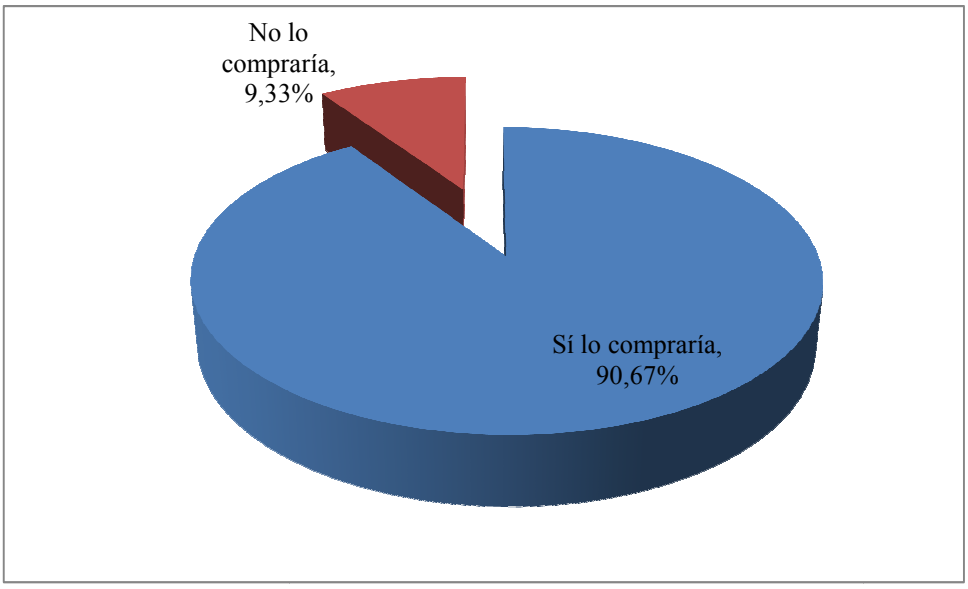


Gráfico 59. Aceptación general del nuevo producto[154]

Del gráfico se puede concluir que el 90,57% de la población objetivo compraría el nuevo producto, independientemente de los colores y aromas que tenga el paquete.

[153] **Fuente:** Pruebas de aceptación; **Elaboración:** Propia
[154] **Fuente:** Pruebas de aceptación; **Elaboración:** Propia

A pesar de que ya se determinó que, sin importar qué colores o aromas tenga el producto, la aceptación es que el 90,57% de la población compraría el producto, se analizará las preguntas de aceptación de los colores y aromas como datos informativos.

4.5.1.2.7. Análisis de la pregunta de la aceptación de los colores

Como primera opción, la población objetivo aceptaría más los colores, según la siguiente distribución

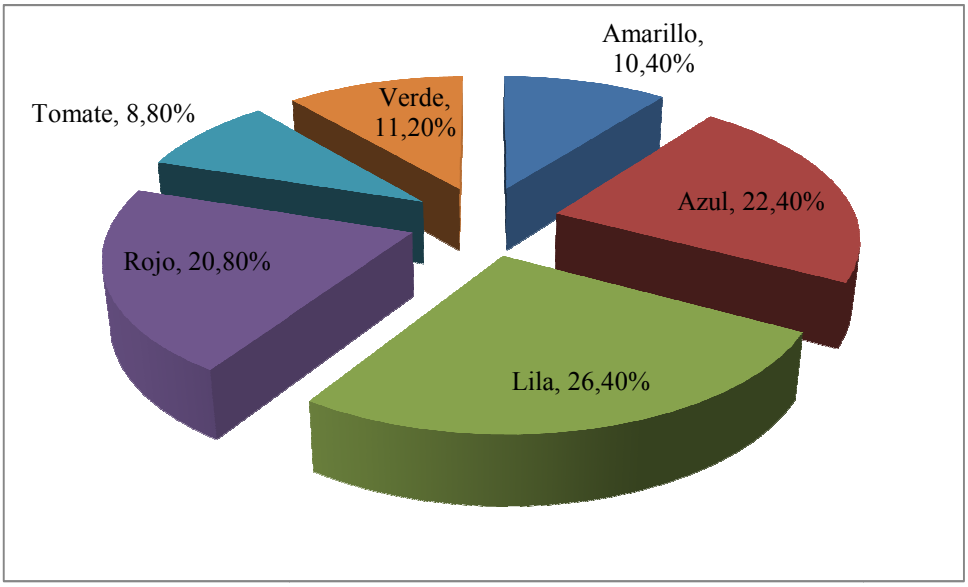


Gráfico 60. Distribución de la aceptación del mejor color[155]

De este gráfico se puede concluir que no existe un color predominante que la población objetivo acepte como primera opción, pues para todos los colores existe un porcentaje de aceptación que no se puede despreciar.

Como segunda opción, la población objetivo aceptaría los colores, según la siguiente distribución

[155] **Fuente:** Pruebas de aceptación; **Elaboración:** Propia

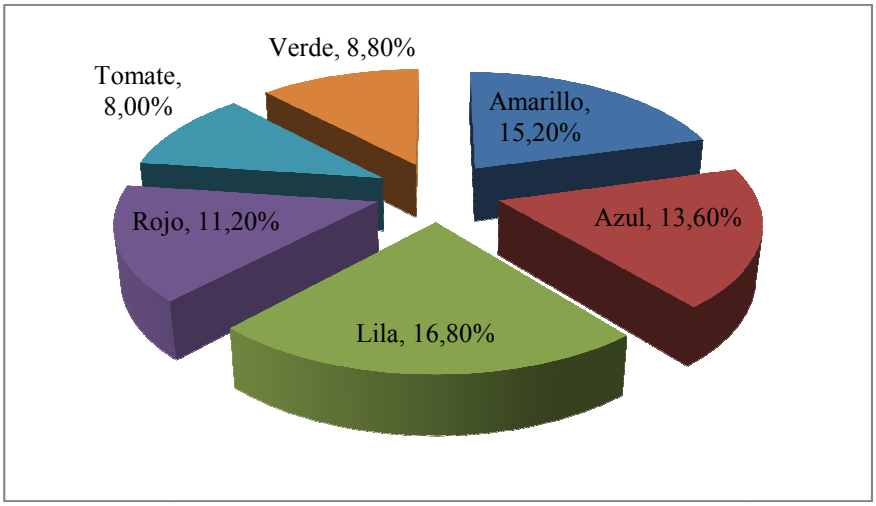


Gráfico 61. Distribución de la aceptación del segundo mejor color[156]

De este gráfico se puede concluir que no existe un color predominante que la población objetivo acepte como segunda opción, pues para todos los colores existe un porcentaje de aceptación que no se puede despreciar.

Finalmente, se debe indicar que el 20,8% de los encuestados expresó que no le gustaría un color. De este porcentaje, los colores que no se aceptarían se distribuyen de la siguiente manera

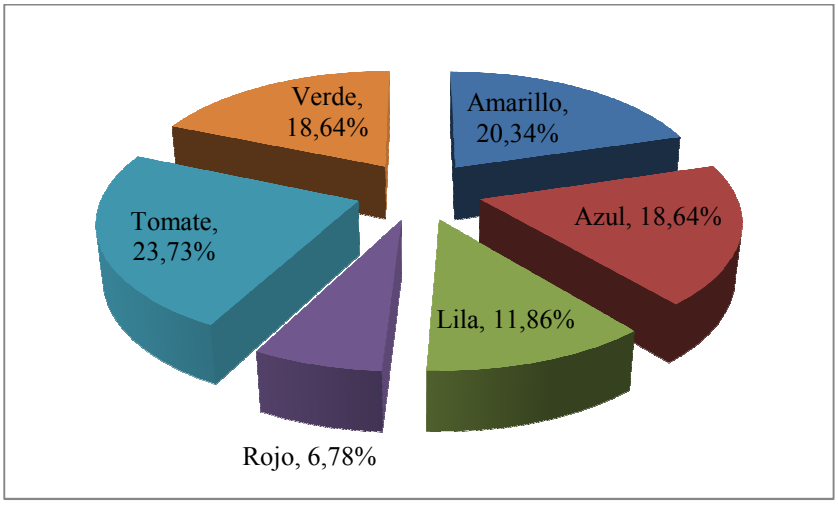


Gráfico 62. Distribución de los colores no aceptados[157]

[156] **Fuente:** Pruebas de aceptación; **Elaboración:** Propia
[157] **Fuente:** Pruebas de aceptación; **Elaboración:** Propia

Incluso dentro de los colores que no acepta el 20,8% de la población a la que no le gusta algún(os) color(es) específico(s), todos los colores representan un porcentaje que no se puede despreciar.

Como conclusión de esta parte se tiene que no existe un color específico que agrade o no a la población objetivo, pues existe una gran diversidad en las preferencias de los consumidores; sin embargo, ya que se ha concluido en la sección 4.5.1.2.6. Análisis de la pregunta de la aceptación de los productos que el aroma y el color no determinan la aceptación del producto, este análisis pasa a tener un carácter informativo.

4.5.1.2.8. Análisis de la pregunta de la aceptación de los aromas

Como primera opción, la población objetivo aceptaría más los aromas, según la siguiente distribución

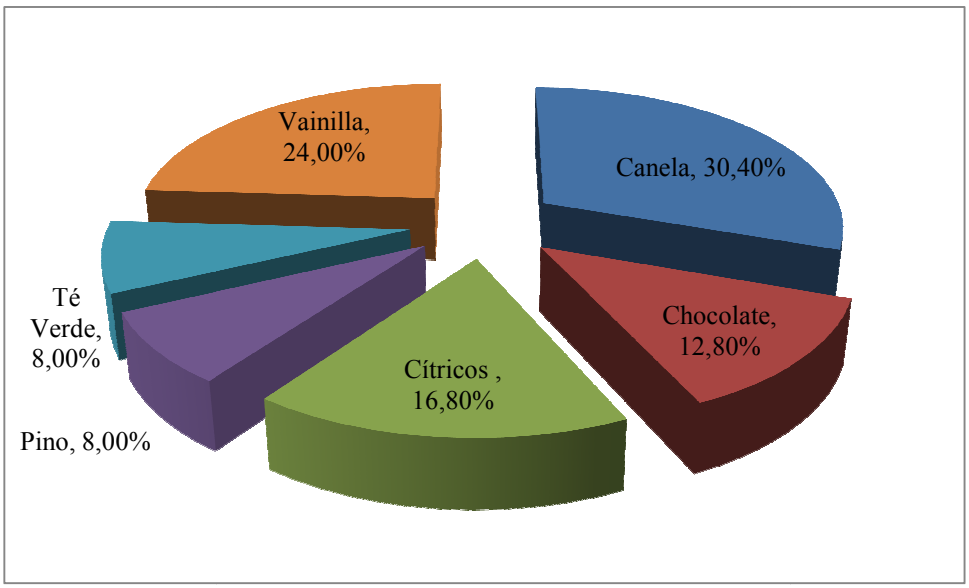


Gráfico 63. Distribución de la aceptación del mejor aroma[158]

[158] **Fuente:** Pruebas de aceptación; **Elaboración:** Propia

De este gráfico se puede concluir que no existe un aroma predominante que la población objetivo acepte como primera opción, pues para todos los aromas existe un porcentaje de aceptación que no se puede despreciar.

Como segunda opción, la población objetivo aceptaría los colores, según la siguiente distribución

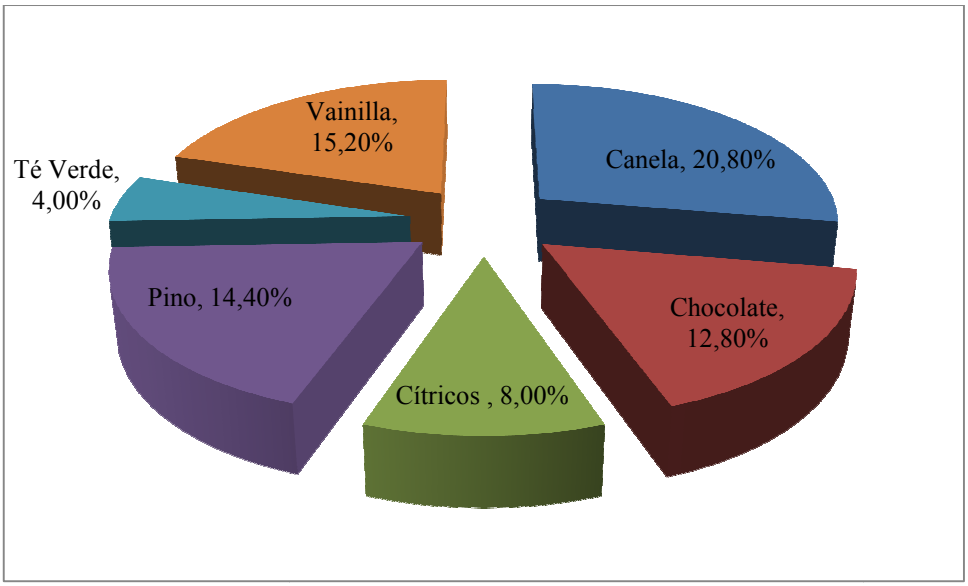


Gráfico 64. Distribución de la aceptación del segundo mejor aroma[159]

De este gráfico se puede concluir que no existe un aroma predominante que la población objetivo acepte como segunda opción, pues para todos los colores existe un porcentaje de aceptación que no se puede despreciar.

Finalmente, se debe indicar que el 39,2% de los encuestados expresó que no le gustaría un aroma. De este porcentaje, los colores que no se aceptarían se distribuyen de la siguiente manera

[159] **Fuente:** Pruebas de aceptación; **Elaboración:** Propia

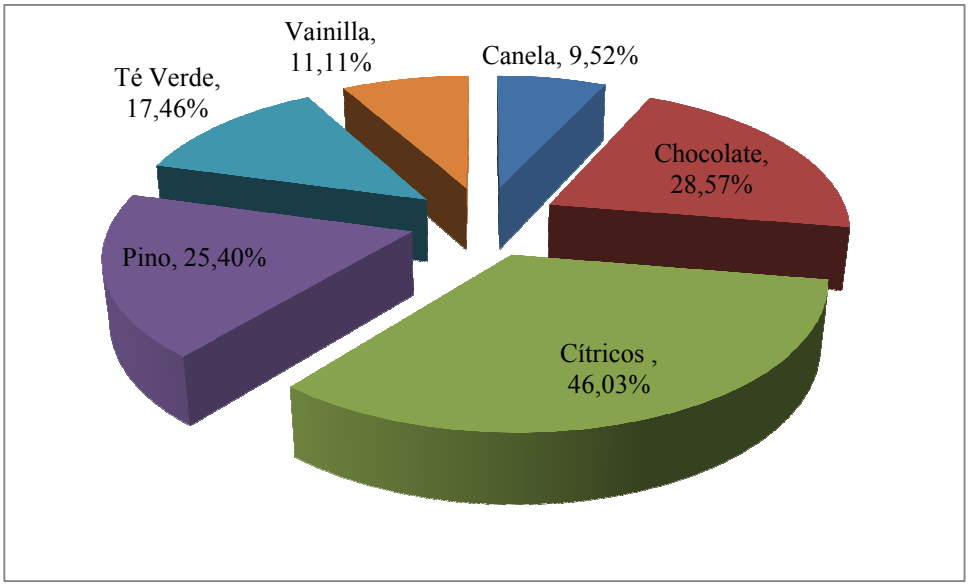


Gráfico 65. Distribución de los colores no aceptados[160]

Incluso dentro de los aromas que no acepta el 39,2% de la población a la que no le gusta algún(os) color(es) específico(s), todos los colores representan un porcentaje que no se puede despreciar.

Finalmente, como conclusión de esta parte se tiene que no existe un aroma específico que agrade o no a la población objetivo, pues existe una gran diversidad en las preferencias de los consumidores; sin embargo, ya que se ha concluido en la sección 4.5.1.2.6. Análisis de la pregunta de la aceptación de los productos que el aroma y el color no determinan la aceptación del producto, este análisis pasa a tener un carácter informativo.

[160] **Fuente:** Pruebas de aceptación; **Elaboración:** Propia

4.5.2. Propuesta de un plan de Control Estadístico de Procesos

Inicialmente, se debe establecer el tamaño de cada subgrupo de las muestras que se desea realizar en cada uno de los lotes de velas para cada uno de los factores críticos de calidad

4.5.2.1. Curvas de Operación Característica

Como se explicó en la sección 3.6.3.4., se debe establecer un valor del error tipo I (α), el cual ocurre cuando el estadístico de prueba nos guía a no rechazar la Hipótesis Nula cuando en realidad es falsa. Donde se recomienda establecer el valor más usado, de 0,05, el cual representa un 5% de recaer en este error. Adicionalmente se establece un β aceptable, recomendablemente 0,10 para de esta manera intentar tomar el mayor número de muestras posibles. Incluso se estima una δ, que es la diferencia entre el estándar de especificación medio (μ_0) y la verdadera media tomada experimentalmente en el proceso (μ_1). Y finalmente se establece la σ(desviación estándar) del proceso para calcular: $d=|\delta|/\sigma$.

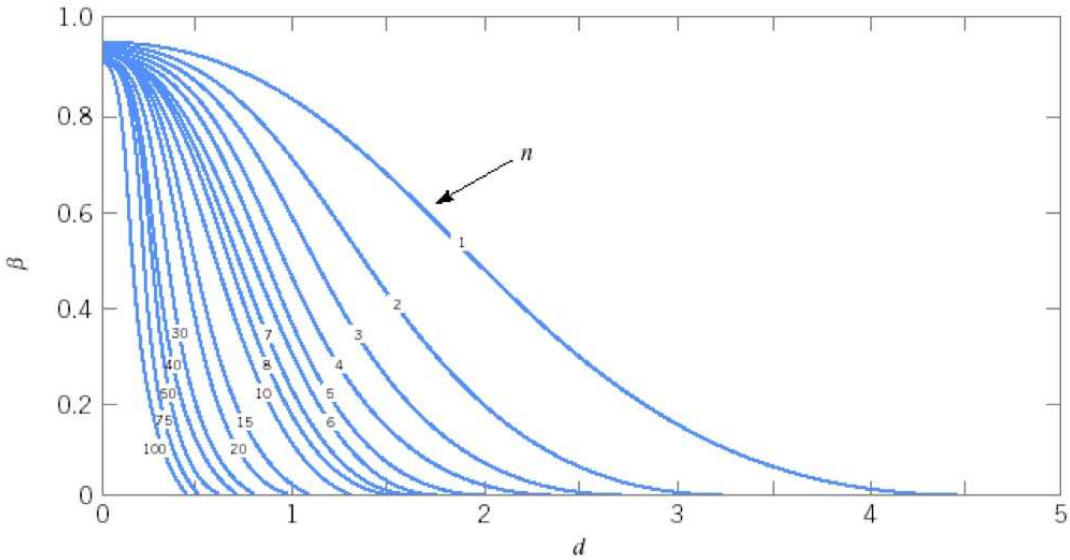


Gráfico 66. Curva de Operación Característica[161]

[161] **Fuente y elaboración:** Montgomery, Control Estadístico de la Calidad, página 109

Buscar el punto donde *d* interseca la curva OC con el deseado β para estimar el tamaño de la muestra requerido (*n*). Cabe recalcar que se debe obtener los tamaños de los subgrupos para todos los factores críticos de calidad y tomar el mayor tamaño de muestra de todos estos factores, ya que según Montgomery: "Conforme el tamaño de la muestra *n* se incremente, la probabilidad de error tipo II se hace más pequeña para δ y α especificadas". (Montgomery, Control Estadístico de la Calidad 110).

De esta manera los subgrupos estarán conformados por el número de muestras que se tomarán en cada lote.

4.5.2.2. Cartas de Control

Ya conociendo el tamaño de las muestras a tomar se procederán a realizar cartas de control EWMA, como se explica en la sección 3.6.3.3., con el fin de identificar corrimientos pequeños antes de que ocurran, dado que el medir la duración de la vela tomará aproximadamente 6 horas. Inicialmente se establece el valor medio del estándar (μ_0) para tener un punto de partida. Adicionalmente es necesario establecer el valor de la ponderación (λ) asignada al último valor obtenido de media muestral, tomando en cuenta valores entre 0 y 1; y el valor complementario a este, le dará peso a la medición anterior a esta. Así se obtendrá el promedio móvil ponderado, como se muestra en la Ecuación 22. Promedio móvil ponderado para cartas de control EWMA. Finalmente para obtener los límites de control, como se especifica en la Ecuación 23. Parámetros para cartas de control EWMA, se necesita establecer la anchura de los límites de control (L). Según Montgomery:

> Los valores de λ en el intervalo $0{,}05 \leq \lambda \leq 0{,}25$ funcionan bien en la práctica, siendo $\lambda = 0{,}05$, $\lambda = 0{,}10$ y $\lambda = 0{,}20$ elecciones populares. Una buena regla empírica es usar valores pequeños de λ para detectar los corrimientos más pequeños. Hemos

encontrado también que $L = 3$, funciona razonablemente bien, en particular con el valor más grande de λ, aunque cuando λ es pequeña (por ejemplo $\lambda \leq 0{,}1$), se consigue una ventaja al reducir la anchura de los límites utilizando un valor de $2{,}6 \leq L \leq 2{,}8$. (Montgomery, Control Estadístico de la Calidad 431)

Esta carta de control debe ser complementada con otra para mediciones individuales para estimar la variabilidad del proceso como se explica en la sección 3.6.3.2. Se obtiene primero el Rango Móvil, como se observa en la Ecuación 20, obteniendo la diferencia entre la medición de la muestra presente con la anterior. Seguido de esto se obtiene el promedio $\bar{x}$ de las mediciones y se obtiene la línea central, con sus límites de control, como se muestra en la Ecuación 21.

4.5.2.3. Plan de acción para Condiciones fuera de Control (OCAP)

Como se indica en la sección 3.6.3.5., el OCAP es un diagrama de flujo que describe las actividades que se deben realizar en caso de que existan señales fuera de control estadístico. Estas señales pueden ser apreciadas al momento de realizar las cartas de control de mediciones individuales o las cartas de control EWMA. Los diagramas de flujo se encuentran detallados en el Anexo 11.

4.6. Viabilidad de la propuesta

De la Tabla 14. Número de familias que utiliza velas en el Valle de los Chillos, se puede determinar que hay 22 816 familias que adquieren velas de iluminación en el Valle de los Chillos, y que en total, este mercado consiste de un volumen de ventas anual de 3 104 262 velas (Ver sección 4.3.5. Determinación del tamaño total del mercado). Después de haber evaluado la aceptación del nuevo producto, también se pudo determinar que el 90,57% de la población objetivo compraría el nuevo producto, independientemente de los colores y aromas que tenga el nuevo producto, lo cual significa que, una vez que el nuevo producto sea conocido por el mercado objetivo, la empresa tendría un mercado propio de aproximadamente 20 665 familias, (22 816 familias × 0,9057), o equivalentemente, un volumen de ventas de 2811530 velas anuales (3 104 262 velas anualmente × 0,9057) en el corto plazo, asumiendo que la proporción de familias que compra velas se mantiene constante. Actualmente la empresa posee apenas el 7,20% de las ventas, es decir, vende alrededor de 223507 velas anualmente (3104262 velas anualmente × 0,0720), es decir, 92,05% menos de lo que vendería con el nuevo producto.

Si la empresa vende a $1,20 su paquete de velas actual de 6 unidades, esto significa que los ingresos actuales en la cadena de suministro de este mercado, por las ventas de Velas Santa Mónica, son de $44 701,40 anualmente (223 507 velas anualmente × $0,2 por unidad). Con el posicionamiento del nuevo producto, los ingresos en la cadena de suministro de este mercado, por las ventas de Velas Santa Mónica, serían de $562 306,20 anualmente, lo cual representa un aumento en los ingresos del 92,05%.

Además, conociendo que actualmente la empresa utiliza una mezcla compuesta de 0,75% de aditivo, 50% de parafina 1 y 50% de parafina 2, haciendo uso de la Ecuación 33. Costo de 1kg de Materias Primas, sin Aroma ni Colorante, se determina que la empresa

incurre en un costo de materias primas de $1,5688 por kilo producido, sin incluir aroma ni color; con el nuevo producto recomendado en la sección 4.4.3.1. Capacidad esperada del proceso, y haciendo uso de la Ecuación 34. Costo de 1kg de materias primas del nuevo producto, se determina que la empresa incurría en un costo por materias primas de $1,5744 por kilo producido, incluyendo los costos del aroma y el colorante. A pesar de que producir el nuevo producto cuesta apenas $0,00056 por kilo más (0,36% más), se tendría la ventaja de que en lugar de vender 10 244,07 kg de velas al año ($223\,507 \frac{\text{velas}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ paquete}}{6 \text{ velas}} \times \frac{0{,}275\text{kg}}{1 \text{ paquete}}$), vendería 128 861,79 kg de velas al año ($2811530 \frac{\text{velas}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ paquete}}{6 \text{ velas}} \times \frac{0{,}275\text{kg}}{1 \text{ paquete}}$), lo cual representa un incremento en ventas del 92,05%.

Por lo tanto, es muy viable hacer una inversión en materias primas de $0,00056 por kilo (0,36% del costo actual), pues de esta manera el volumen de ventas anual aumentaría en un 92,05% en el mercado del Valle de los Chillos.

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

- A pesar del comportamiento que poseen los dos grupos identificados en Pareto del Valle de los Chillos, este estudio se enfocó en estudiar a la población más significativa dentro de las Parroquias Sangolquí y Conocoto
- El análisis conjunto pudo determinar que los atributos más importantes en la población son El Aroma y El Color, y que sus niveles aceptados son velas Con Aroma y Con Diferentes Colores
- Dentro de los prototipos finales se pudo observar que todos tuvieron un nivel de satisfacción global de 7 puntos, equivalente a “Me gustó”. Además que ninguno de los

prototipos fue mejor que otro, es decir que todos tienen un buen nivel de satisfacción en la población.

- Adicionalmente no existe predominancia de colores y aromas dentro de las niveles de aceptación de los colores, por lo cual los gustos son distintos y no tienen ningún peso sobre el gusto de algún prototipo sobre otro.
- Según el estudio final de este proyecto, resulta rentable elaborar este tipo de velas para el mercado del Valle de los Chillos, invirtiendo el 0,36% del costo actual en materias primas, para tener un aumento del 92,05% en ventas.

5.2. Recomendaciones

- El proceso de producción actual de ALMON del Ecuador S.A. no elabora velas de acuerdo a los requerimientos del mercado del Valle de los Chillos, por lo que se recomienda que las velas que se vendan en dicho mercado sean elaboradas utilizando la mezcla y el proceso recomendado en el punto 4.4.3.1.5. Capacidad esperada de los CTQ's para la segunda alternativa de la Tabla 48. Optimización del proceso, pues toma en cuenta tanto la optimización del proceso, como su capacidad en el mercado.
- En caso de que la empresa desee optar por otra alternativa diferente a la recomendada, debe referirse primero a la capacidad del proceso que escoja, y cuyo análisis se muestra en el Anexo 8.
- Dado que el factor "Empaque" de los prototipos fue el que tuvo más baja calificación, existe un gran campo de mejora en cuanto a la presentación de la vela, especialmente a la presentación del logotipo como la resistencia del material.

- Es muy importante realizar un seguimiento del proceso de elaboración de las velas, utilizando el plan de control recomendado en la sección 4.5.2. Propuesta de un plan de Control Estadístico de Procesos.
- Para futuros estudios, sería recomendable adquirir un equipo para la medición de la intensidad luminosa, ya que el medir la altura de la llama proporciona información útil para detectar variaciones en la intensidad luminosa, pero no da toda la información referente a este factor.

6. Bibliografía

American Marketing Association. Preference Structure Measurement: Conjoint Analysis and Related Techniques. A guide for Designing and Interpreting Conjoint Studies. Ed. Mary Loye. Segunda edición. IntelliQuest, 2000.

Anzaldua-Morales, Antonio. La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica. Zaragoza: Acribia S.A., 1994.

Banks, Jerry, y otros. Discrete-Event System Simulation. Cuarta edición. Nueva Jersey: Pearson Prentice Hall, 2005.

Chambers, Edgar y Mona Baker. Sensory Testing Methods. Segunda. Philadelphia: American Society For Testing And Materials, 2005.

Elloumi, Fathi. Theory and Practice of Online Learning. 2004. 11 de Enero de 2010 <http://cde.athabascau.ca/online_book/ch3.html#top>.

Galloway, D. Mapping Work Processes. Milwaukee: ASQ Quality Press, 1994.

García, Pérez y Rodríguez. Análisis del valor de marca de las entidades financieras: El Efecto Halo y el modelo de elección discreta. 2009. 06 de Diciembre de 2009 <http://www.aedem-virtual.com/articulos/iedee/v15/152025.pdf>.

Guiltinan, Joseph, Gordon Paul y Thomas Madden. Gerencia de Marketing: Estrategias y Programas. Ed. Lily Solano. Trad. Cecilia Ávila. Sexta edición. Santafé de Bogota: McGraw-Hill, 1998.

Harrar de Dienes, Alicia y Jorge Alcaide. «VII Reunión Nacional de Currículo del I Congreso Internacional de Calidad e Innovación en Educación Superior realizada en Caracas.» 9 - 13 de Abril de 2007. Uso del Análisis Conjunto para la evaluación de un curso virtual de principios de procesos industriales. 21 de Abril de 2010 <http://www.cies2007.eventos.usb.ve/memorias/ponencias/239.pdf>.

Hough, Guillermo. «Number of consumers necessary for the sensory acceptability tests.» Food Quality and Preference XVII.6 (2006): 522 - 526.

Hubert, Cindy y Anne Marsden. «APQC.» 2005. Benchmarking Finance and Accounting: Build your foundation and achieve measurable process improvement. 21 de Abril de 2010 <http://www.apqc.org/PDF/incentives/bmk_fanda_to_build_foundation.pdf>.

Juran, Joseph M. Manual de Calidad. Quinta Edición. Vol. III. Madrid: McGraw-Hill, 2001.

Kadota, Takeji. «Charting Techniques.» Salvendy, Gavriel. Handbook of Industrial Engineering. Ed. Gavriel Salvendy. 1982. 3.3.1 - 3.3.7.

Kleinert, Andreas. «Implementing Design for Six Sigma (DFSS) in Europe.» 8 de Septiembre de 2004. iSixSigma.com. 8 de Noviembre de 2009 <http://europe.isixsigma.com/library/content/c040908b.asp?action=cite>.

Lay, David. Álgebra Lineal y sus Aplicaciones. Trad. Hugo Rincón. Segunda edición. México: Pearson Prentice Hall, 2001.

Malhotra, Naresh. Investigación de mercados. Cuarta edición. México: Prentice Hall, 2004.

Manual para la evaluación del desempeño. 06 de Diciembre de 2009 <http://paginaspersonales.deusto.es/mpoblete2/orientaci%C3%B3ndepersonal/MANUALevaluaci%C3%B3nDESEMPE%C3%91O.htm>.

Martínez, Ciro. Estadística y Muestreo. Ed. ECOE. Onceava edición. Bogotá: Colombia, 2002.

Montaña, Jordi. Diseño de Nuevos Productos. 1991. 18 de Octubre de 2009 <http://tdd.elisava.net/coleccion/5/montaNa-es>.

Montgomery, Douglas. Control Estadístico de la Calidad. Trad. Rodolfo Piña. México: Limusa, S.A., 2007.

—. Diseño y Análisis de Experimentos. Trad. Rodolfo Piña. Segunda edición. México: Limusa Wiley, 2007.

Montgomery, Douglas y George Runger. Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería. Trad. Rodolfo Piña. Segunda edición. México: Editorial Limusa S.A., 2005.

—. Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería. México: McGraw-Hill, 1996.

Morgan, Joseph. Introduction to Geometrical and Physical Optics. Nueva York: McGraw-Hill, 1953.

Niebel, Benjamin y Andris Freidvalds. Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo. Trad. Marcia González. Onceava edición. México D.F.: Alfaomega, 2006.

Pantone, Inc. Formula Guide / Solid Coited. New Jersey, USA. 2006.

Parker, E.T. «Orthogonal Latin Squares.» Parker, E.T. Mathematics: E.T. Parker. Vol. XVL. Minnesota, 1959. 859 - 862.

Simon, Kerri. What Is DFSS? 22 de Julio de 2002. 9 de Noviembre de 2009 <http://www.isixsigma.com/library/content/c020722a.asp>.

SPSS Análisis Conjunto. 15 de Noviembre de 2009 <http://www.telematica.com.pe/Product/spss_conjoint.htm>.

SPSS Software: PASW Statistics 18.0. Help: Algorithms.- Conjoint Algorithms.

Spyzdek, Thomas. The Six Sigma Handbook. New York: McGraw-Hill, 2003.

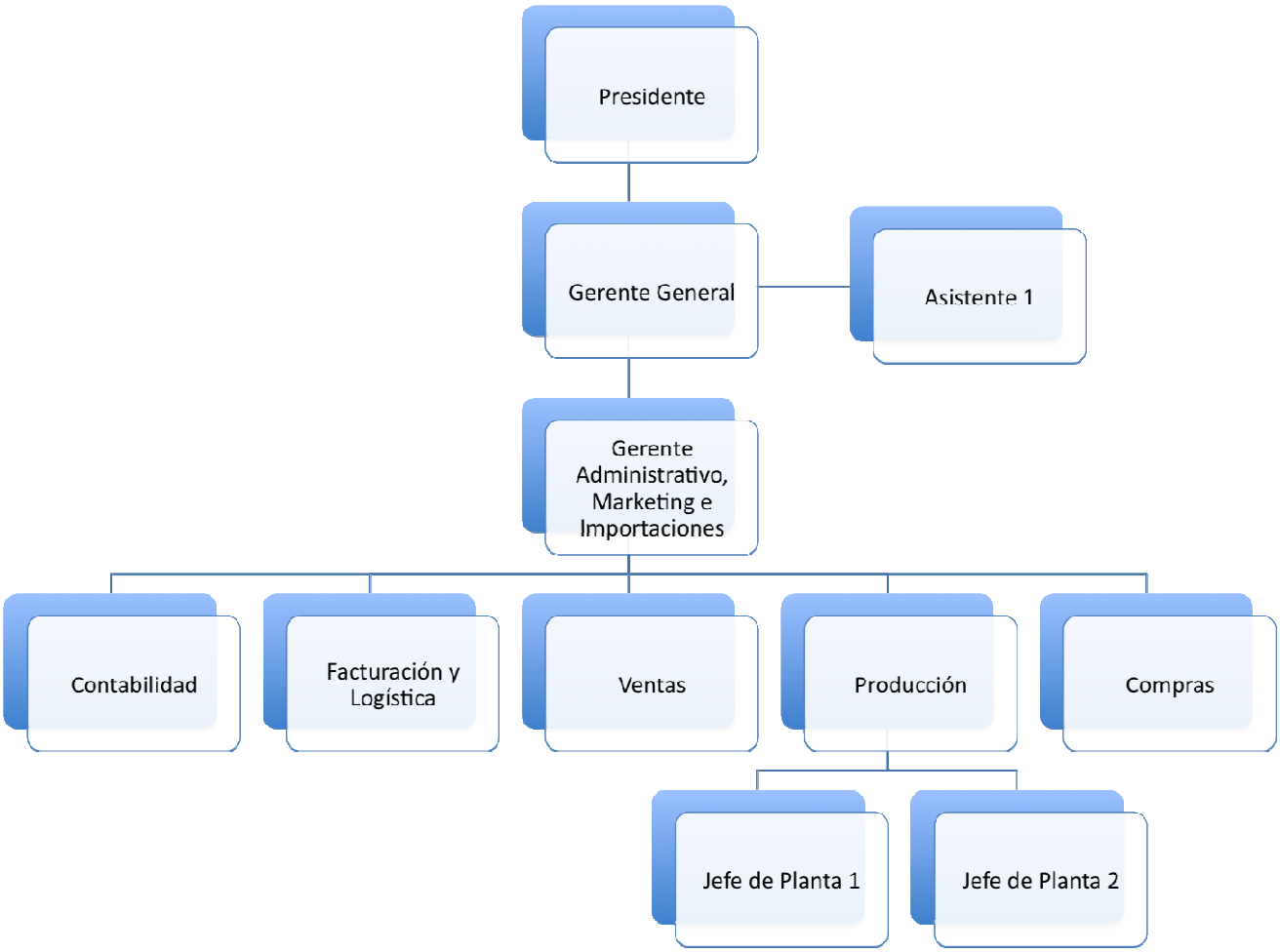
Stewart, James. Cálculo Multivariable. Cuarta edición. México: Thompson Learning, 2006.

Vivanco, Mónica. Mercado objetivo y canales de distribución Alfonso Hernández y Daniel Moncayo. 11 de Enero de 2010.

Zkmund, William y Michael d´Amico. Marketing. Ed. Pedro de la Garza. Trad. Manuel Ortiz. Séptima edición. México DF: Thomson Learning, 2001.

Anexos

Anexo 1. Organigrama de la empresa



Fuente: ALMON del Ecuador S.A.

Elaboración: Propia

Anexo 2. Guía para la dirección de los grupos focales

En los grupos focales se trataran los siguientes temas, aclarando a los participantes que den sus puntos de vista antes de la crisis eléctrica que inició en noviembre de 2009:

GENERALIDADES

- ¿Con qué frecuencia compran velas de iluminación?
- ¿Qué les motiva a tomar una decisión sobre qué marca comprar?
- ¿Usan una vela una sola vez y la botan, o la guardan para seguir usándola en otra ocasión?

PRESENTACIÓN

- ¿Qué tanto les importa la presentación de las velas?
    - Número de velas en cada paquete
        - ¿Cuánto pagaría por cada tipo de paquete?
    - ¿De qué material les gustaría que esté hecho el empaque?
        - ¿Es importante ver la vela antes de comprarla?
    - ¿El nivel de blancura de la vela implica buena o mala calidad, según sus percepciones?
    - Si la vela está cuarteada o trisada al momento de comprarla, ¿dudaría en volver a comparar la misma marca de vela en el futuro?

CARACTERÍSTICAS DE LA VELA

- ¿Qué aplicaciones le dan a una vela de iluminación?
- Trade-off tamaño – duración:
    - El tamaño lo pueden elegir según las medidas que ALMON del Ecuador S.A. puede fabricar.
- ¿Es importante que la vela resista a caídas?

- ¿Qué altura toleraría?
- Si la vela tuviera este atributo, ¿estarían dispuestos a pagarían un poco más por él?

- ¿Qué tanto afecta el hecho de que una vela chorree y manche o no?
  - ¿Prefieren tener las paredes siempre lisas o no?
  - Si la vela tuviera el atributo de que no chorree, ¿estarían dispuestos a pagar un poco más por él?
- ¿Influye la estabilidad (que la vela no se caiga fácilmente) en su compra?
  - Si la vela tuviera este atributo, ¿estarían dispuestos a pagar un poco más por él?
- ¿Sabían que el grado de iluminación puede variar de vela en vela dependiendo del tamaño de la flama?
  - ¿Influiría este atributo en su compra?
  - Si la vela tuviera este atributo, ¿estarían dispuestos a pagar un poco más por él?
- ¿Qué opinan de una vela de iluminación con aroma?
  - ¿Qué aromas preferirían?
  - Si la vela tuviera este atributo, ¿estarían dispuestos a pagar un poco más por él?
- ¿Qué opinan de una vela de iluminación de otro color que no sea blanco?
  - ¿Qué colores preferirían?
  - Si la vela tuviera este atributo, ¿estarían dispuestos a pagarían un poco mas por él?

CIERRE

- Elegir cuál de los siguientes es el atributo más importante según su opinión

  Resistencia Estabilidad Iluminación Aroma Color
- Agradecimientos y entrega de un premio por haber participado en el grupo focal.

Anexo 3. Grupos focales para la definición de atributos

REPORTE GRUPO FOCAL #1

Producto: Vela de Iluminación

Lugar: Instalaciones de ALMON del Ecuador S.A., La Armenia, Valle de los Chillos

Fecha: Viernes 22 de Enero del 2010

Moderadores: Alfonso Hernández y Daniel Moncayo

Participantes:

- Personas de 20 a 62 años
- Nivel socio-económico bajo
- Consumidores de velas de iluminación

Conclusiones obtenidas en el Grupo #1:

GENERALIDADES

- La compra de velas es muy variable de acuerdo al uso que se les da. Así, para usos religiosos y espirituales, compran velas aproximadamente cada 15 días, pero si es usado exclusivamente para iluminación se las compra una vez al año.
- La marca es poco importante al momento de comprar una vela.
- Utilizan toda la vela hasta que se consuma totalmente, por lo que prefieren una vela que dure mucho tiempo.

PRESENTACIÓN

- La presentación es importante, pero no determinante, pues si bien les gustaría un empaque donde se pueda observar la vela, existe una resistencia al cambio del empaque tradicional de papel azul.

- El número de velas que se compraría varía de acuerdo al uso. Si se compra cada 2 semanas se compran paquetes de 6 velas. Por otro lado si se compran 1 vez al año se llegan a comprar varios paquetes de entre 10 y 20 velas cada uno.
- Normalmente si el paquete solamente contiene velas blancas, se prefiere que su empaque esté hecho de papel azul. Pero si contiene velas de colores, o una caja de fósforo adicional, se prefiere un empaque de plástico.
- En general se tiene presente que entre más blanca sea la vela, mejor será su calidad.
- La estructura es muy importante al momento de comprar una vela, ya que ésta debe encontrarse en perfectas condiciones, sin que esté cuarteada o trisada.

CARACTERÍSTICAS DE LA VELA

- La vela tiene aplicaciones espirituales, religiosas, románticas y de iluminación.
- La duración es más importante que el tamaño, ya que sin importar las dimensiones de la vela, el objetivo es que dure la mayor cantidad de tiempo posible.
- Es importante que la vela resista una altura promedio de un metro, a pesar de que si se rompe aun la utilizarían por partes. Sí pagarían por este atributo aunque no lo ven trascendental al momento de comprar una vela.
- Es importante que la vela no chorree ni ensucie, por lo que sí se pagaría por este atributo, a pesar de que solo se lo apreciaría con la experiencia.
- La estabilidad de la vela no es determinante al momento de realizar la compra.
- La flama les es indiferente al momento de comprar una vela.
- El aroma no es importante en tareas donde se requiere únicamente la iluminación. Sin embargo al aplicarlo a aspectos espirituales o religiosos, éste se convierte en un factor importante.

- El color de la vela depende mucho del uso que se le vaya a dar; así, para fines espirituales, las velas de color son la mejor opción; sin embargo, para la iluminación, un simple color blanco es suficiente para sus requerimientos.

CIERRE

- Finalmente, según la votación de cierre, se obtuvo que los atributos más importantes son: Iluminación (7/7 votos), aroma (6/7) y color (6/7). Los atributos resistencia y estabilidad son los menos importantes al tener 0 votos.

REPORTE GRUPO FOCAL #2

Producto: Vela de Iluminación

Lugar: Instalaciones del Balneario Mirasierra, El Tingo, Valle de los Chillos

Fecha: Viernes 29 de Enero del 2010

Moderadores: Alfonso Hernández y Daniel Moncayo

Participantes:

- Personas de 28 a 69 años
- Nivel socio-económico bajo, medio-bajo, medio y medio-alto
- Consumidores de velas de iluminación

Conclusiones obtenidas en el Grupo #2:

GENERALIDADES

- La frecuencia varía dependiendo del uso que se le da así puede variar de 6 veces al día a al menos una vez cada quincena.

- La marca no es lo mas relevante, pero si existe cierta predominancia de Velas Tungurahua, ya que no se conocen otras marcas. Además al momento de comprar una vela solo compran lo que haya disponible en la tienda. (Importancia en Puntos de Ventas)
- Usan una vela hasta que se termine de consumir completamente.

PRESENTACIÓN

- El número de velas de cada paquete varía dependiendo del uso que le vayan a dar en sus hogares; sin embargo, se mencionaron paquetes de 3, 4, 6, 8 y 10 velas.
- Para productos nuevos, se preferirían empaques que permitan ver a la vela, pero que no sean contaminantes. De todas formas, ellos prefieren una vela de empaque de papel, pues éste contamina menos el ambiente y es reutilizable.
- El nivel de blancura definitivamente está ligado con la calidad de la vela. Así, a mayor sea la blancura de la vela, más calidad se espera que tenga.
- Una vela cuarteada refleja una pésima calidad de la vela. En caso de que la vela esté cuarteada, existe la posibilidad de que ésta sea desechada y se utilice otra, disminuyendo su fidelidad por esa marca.

CARACTERÍSTICAS DE LA VELA

- Los usos más comunes que le dan a una vela son:
    - Para esparcir el humo del tabaco
    - Religiosos / espirituales
    - Purificación del aire
    - Relajación
- Se ven más familiarizados con una vela de tamaños medianos (aproximadamente 15cm de largo y 2,5cm de diámetro) y que duren al menos alrededor de 4 horas.

- Es importante que una vela resista a las caídas, mas no es un factor del todo relevante. Lo que sí es importante recalcar es que la vela debe resistir los golpes propios del transporte.
- Una vela que chorree da la impresión de mala calidad, por lo cual estarían dispuestos a pagar un poco más por este atributo.
- Se añadió un nuevo punto, que es el hecho de que la vela no debe despedir un humo negro ni mal olor al momento de estar encendida.
- La estabilidad de la vela es un factor atractivo, pero no es algo que determina su compra. El hecho de que la vela tenga esta característica, sí le daría un valor agregado.
- El grado de iluminación es bastante importante de las siguientes maneras:
    - La mecha debe tener un tamaño suficiente para encender la vela sin problemas.
    - A mayor grado de iluminación, mejor la calidad de la vela.
- Una vela de iluminación con aroma sí le da mayor atractivo a la vela, por lo que sí estarían a pagar un poco más por una vela con aroma.
- Las personas que más usan velas, estarían dispuestas a cambiar de velas de color blanco a cualquier otro color. Al resto de personas, les parece mejor una vela blanca, pero no se resistirían a adquirir paquetes con velas de colores, sí y solo sí el precio no varía.

CIERRE

- Finalmente, según la votación de cierre, se obtuvo que los atributos más importantes son: Iluminación (4/6 votos), aroma (3/6), color (1/6) y resistencia (1/6). El atributo estabilidad es el menos importante al tener 0 votos.

REPORTE GRUPO FOCAL #3

Producto: Vela de Iluminación

Lugar: Instalaciones del Restaurante Western, El Triángulo, Valle de los Chillos

Fecha: Viernes 29 de Enero del 2010

Moderadores: Alfonso Hernández y Daniel Moncayo

Participantes:

- Personas de 26 a 64 años
- Nivel socio-económico medio-bajo y medio-alto
- Consumidores de velas de iluminación

Conclusiones obtenidas en el Grupo #3:

GENERALIDADES

- Compran una vela rara vez siempre y cuando no exista una vela en su casa o existan muy pocas.
- No existe un criterio por el cual comprar una u otra marca, pues solo conocen la vela Tungurahua.
- Utilizan la vela completamente hasta que termine de consumirse

PRESENTACIÓN

- El número de velas que contiene cada paquete es poco importante en relación con el tamaño de cada vela
- Es importante poder observar la vela antes de comprarla y más aun cuando estas tienen algún color.
- Una vela de color blanco implica mejor calidad frente a unas con menor blancura
- Es fundamental que la vela no tenga fallas en su superficie al momento de comprarla

CARACTERÍSTICAS DE LA VELA

- Las aplicaciones más comunes son: de iluminación, para camuflar el humo del tabaco, para tener un mejor ambiente, y por fines religiosos o espirituales
- La duración es el aspecto más importante frente al tamaño de la vela
- No es relevante el hecho de que una vela resista caídas pues la gente está acostumbrada a acomodarse a este tipo de percances. A consecuencia de esto, no pagarían por este atributo
- El hecho de que una vela manche o chorree no es importante al momento de comprar una vela, pues es el precio el que más tiene relevancia en este aspecto.
- Si influye la estabilidad de la vela, por razones de seguridad, comodidad. Por lo cual si se pagaría por que la vela tenga este atributo.
- El grado de iluminación sí influye en la compra de la vela, pues es un factor fundamental para su funcionalidad.
- Es agradable la idea de tener una idea de iluminación que despida un aroma agradable, pero debe ser sutil para ambientar el lugar y no congestionarlo.
- El color es un atributo parcializado, ya que la mitad de las personas les gusta variar de color de vela sin que el precio se vea muy afectado, y la otra mitad piensa que el precio es más importante que el color de la vela.

CIERRE

- Finalmente, según la votación de cierre, se obtuvo que los atributos más importantes son: Iluminación (8/8 votos), aroma (2/8), estabilidad (5/8) y resistencia (1/8). El atributo Color es el menos importante al tener 0 votos.

Anexo 4. Ejemplo de encuesta para el Análisis Conjunto

Preencuesta de Screening:

1.- ¿En qué parroquia vive actualmente?

Amaguaña Conocoto Guangopolo Alangasí La Merced Pintag Sangolquí Cotogchoa Rumipamba

Si pertenece al Valle de los Chillos, continúe con la encuesta; si no pertenece, gracias por participar

2.- ¿Compra usted velas para su familia?.

SI NO

Si su respuesta es sí, continúe con la encuesta; si su respuesta es no, gracias por participar

Encuesta

- Estimado encuestado, se desea conocer sus preferencias para el **diseño de una vela iluminación,** por favor responda las siguientes preguntas:

1.- ¿Cuántas velas tiene el paquete de velas que usted más prefiere?

El paquete de _____ velas

3.- ¿Para que le usa más a la vela?

Solo para iluminar Religioso/Espiritual Romántico Relajación

4.- ¿Con que frecuencia utiliza la vela para este uso?

Alrededor de _____ velas por **semana / mes / año**

- A continuación se presentarán diferentes tipos de velas CON DIFERENTES ATRIBURTOS, evalúe cada opción del 1 al 10 de acuerdo a la siguiente escala:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nunca compraría esta vela									Definitivamente compraría esta vela

- Lea primero todas las opciones
- Califique TODOS los tipos de las velas
- Las calificaciones pueden repetirse

Tipo CBPM	
Aroma	Con Aroma
Color	Sólo Blanco
Empaque	Papel
Tamaño	Mediano
Calificación	

Tipo SDPM	
Aroma	Sin Aroma
Color	Diferentes Colores
Empaque	Papel
Tamaño	Mediano
Calificación	

Tipo SBTM	
Aroma	Sin Aroma
Color	Sólo Blanco
Empaque	Transparente
Tamaño	Mediano
Calificación	

Tipo SDTG	
Aroma	Sin Aroma
Color	Diferentes Colores
Empaque	Transparente
Tamaño	Grande
Calificación	

Tipo SBPG	
Aroma	Sin Aroma
Color	Sólo Blanco
Empaque	Papel
Tamaño	Grande
Calificación	

Tipo CDPG	
Aroma	Con Aroma
Color	Diferentes Colores
Empaque	Papel
Tamaño	Grande
Calificación	

Tipo CBTG	
Aroma	Con Aroma
Color	Sólo Blanco
Empaque	Transparente
Tamaño	Grande
Calificación	

Tipo CDTM	
Aroma	Con Aroma
Color	Diferentes Colores
Empaque	Transparente
Tamaño	Mediano
Calificación	

Anexo 5. Orden aleatorio de presentación de los estímulos para el análisis conjunto

	Orden de presentación							
Encuesta	1ero	2do	3ero	4to	5to	6to	7mo	8vo
1	CBPM	SBTM	SBPG	CBTG	SDPM	SDTG	CDPG	CDTM
2	SBPG	CDPG	SBTM	CBPM	CBTG	SDPM	CDTM	SDTG
3	SBTM	CDPG	SDPM	CDTM	SDTG	CBTG	CBPM	SBPG
4	CBPM	SDPM	SBPG	CDTM	CBTG	SDTG	SBTM	CDPG
5	CBPM	CBTG	SBTM	SDPM	SDTG	SBPG	CDTM	CDPG
6	CDPG	SDPM	CBTG	SDTG	SBTM	SBPG	CDTM	CBPM
7	CBTG	SBTM	CDTM	CBPM	CDPG	SBPG	SDTG	SDPM
8	SBTM	SDPM	CDPG	CBTG	SBPG	CBPM	CDTM	SDTG
9	CDTM	CDPG	SDTG	CBTG	CBPM	SBPG	SBTM	SDPM
10	CBTG	SBPG	CDPG	CBPM	SDTG	CDTM	SBTM	SDPM
11	CDTM	CBPM	SBTM	CBTG	SDPM	SBPG	SDTG	CDPG
12	CBTG	SBPG	SDTG	CBPM	CDPG	CDTM	SDPM	SBTM
13	CBTG	SBTM	CBPM	SDPM	SDTG	CDTM	SBPG	CDPG
14	SDPM	SDTG	SBPG	CDPG	CBPM	CDTM	CBTG	SBTM
15	SBPG	SDPM	CBTG	SDTG	CDPG	CDTM	SBTM	CBPM
16	CBPM	CDPG	CDTM	SDTG	SBTM	SDPM	CBTG	SBPG
17	SDPM	SBPG	CBPM	CDPG	SBTM	CDTM	SDTG	CBTG
18	CDPG	CDTM	CBTG	SBTM	SBPG	SDTG	CBPM	SDPM
19	SBTM	CBPM	SDPM	SBPG	CDTM	CBTG	SDTG	CDPG
20	CBTG	SBTM	SBPG	SDTG	CDPG	CDTM	CBPM	SDPM
21	CDPG	SDPM	SDTG	CDTM	SBPG	CBTG	SBTM	CBPM
22	CDTM	SBPG	SBTM	CBPM	SDPM	SDTG	CBTG	CDPG
23	SBTM	CBTG	CDPG	SDPM	SBPG	CDTM	SDTG	CBPM
24	CBTG	SDPM	SBTM	SBPG	SDTG	CDTM	CDPG	CBPM
25	CDTM	SBTM	CBTG	SBPG	CDPG	CBPM	SDTG	SDPM
26	SBPG	SDTG	CDTM	CBTG	CDPG	SBTM	CBPM	SDPM
27	CDTM	SDTG	SBTM	CBPM	SBPG	SDPM	CBTG	CDPG
28	SDTG	SBTM	CBPM	CDPG	CDTM	SBPG	CBTG	SDPM
29	SDPM	SDTG	CDTM	SBPG	SBTM	CBTG	CDPG	CBPM
30	CBPM	SBTM	CDTM	CBTG	SDTG	CDPG	SBPG	SDPM
31	SBTM	CDTM	SBPG	SDPM	CBPM	CDPG	CBTG	SDTG
32	CDTM	SBTM	SBPG	CDPG	SDTG	SDPM	CBPM	CBTG
33	SBTM	CBPM	SDTG	CBTG	SDPM	CDPG	SBPG	CDTM
34	SDTG	CBTG	CBPM	SDPM	CDPG	SBPG	SBTM	CDTM
35	SBPG	CDTM	CBTG	CDPG	SBTM	SDPM	SDTG	CBPM
36	SDTG	CBPM	SBPG	CBTG	SBTM	CDPG	CDTM	SDPM
37	SDTG	SDPM	SBTM	SBPG	CBPM	CDPG	CBTG	CDTM
38	CBTG	CDPG	SDPM	CBPM	SDTG	SBTM	SBPG	CDTM
39	SBPG	CDPG	SBTM	SDTG	CBTG	CBPM	CDTM	SDPM
40	CBTG	CBPM	CDPG	SBTM	SDTG	CDTM	SBPG	SDPM
41	CBTG	SBPG	CBPM	CDTM	SBTM	SDTG	CDPG	SDPM
42	CBPM	CDTM	SBPG	SDPM	SBTM	CBTG	SDTG	CDPG
43	SDTG	SDPM	CBTG	CBPM	SBTM	CDPG	SBPG	CDTM
44	SBPG	CBPM	SDTG	CBTG	CDTM	SDPM	CDPG	SBTM
45	SBPG	SDTG	CBPM	CBTG	CDTM	SDPM	SBTM	CDPG

46	SDTG	CDPG	SDPM	CDTM	SBPG	SBTM	CBTG	CBPM
47	SBPG	CBPM	SDPM	SBTM	CBTG	CDTM	CDPG	SDTG
48	CDTM	SBPG	SDTG	SDPM	CBPM	SBTM	CDPG	CBTG
49	SDPM	CDTM	SDTG	SBTM	CDPG	CBPM	CBTG	SBPG
50	SBTM	SDTG	CBTG	CDPG	CDTM	CBPM	SBPG	SDPM
51	CDTM	CBPM	CDPG	CBTG	SBPG	SDTG	SBTM	SDPM
52	SBTM	CDPG	SDTG	CDTM	SBPG	CBTG	SDPM	CBPM
53	CDTM	SDTG	SBTM	SDPM	CBTG	CBPM	SBPG	CDPG
54	SDPM	CDPG	SBPG	SBTM	CDTM	CBPM	CBTG	SDTG
55	CBPM	SBPG	CBTG	CDPG	SBTM	CDTM	SDPM	SDTG
56	SBPG	SDTG	SDPM	SBTM	CBTG	CDTM	CDPG	CBPM
57	CBTG	SBPG	CDPG	SBTM	SDPM	CBPM	CDTM	SDTG
58	CBPM	SBPG	CDTM	SDPM	SBTM	CDPG	SDTG	CBTG
59	SDTG	CBPM	CDPG	SDPM	CDTM	SBTM	SBPG	CBTG
60	SDTG	CDTM	CBPM	SDPM	CBTG	CDPG	SBTM	SBPG
61	CBPM	SBTM	CBTG	SDTG	CDTM	SDPM	CDPG	SBPG
62	SBTM	SDPM	SDTG	SBPG	CBPM	CBTG	CDPG	CDTM
63	SBPG	CDPG	SDPM	SBTM	CDTM	CBTG	SDTG	CBPM
64	CBPM	CDTM	SDPM	SBPG	CBTG	CDPG	SBTM	SDTG
65	CBPM	SBPG	SBTM	CDTM	CDPG	SDPM	CBTG	SDTG
66	CDTM	CDPG	SBTM	CBPM	SDTG	SDPM	CBTG	SBPG
67	CBPM	SBPG	SDTG	CDPG	SDPM	CDTM	CBTG	SBTM
68	SBPG	CBPM	SDPM	SDTG	SBTM	CDPG	CDTM	CBTG
69	CDTM	CBPM	SDPM	SBTM	CBTG	SDTG	SBPG	CDPG
70	SBTM	CBPM	SDPM	CBTG	CDTM	SDTG	SBPG	CDPG
71	SBTM	SBPG	CBPM	SDPM	SDTG	CDTM	CBTG	CDPG
72	CDTM	SBPG	CDPG	SDTG	CBPM	CBTG	SBTM	SDPM
73	SBPG	CBTG	CBPM	CDPG	SDTG	SDPM	SBTM	CDTM
74	CBTG	CBPM	SBPG	SBTM	CDPG	SDTG	SDPM	CDTM
75	CBTG	SBTM	SDPM	CDPG	SDTG	CBPM	SBPG	CDTM
76	CBTG	SBTM	SDPM	SBPG	CBPM	CDTM	SDTG	CDPG
77	CBTG	SBPG	CDPG	SDTG	CDTM	SDPM	CBPM	SBTM
78	SDPM	SDTG	CDPG	CDTM	SBTM	CBPM	CBTG	SBPG
79	SDPM	CBPM	CDTM	SBTM	SDTG	CBTG	SBPG	CDPG
80	SDTG	SDPM	CBTG	CBPM	CDPG	SBTM	CDTM	SBPG
81	CDPG	CBPM	SDPM	SDTG	SBTM	CBTG	CDTM	SBPG
82	CDPG	SBPG	SDTG	CBTG	CBPM	SBTM	SDPM	CDTM
83	CBPM	SDTG	CDTM	CBTG	CDPG	SBTM	SBPG	SDPM
84	CDTM	SBPG	CBTG	CBPM	SBTM	SDTG	CDPG	SDPM
85	SBPG	SDPM	SDTG	CDPG	SBTM	CDTM	CBTG	CBPM
86	CDTM	CBTG	SBTM	SDPM	CDPG	SDTG	CBPM	SBPG
87	SDTG	CDTM	CDPG	CBPM	SBPG	SBTM	CBTG	SDPM
88	CBPM	SDPM	SDTG	SBPG	CDTM	CBTG	SBTM	CDPG
89	CDPG	SBTM	SBPG	SDPM	CBTG	CDTM	CBPM	SDTG
90	SBPG	CDTM	SDPM	SBTM	SDTG	CBPM	CBTG	CDPG
91	SDPM	CBPM	SDTG	CBTG	SBPG	CDTM	CDPG	SBTM
92	CBTG	SBPG	SDPM	CDPG	SDTG	SBTM	CDTM	CBPM
93	SBPG	SBTM	CBPM	CDTM	CBTG	CDPG	SDPM	SDTG

94	CBTG	SDTG	SDPM	CDPG	SBPG	CDTM	CBPM	SBTM
95	SDTG	CBPM	CDPG	SBTM	SDPM	SBPG	CDTM	CBTG
96	SDPM	CDPG	SBTM	CBTG	CBPM	CDTM	SDTG	SBPG
97	CBTG	CBPM	CDTM	CDPG	SBTM	SDTG	SBPG	SDPM
98	CBTG	CDPG	SDTG	SDPM	SBPG	SBTM	CBPM	CDTM
99	CBPM	SBPG	SBTM	CDTM	CDPG	SDPM	CBTG	SDTG
100	SBTM	CBPM	CBTG	SDPM	CDTM	SDTG	SBPG	CDPG
101	CBPM	SBTM	CBTG	SDTG	CDTM	SDPM	CDPG	SBPG
102	SDTG	SDPM	CBPM	SBTM	CDTM	CDPG	SBPG	CBTG
103	CDPG	CBPM	SDTG	CBTG	SDPM	SBPG	CDTM	SBTM
104	SDPM	CBTG	SBPG	CBPM	CDTM	CDPG	SDTG	SBTM
105	CBTG	CDTM	CBPM	SBPG	SDPM	SBTM	CDPG	SDTG
106	CBTG	SDTG	CDTM	SBTM	CDPG	CBPM	SDPM	SBPG
107	CDTM	SBTM	CDPG	SBPG	SDTG	CBPM	CBTG	SDPM
108	SDTG	SDPM	CBPM	SBTM	CDTM	CDPG	SBPG	CBTG
109	CDPG	CBPM	SDTG	CBTG	SDPM	SBPG	CDTM	SBTM
110	SBPG	CBPM	SDPM	CBTG	CDPG	SBTM	SDTG	CDTM
111	CDPG	SBPG	CBTG	SDTG	SDPM	CDTM	SBTM	CBPM
112	SDTG	CBPM	SDPM	SBTM	CDPG	CDTM	SBPG	CBTG
113	CDPG	SDTG	SBTM	CBTG	CDTM	CBPM	SBPG	SDPM
114	SDTG	SDPM	CBPM	SBTM	SBPG	CBTG	CDTM	CDPG
115	SBTM	SDPM	CDTM	CBPM	SBPG	CBTG	CDPG	SDTG
116	CDTM	CBTG	SDPM	SBPG	SDTG	CBPM	SBTM	CDPG
117	CBTG	CDTM	SDTG	SDPM	CBPM	CDPG	SBPG	SBTM
118	SBTM	SDTG	SDPM	CDPG	SBPG	CBPM	CDTM	CBTG
119	SBTM	SDTG	CDTM	CBPM	SBPG	CDPG	SDPM	CBTG
120	SBPG	SDTG	CDPG	CDTM	SBTM	SDPM	CBTG	CBPM
121	CBTG	SDPM	CDTM	CBPM	SBTM	SBPG	CDPG	SDTG
122	CDTM	SBTM	CBPM	SDPM	CDPG	SBPG	CBTG	SDTG
123	CDPG	SDPM	CBTG	SDTG	CDTM	CBPM	SBPG	SBTM
124	CBTG	CBPM	CDTM	SBTM	SDTG	SDPM	SBPG	CDPG
125	SBPG	SDTG	CBTG	SBTM	SDPM	CDTM	CBPM	CDPG
126	CBPM	CBTG	SDTG	CDPG	SBTM	CDTM	SDPM	SBPG
127	SDPM	SBPG	CDPG	CDTM	CBPM	SDTG	CBTG	SBTM
128	SBTM	SBPG	SDPM	CDPG	CBPM	SDTG	CDTM	CBTG
129	CBTG	SDTG	SDPM	CDPG	SBPG	CDTM	CBPM	SBTM
130	CDPG	CBTG	SBPG	SDTG	SBTM	CBPM	CDTM	SDPM
131	CDPG	CDTM	CBTG	SDTG	SBTM	SBPG	CBPM	SDPM
132	CDPG	SBPG	CBTG	SDPM	SBTM	SDTG	CBPM	CDTM
133	CBPM	SBTM	SBPG	CDTM	CBTG	SDPM	CDPG	SDTG
134	SBPG	CBTG	SDPM	CBPM	CDTM	SBTM	SDTG	CDPG
135	SBPG	CBTG	CBPM	CDPG	CDTM	SBTM	SDTG	SDPM
136	CBPM	CBTG	CDPG	SDPM	SBPG	SDTG	CDTM	SBTM
137	CBPM	CDPG	SBPG	SDPM	SBTM	CDTM	CBTG	SDTG
138	CDPG	SBPG	SBTM	CBTG	SDTG	CBPM	CDTM	SDPM
139	CDPG	SBTM	CBTG	SBPG	SDTG	SDPM	CDTM	CBPM
140	CDPG	SBTM	SDTG	SBPG	CBPM	CDTM	SDPM	CBTG
141	CDTM	SBTM	CDPG	SBPG	SDTG	CBPM	CBTG	SDPM

142	CDTM	SDPM	CBTG	CDPG	SBPG	SDTG	SBTM	CBPM
143	SBTM	CBPM	SDPM	SDTG	CDPG	SBPG	CBTG	CDTM
144	CDPG	SDPM	SBTM	CBPM	CDTM	SBPG	SDTG	CBTG
145	CBPM	CDPG	CDTM	SDTG	SBPG	SDPM	SBTM	CBTG
146	SBTM	CDTM	CBPM	SDTG	SDPM	CDPG	SBPG	CBTG
147	SDTG	SDPM	SBTM	CDTM	CDPG	CBTG	CBPM	SBPG
148	SDPM	SBPG	CDPG	SDTG	SBTM	CBTG	CDTM	CBPM
149	SDTG	CBTG	SBTM	CDTM	SBPG	CDPG	CBPM	SDPM
150	CBTG	SBTM	SDTG	SDPM	SBPG	CDTM	CDPG	CBPM
151	CBTG	SDTG	CBPM	CDTM	SDPM	SBTM	CDPG	SBPG
152	SBPG	CBPM	CDTM	SDTG	SDPM	CBTG	CDPG	SBTM
153	SBTM	SDPM	CDTM	CBPM	SBPG	CBTG	CDPG	SDTG
154	CBTG	CDTM	SDTG	SBPG	SBTM	SDPM	CBPM	CDPG
155	CDTM	CBTG	SDPM	SBPG	SDTG	CBPM	SBTM	CDPG
156	SDTG	CDTM	CDPG	SBTM	SDPM	CBTG	CBPM	SBPG
157	SBPG	CDPG	SDPM	CDTM	SDTG	CBTG	CBPM	SBTM
158	SDPM	CDTM	SDTG	CBPM	CDPG	SBPG	SBTM	CBTG
159	SBTM	CBTG	SDPM	CDPG	CBPM	CDTM	SDTG	SBPG
160	SDTG	SDPM	SBPG	CBTG	CDPG	SBTM	CDTM	CBPM
161	SDTG	CDTM	SDPM	CBPM	SBTM	CBTG	SBPG	CDPG

Anexo 6. Grupo focal para el definir el diseño final del paquete de velas

REPORTE GRUPO FOCAL #4

Producto: Vela de Iluminación

Lugar: Conjunto residencial de la familia Mullo, Vía al Tingo, San Rafael, Valle de los Chillos

Fecha: Sábado 13 de marzo de 2010

Moderadores: Alfonso Hernández y Daniel Moncayo

Participantes:

- Personas de 16 a 59 años
- 5 participantes: 4 hombres y 1 mujer
- Consumidores de velas de iluminación

Conclusiones obtenidas en el Grupo #4:

AROMA

- No existe un aroma determinado que más les guste, pues preferirían tener varios aromas para escoger, siempre y cuando esté asociado con algún elemento físico de la naturaleza, como por ejemplo: árboles, bosque y frutales.
- Ellos piensan que el aroma de la vela tiene que estar asociado con su color, basándose en que los aromas deben estar asociados con la naturaleza, entonces, si por ejemplo se coloca una vela anaranjada, la vela debería oler a durazno; si es de color verde, debería oler a pino o ciprés; si es de color rojo, su aroma debería ser a fresa, y así sucesivamente.
- Piensan que el aroma debería mantenerse al momento en que se enciende la vela, y que éste debería esparcirse por el ambiente, pues causa insatisfacción el hecho de que la vela

tenga aroma en su empaque, pero al momento de encenderla, ésta no sirve para aromatizar el ambiente.

- El aroma es un factor muy importante, en concordancia con lo obtenido en los grupos focales; sin embargo, es también importante un primer impacto visual, pues éste determinaría el que el cliente se acerque o no al producto para percibir su aroma.

COLOR

- Existió uniformidad en la opinión de que un paquete debería tener varios colores. De los 5 participantes, 3 expresaron que el paquete debería tener 2 colores: 3 velas de un color y 3 de otro color; por el otro lado, 2 expresaron que el paquete debería tener 3 colores: 2 velas de un color, 2 de otro color y otras 2 de un color distinto.
- Los colores de las velas no deberían ser sólidos; esto es, deberían tener un color distinto a los tradicionales, por ejemplo, colores pasteles o eléctricos; y además, deberían tener alguna característica llamativa, como por ejemplo, estar en degradé.
- Sería importante señales el impacto sicológico de los colores, por ejemplo, indicar de alguna manera las ventajas de ocupar una vela de un color para una actividad específica.
- Los colores más mencionados en el grupo focal fueron el rojo, azul y verde, siendo el azul el que más repitió, seguido del rojo y del verde.

EMPAQUE

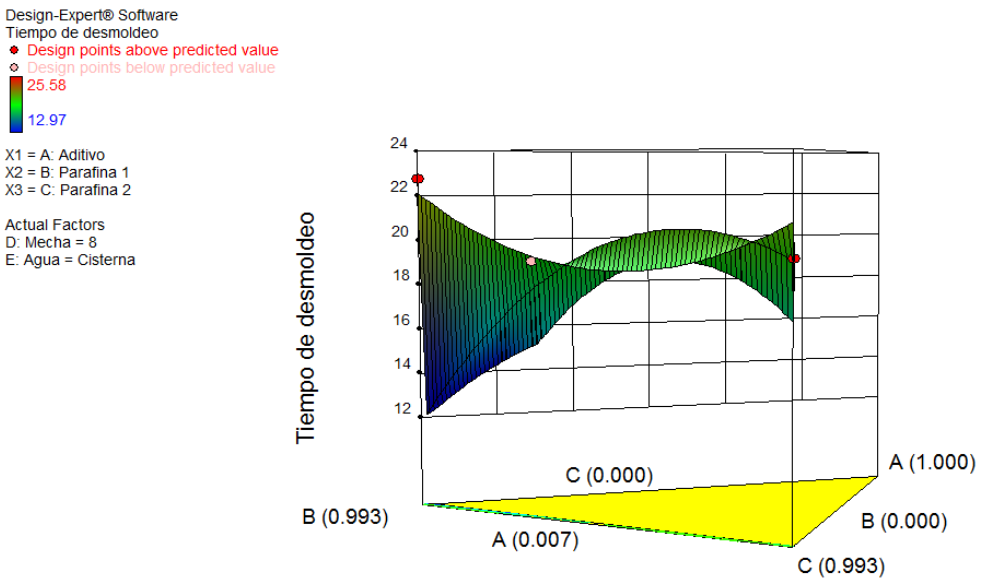
- El empaque debería ser simple, y debería permitir que se resalten las características de la vela.

- Sería preferible tener un empaque en donde exista una zona completamente transparente que permita visualizar al producto, y otra zona en donde se coloquen sus características tales como marca, aromas, y datos adicionales de la empresa que las fabrica.

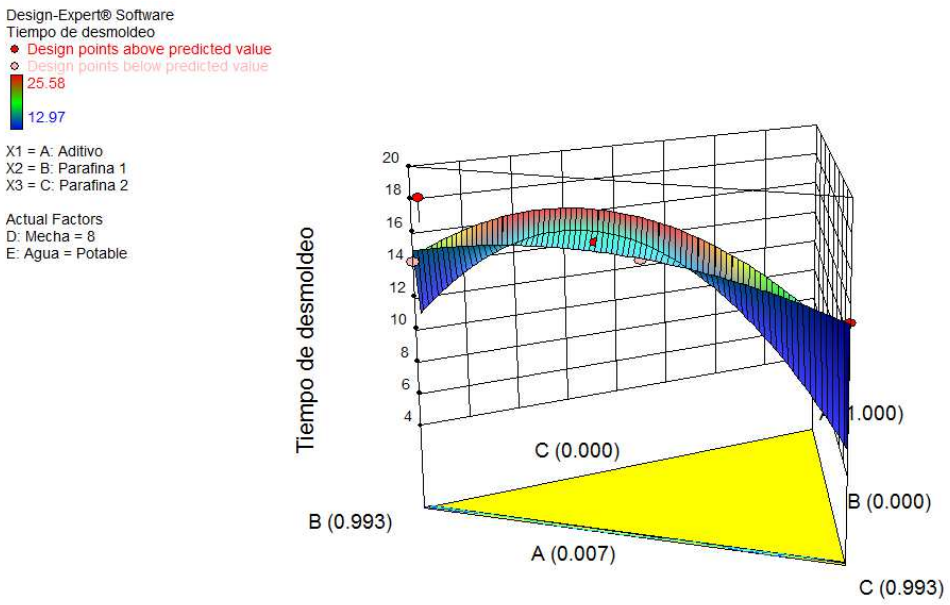
CONCLUSIONES GENERALES SOBRE EL PRODUCTO

- En general, les gusta la idea de tener este tipo de velas, pues las velas tradicionales no contienen estas características decorativas que se le agregarían al nuevo producto; sin embargo, se recomendó un diseño novedoso, sobre todo en los colores, como se lo expresó anteriormente.

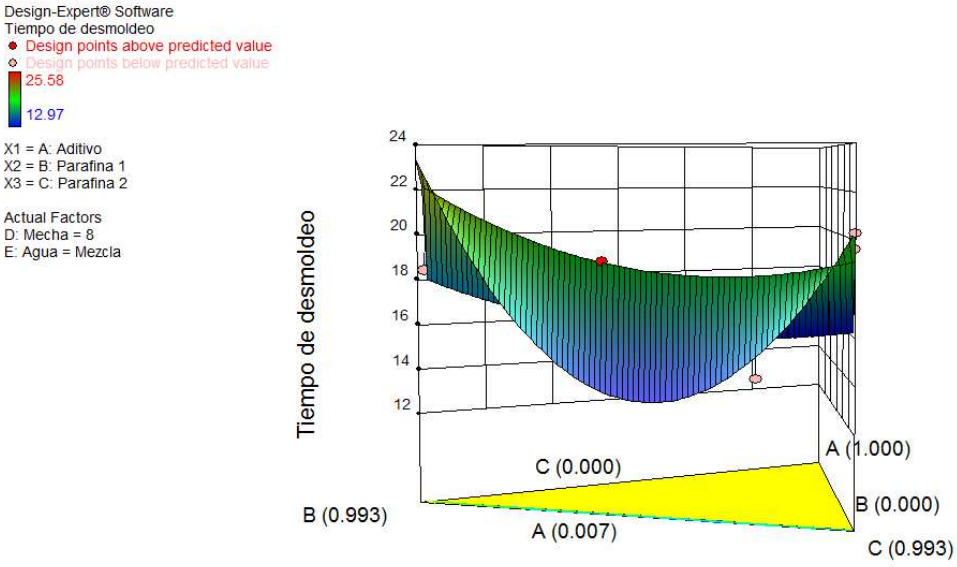
Anexo 7. Superficies de respuesta obtenidos del software Design Expert® a partir de los experimentos para el diseño de la mezcla de materias primas



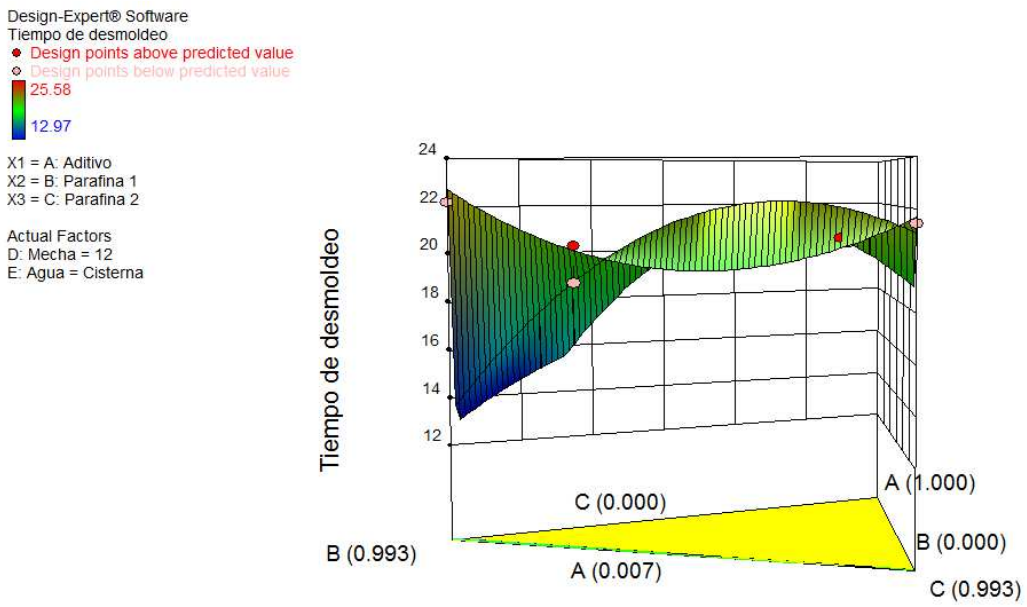
Gráfica 1. Superficie de respuesta del tiempo de desmoldeo con mecha de 8 hebras y agua de la cisterna



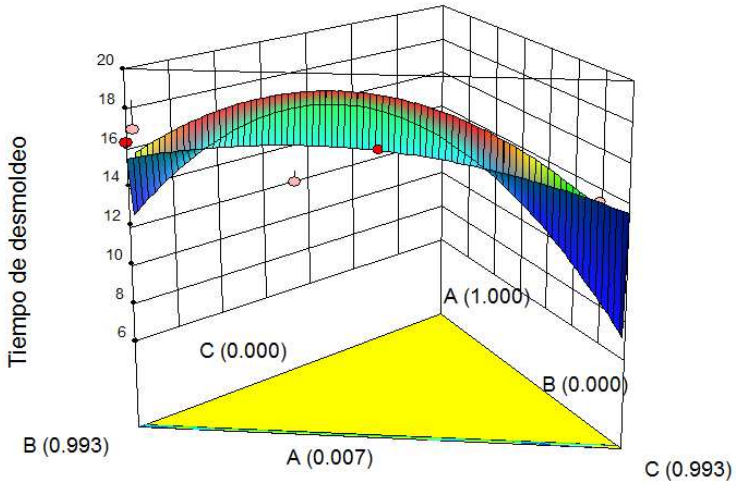
Gráfica 2. Superficie de respuesta del tiempo de desmoldeo con mecha de 8 hebras y agua potable



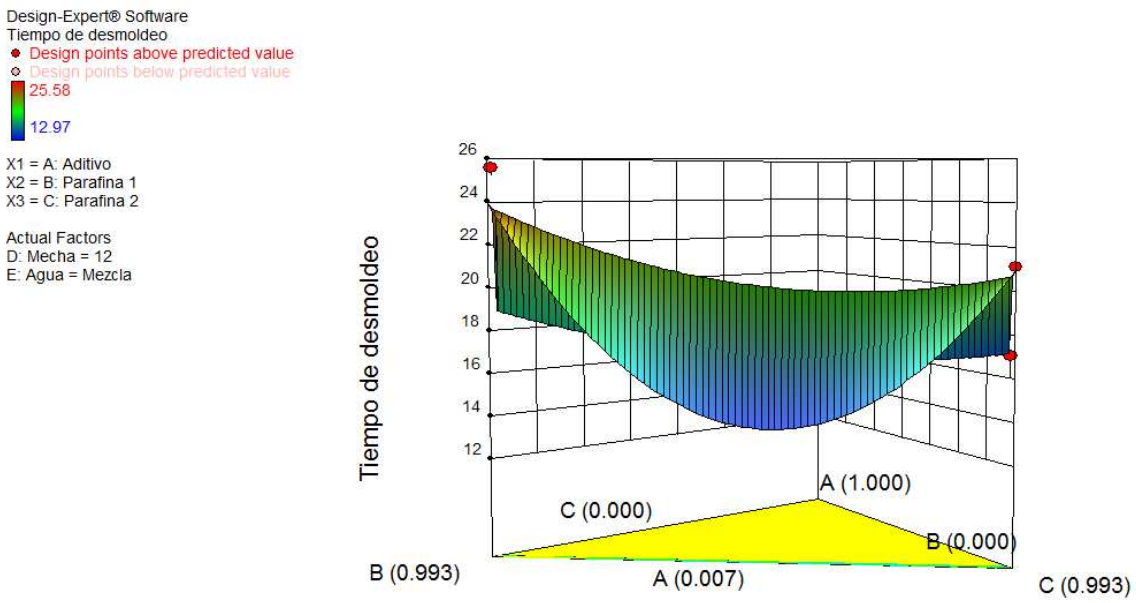
Gráfica 3. Superficie de respuesta para el tiempo de desmoldeo con mecha de 8 hebras y agua mezclada



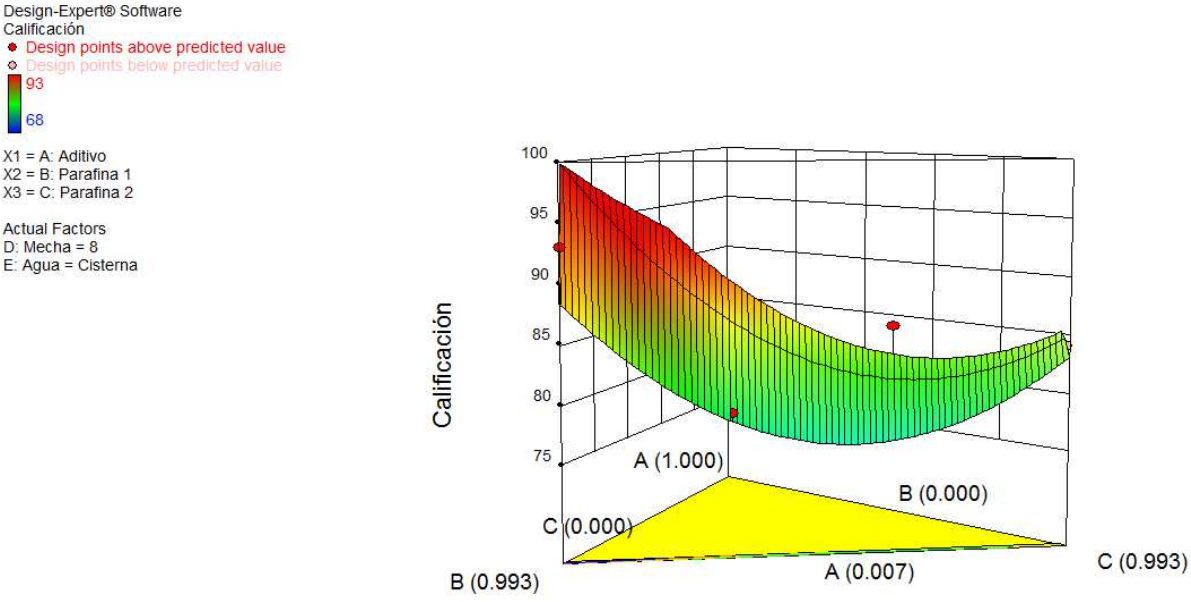
Gráfica 4. Superficie de respuesta del tiempo de desmoldeo con mecha de 12 hebras y agua de la cisterna



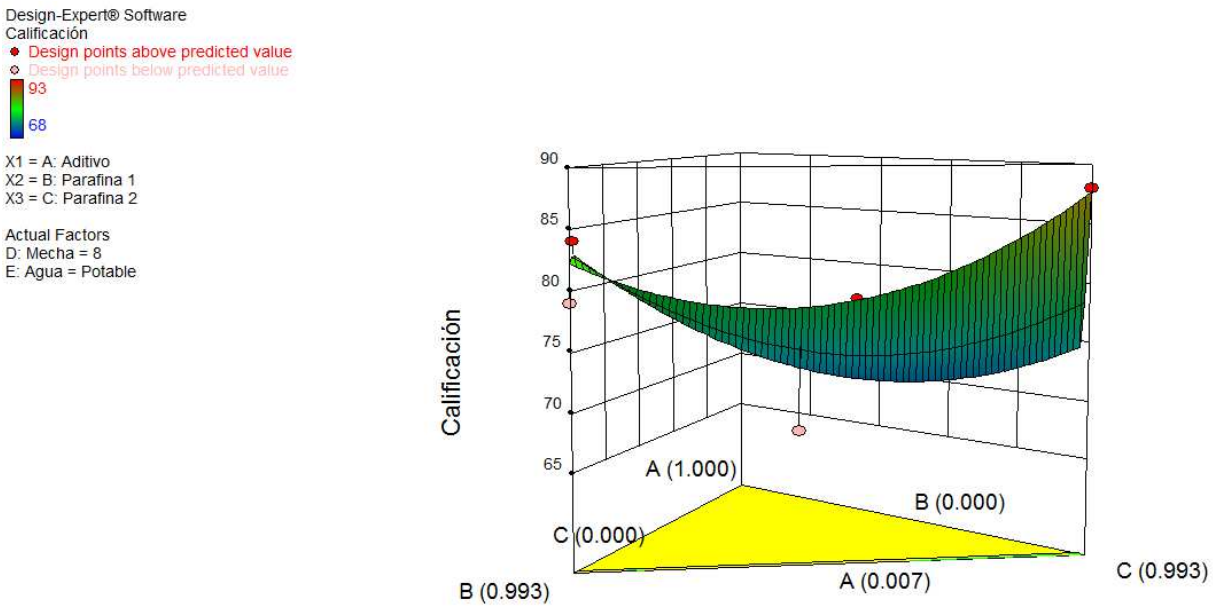
Gráfica 5. Superficie de respuesta del tiempo de desmoldeo con mecha de 12 hebras y agua potable



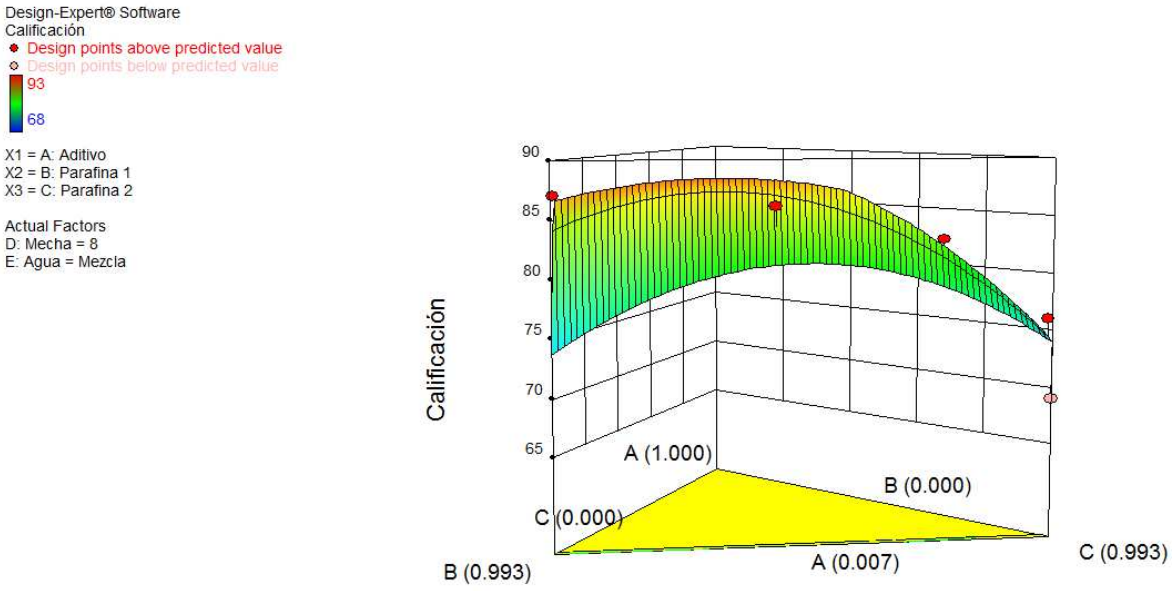
Gráfica 6. Superficie de respuesta del tiempo de desmoldeo con mecha de 12 hebras y agua mezclada



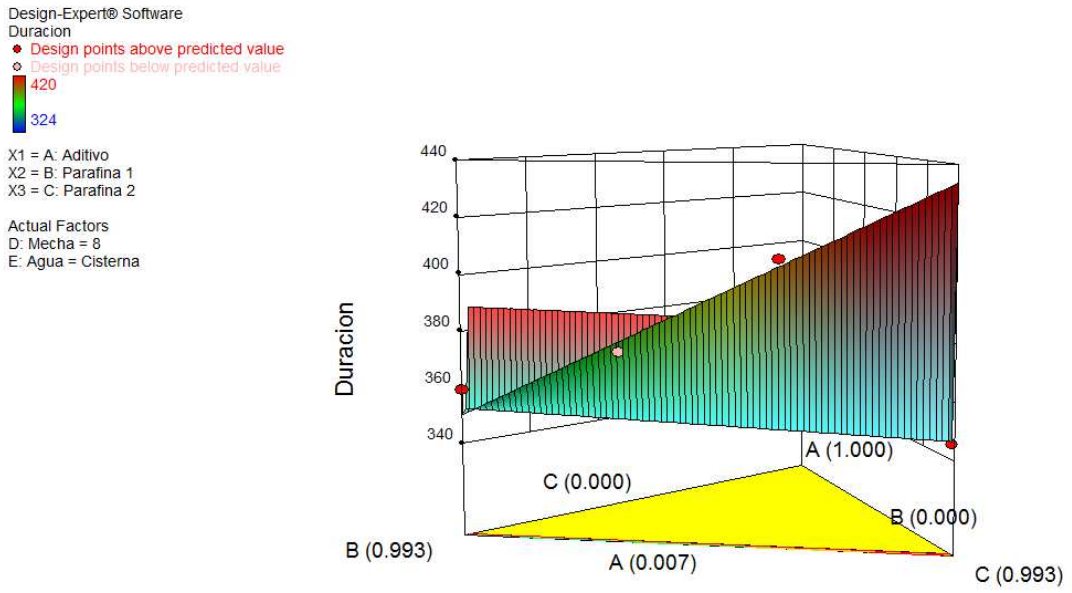
Gráfica 7. Superficie de respuesta de la calificación con agua de la cisterna



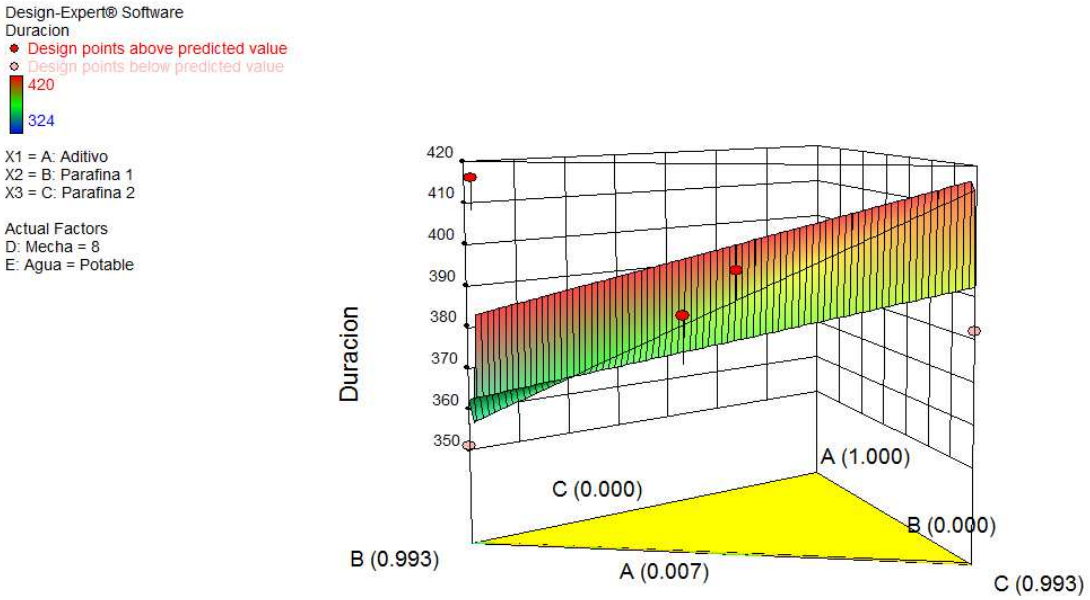
Gráfica 8. Superficie de respuesta de la calificación de la vela con agua potable



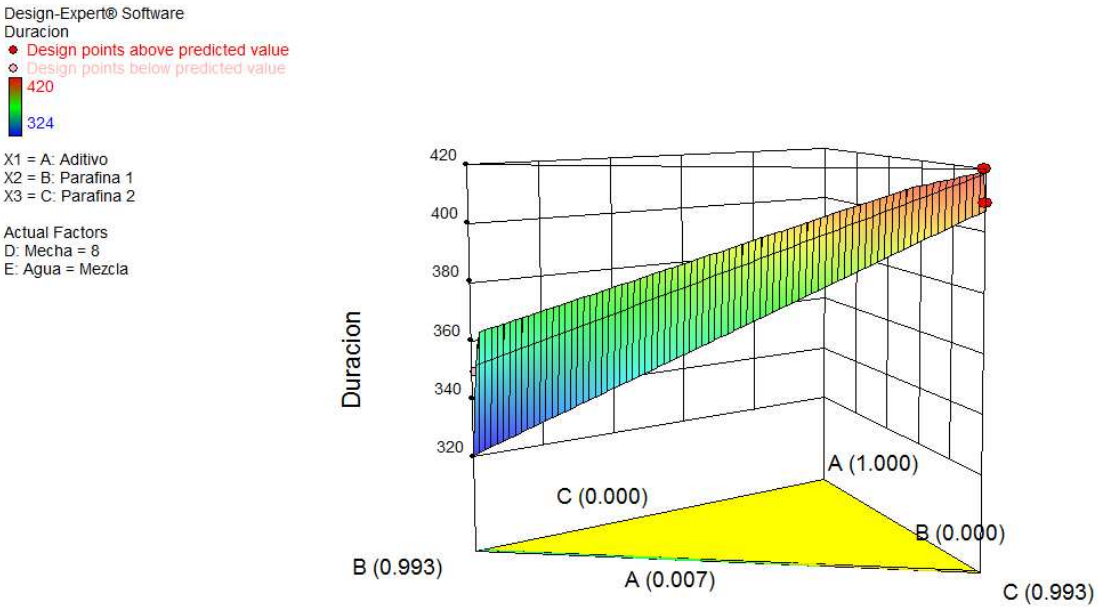
Gráfica 9. Superficie de respuesta de la duración de la vela con mecha de 8 hebras y agua mezclada



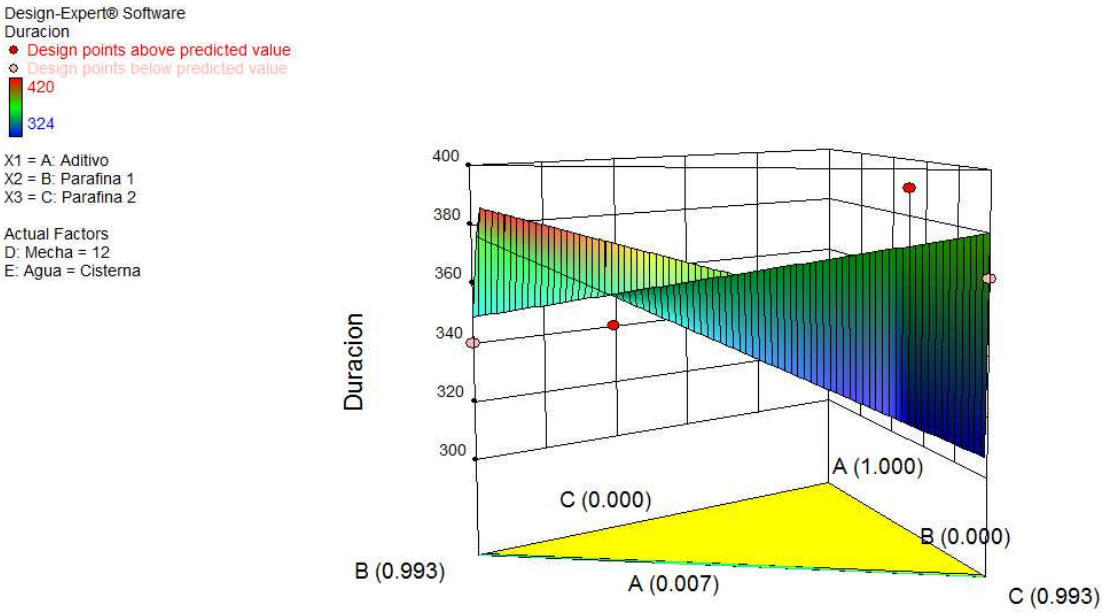
Gráfica 10. Superficie de respuesta de la duración con mecha de 8 hebras y agua de la cisterna



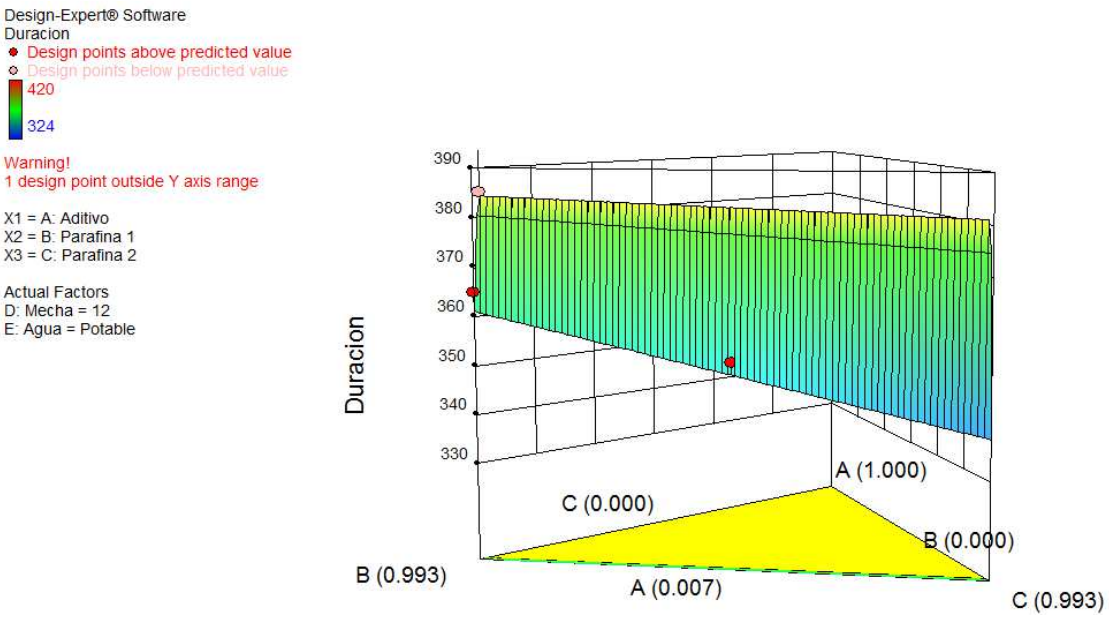
Gráfica 11. Superficie de respuesta de la duración de la vela con mecha de 8 hebras y agua potable



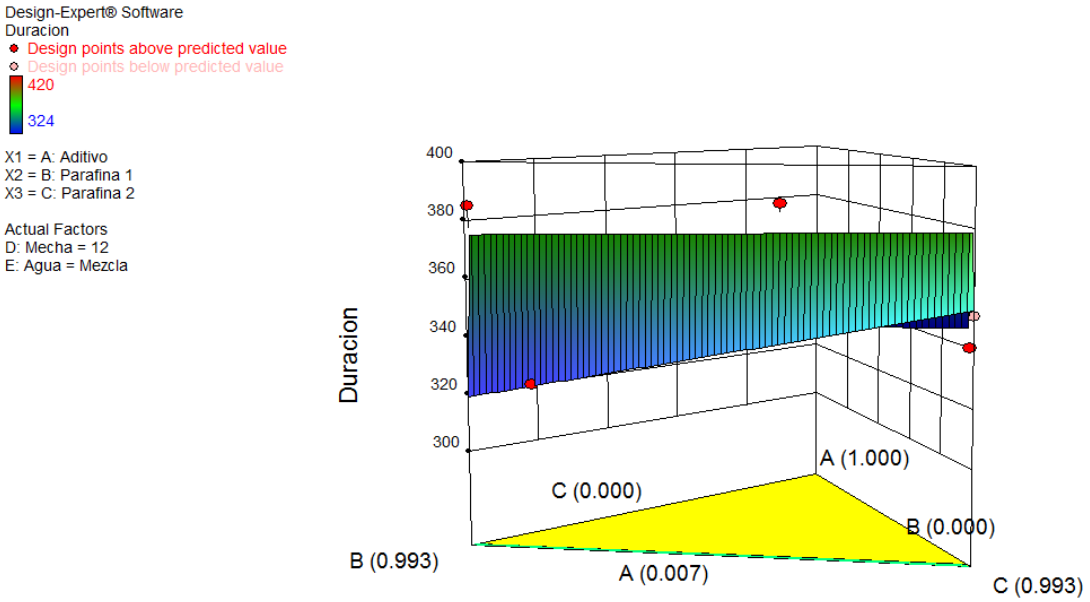
Gráfica 12. Superficie de respuesta de la duración de la vela con mecha de 8 hebras y agua mezclada



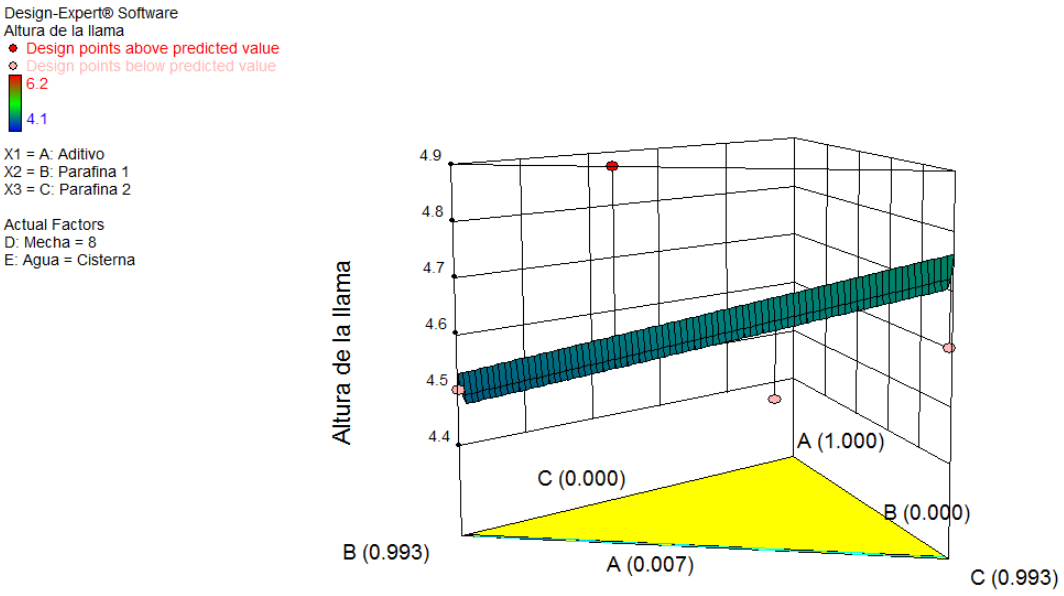
Gráfica 13. Superficie de respuesta de la duración de la vela con mecha de 12 hebras y agua de la cisterna



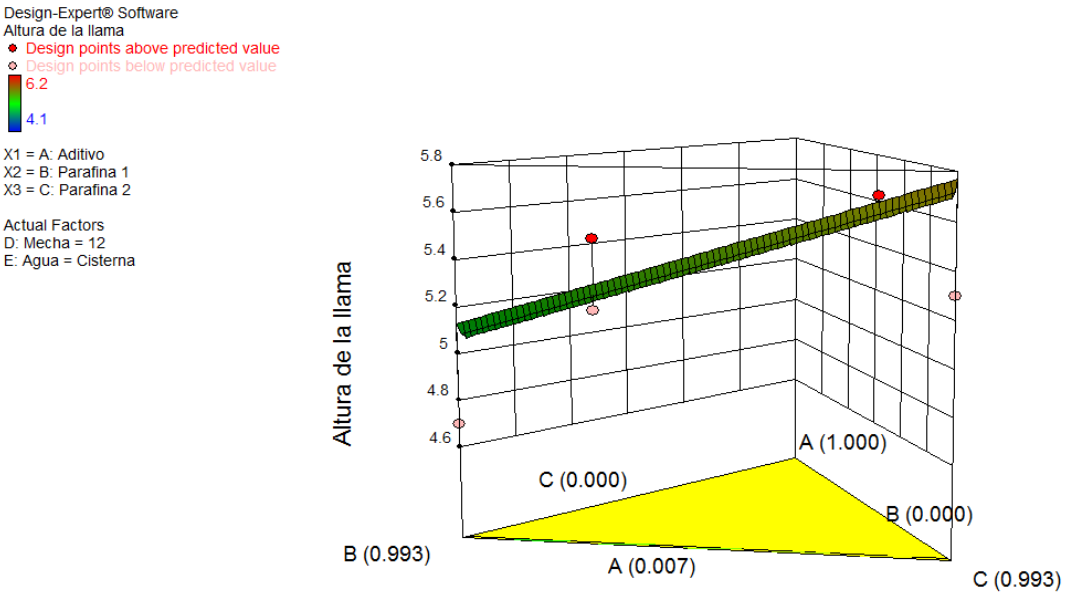
Gráfica 14. Superficie de respuesta de la duración de la vela con mecha de 12 hebras y agua potable



Gráfica 15. Superficie de respuesta de la duración de la vela con mecha de 12 hebras y agua mezclada



Gráfica 16. Superficie de respuesta de la altura de la llama con mecha de 8 hebras



Gráfica 17. Superficie de respuesta de la altura de la llama con mecha de 12 hebras

Anexo 8. Capacidad esperada de los procesos propuestos en la Tabla 48. Optimización del proceso

Estándares					
		LSL	USL		
	Tiempo de desmoldeo (min)	N/A	18		
	Calificación (/100)	70	N/A		
	Duración (min)	248,9	N/A		
	Altura de la llama	4,452	N/A		
Capacidad de los procesos óptimos					
Opción	CTQ	Media	Desvest	Cp = Cpk	Defectos aproximados (ppm)
1	Tiempo de desmoldeo (min)	12,93	1,16	1,46	14
	Calificación (/100)	87,68	4	1,47	4
	Duración (min)	396,20	14,42	3,40	< 0,0009
	Altura de la llama	4,76	0,32	0,32	226628
2	Tiempo de desmoldeo (min)	8,17	1,16	2,82	< 0,0009
	Calificación (/100)	84,12	4	1,18	159
	Duración (min)	349,97	14,42	2,34	< 0,0009
	Altura de la llama	5,75	0,3	1,35	48
3	Tiempo de desmoldeo (min)	17,58	1,16	0,12	> 226628
	Calificación (/100)	85,33	4	1,28	48
	Duración (min)	392,27	14,42	3,31	< 0,0009
	Altura de la llama	4,70	0,32	0,26	226628
4	Tiempo de desmoldeo (min)	15,14	1,16	0,82	8198
	Calificación (/100)	81,48	4	0,96	1350
	Duración (min)	411,10	14,42	3,75	< 0,0009

	Altura de la llama	4,66	0,32	0,22	> 226628
5	Tiempo de desmoldeo (min)	21,09	1,16	-0,89	1000000
	Calificación (/100)	83,12	4	1,09	484
	Duración (min)	433,79	14,42	4,27	< 0,0009
	Altura de la llama	4,76	0,32	0,32	226628
6	Tiempo de desmoldeo (min)	21,67	1,16	-1,05	1000000
	Calificación (/100)	83,12	4	1,09	484
	Duración (min)	379,80	14,42	3,03	< 0,0009
	Altura de la llama	5,77	0,32	1,37	14
7	Tiempo de desmoldeo (min)	14,56	1,16	0,99	1350
	Calificación (/100)	79,29	4	0,77	8198
	Duración (min)	385,44	14,42	3,16	< 0,0009
	Altura de la llama	4,70	0,32	0,26	226628
8	Tiempo de desmoldeo (min)	9,62	1,16	2,41	< 0,0009
	Calificación (/100)	74,52	4	0,38	226628
	Duración (min)	476,94	14,42	5,27	< 0,0009
	Altura de la llama	4,70	0,32	0,26	> 226628
9	Tiempo de desmoldeo (min)	18,05	1,16	-0,01	1000000
	Calificación (/100)	80,93	4	0,91	3467
	Duración (min)	372,88	14,42	2,87	< 0,0009
	Altura de la llama	5,57	0,32	1,16	484
10	Tiempo de desmoldeo (min)	19,80	1,16	-0,52	1000000
	Calificación (/100)	82,31	4	1,03	1350
	Duración (min)	374,95	14,42	2,91	< 0,0009
	Altura de la llama	5,56	0,32	1,15	484
11	Tiempo de desmoldeo (min)	17,30	1,16	0,20	> 226628
	Calificación (/100)	82,94	4	1,08	484
	Duración (min)	341,65	14,42	2,14	< 0,0009
	Altura de la llama	5,55	0,32	1,14	159
12	Tiempo de desmoldeo (min)	17,51	1,16	0,14	484
	Calificación (/100)	91,08	4	1,76	0,03
	Duración (min)	387,47	14,42	3,20	< 0,0009
	Altura de la llama	5,25	0,32	0,83	8198

Anexo 9. Encuesta para la evaluación sensorial de los prototipos

Estimado encuestado, por favor responda con sinceridad las siguientes preguntas:

1. ¿Vive usted en el Valle de los Chillos?

Sí _____ No _____

2. ¿Utiliza usted velas de iluminación?

Sí _____ No _____

Marque con una X en el nivel que mejor represente su opinión en cada pregunta

Prototipo 1

1. ¿Cuánto le agradó a usted el producto en general?

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgustó extremadamente	Me disgustó mucho	Me disgustó	Me disgustó un poco	Ni me gustó ni me disgustó	Me gustó un poco	Me gustó	Me gustó mucho	Me gustó extremadamente

2. ¿Cuánto le gustó los colores de las velas?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgustó extremadamente	Me disgustó mucho	Me disgustó	Me disgustó un poco	Ni me gustó ni me disgustó	Me gustó un poco	Me gustó	Me gustó mucho	Me gustó extremadamente

3. ¿Cuánto le gustó los aromas de las velas?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgustó extremadamente	Me disgustó mucho	Me disgustó	Me disgustó un poco	Ni me gustó ni me disgustó	Me gustó un poco	Me gustó	Me gustó mucho	Me gustó extremadamente

4. ¿Cuánto le gustó el empaque de las velas?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgustó extremadamente	Me disgustó mucho	Me disgustó	Me disgustó un poco	Ni me gustó ni me disgustó	Me gustó un poco	Me gustó	Me gustó mucho	Me gustó extremadamente

5. ¿Cuánto le gustó el tamaño de las velas?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgustó extremadamente	Me disgustó mucho	Me disgustó	Me disgustó un poco	Ni me gustó ni me disgustó	Me gustó un poco	Me gustó	Me gustó mucho	Me gustó extremadamente

6. ¿Compraría usted este prototipo, si tuviera un costo de $1,20?

Sí _____ No _____

Prototipo 2

1. ¿Cuánto le agradó a usted el producto en general?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgustó extremadamente	Me disgustó mucho	Me disgustó	Me disgustó un poco	Ni me gustó ni me disgustó	Me gustó un poco	Me gustó	Me gustó mucho	Me gustó extremadamente

2. ¿Cuánto le gustó los colores de las velas?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgustó extremadamente	Me disgustó mucho	Me disgustó	Me disgustó un poco	Ni me gustó ni me disgustó	Me gustó un poco	Me gustó	Me gustó mucho	Me gustó extremadamente

3. ¿Cuánto le gustó los aromas de las velas?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgustó extremadamente	Me disgustó mucho	Me disgustó	Me disgustó un poco	Ni me gustó ni me disgustó	Me gustó un poco	Me gustó	Me gustó mucho	Me gustó extremadamente

4. ¿Cuánto le gustó el empaque de las velas?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgustó extremadamente	Me disgustó mucho	Me disgustó	Me disgustó un poco	Ni me gustó ni me disgustó	Me gustó un poco	Me gustó	Me gustó mucho	Me gustó extremadamente

5. ¿Cuánto le gustó el tamaño de las velas?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgustó extremadamente	Me disgustó mucho	Me disgustó	Me disgustó un poco	Ni me gustó ni me disgustó	Me gustó un poco	Me gustó	Me gustó mucho	Me gustó extremadamente

6. ¿Compraría usted este prototipo, si tuviera un costo de $1,20?

Sí _____ No _____

Prototipo 3

1. ¿Cuánto le agradó a usted el producto en general?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgustó extremadamente	Me disgustó mucho	Me disgustó	Me disgustó un poco	Ni me gustó ni me disgustó	Me gustó un poco	Me gustó	Me gustó mucho	Me gustó extremadamente

2. ¿Cuánto le gustó los colores de las velas?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgustó extremadamente	Me disgustó mucho	Me disgustó	Me disgustó un poco	Ni me gustó ni me disgustó	Me gustó un poco	Me gustó	Me gustó mucho	Me gustó extremadamente

3. ¿Cuánto le gustó los aromas de las velas?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgustó extremadamente	Me disgustó mucho	Me disgustó	Me disgustó un poco	Ni me gustó ni me disgustó	Me gustó un poco	Me gustó	Me gustó mucho	Me gustó extremadamente

4. ¿Cuánto le gustó el empaque de las velas?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgustó extremadamente	Me disgustó mucho	Me disgustó	Me disgustó un poco	Ni me gustó ni me disgustó	Me gustó un poco	Me gustó	Me gustó mucho	Me gustó extremadamente

5. ¿Cuánto le gustó el tamaño de las velas?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgustó extremadamente	Me disgustó mucho	Me disgustó	Me disgustó un poco	Ni me gustó ni me disgustó	Me gustó un poco	Me gustó	Me gustó mucho	Me gustó extremadamente

6. ¿Compraría usted este prototipo, si tuviera un costo de $1,20?

   Sí _____ No _____

7. ¿Cuáles de los siguientes colores le gustarían más en una vela de iluminación? (Indique con el 1 el que le guste más, con el 2 el que le sigue, y si alguno no le gusta ponga N)

Azul ( ) Verde ( ) Amarillo ( ) Rojo ( ) Tomate ( ) Lila ( )

8. ¿Cuáles de los siguientes aromas le gustarían más en una vela de iluminación? (Indique con el 1 el que le guste más, con el 2 el que le sigue, y si alguno no le gusta ponga N)

Canela ( ) Vainilla ( ) Cítricos ( ) Té Verde ( ) Chocolate ( ) Pino ( )

Anexo 10. Orden de presentación de los prototipos para la evaluación sensorial

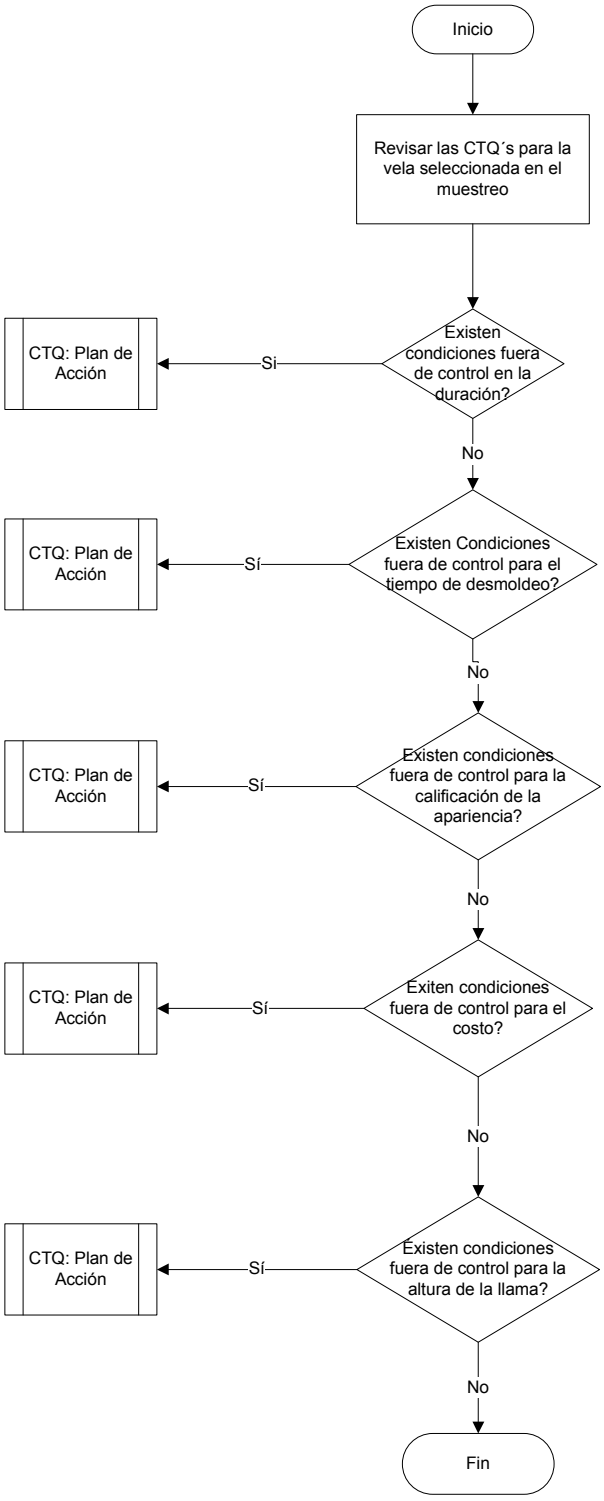
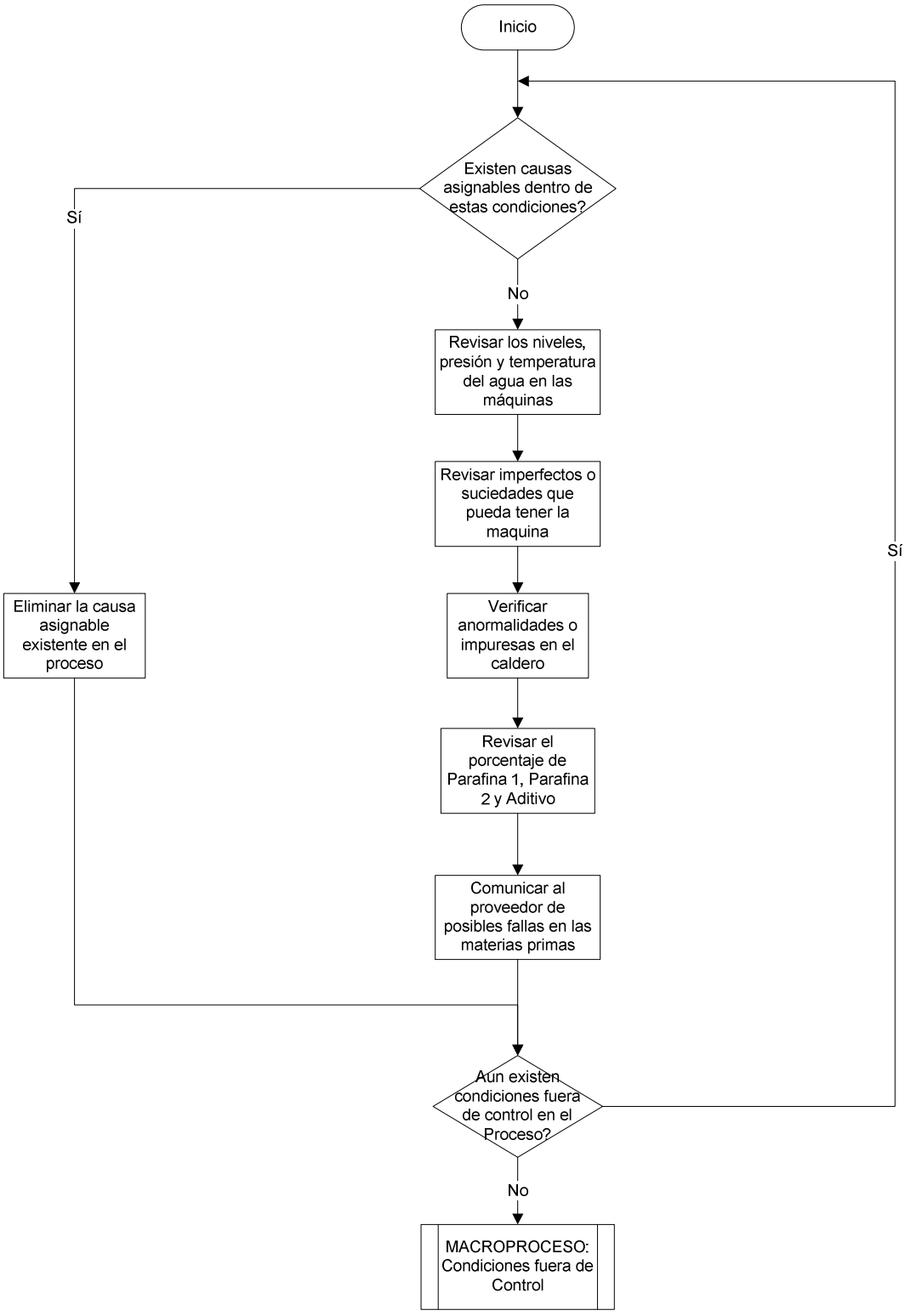
	Orden de los productos		
Encuestado	1	2	3
1	574	391	285
2	391	285	574
3	285	574	391
4	285	391	574
5	391	574	285
6	574	285	391
7	285	391	574
8	574	285	391
9	391	574	285
10	391	285	574
11	285	574	391
12	574	391	285
13	574	391	285
14	391	285	574
15	285	574	391
16	285	391	574
17	391	574	285
18	574	285	391
19	391	574	285
20	574	285	391
21	285	391	574
22	391	285	574
23	285	574	391
24	574	391	285
25	391	285	574
26	285	574	391
27	574	391	285
28	391	574	285
29	285	391	574
30	574	285	391
31	391	285	574
32	285	574	391
33	574	391	285
34	574	285	391
35	285	391	574
36	391	574	285
37	391	574	285
38	285	391	574
39	574	285	391
40	574	391	285
41	285	574	391
42	391	285	574

	Orden de los productos		
Encuestado	1	2	3
43	574	285	391
44	285	391	574
45	391	574	285
46	574	391	285
47	285	574	391
48	391	285	574
49	574	285	391
50	391	574	285
51	285	391	574
52	285	574	391
53	574	391	285
54	391	285	574
55	391	574	285
56	574	285	391
57	285	391	574
58	285	574	391
59	391	285	574
60	574	391	285
61	391	285	574
62	285	574	391
63	574	391	285
64	391	574	285
65	574	285	391
66	285	391	574
67	574	391	285
68	285	574	391
69	391	285	574
70	391	574	285
71	285	391	574
72	574	285	391
73	391	574	285
74	285	391	574
75	574	285	391
76	391	285	574
77	574	391	285
78	285	574	391
79	285	391	574
80	391	574	285
81	574	285	391
82	574	391	285
83	285	574	391
84	391	285	574

	Orden de los productos		
Encuestado	1	2	3
85	285	574	391
86	574	391	285
87	391	285	574
88	285	391	574
89	574	285	391
90	391	574	285
91	391	574	285
92	285	391	574
93	574	285	391
94	391	285	574
95	285	574	391
96	574	391	285
97	391	574	285
98	285	391	574
99	574	285	391
100	285	574	391
101	574	391	285
102	391	285	574
103	391	285	574
104	574	391	285
105	285	574	391
106	574	285	391
107	285	391	574
108	391	574	285
109	285	574	391
110	574	391	285
111	391	285	574
112	391	574	285
113	574	285	391
114	285	391	574
115	391	574	285
116	285	391	574
117	574	285	391
118	574	391	285
119	285	574	391
120	391	285	574
121	391	574	285
122	574	285	391
123	285	391	574
124	574	391	285
125	391	285	574

Anexo 11. Diagrama de flujo para un Plan de Acción para Condiciones Fuera de Control

MACROPROCESO:
Diagrama de Flujo para un Plan de acción para condiciones fuera de control



PROCESO:
Diagrama de Flujo para CTQ: Plan de Acción