

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



TESIS

“METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO INTEGRAL DE NUEVOS PRODUCTOS (DINP)”

Que para obtener el grado de

DOCTOR EN CIENCIAS

Presenta:

Sergio Andrés Morales Martínez

Directora de tesis:

Dra. Yolanda Angélica Báez López

Codirector de tesis:

Dr. Jorge Limón Romero

Ensenada, Baja California, Diciembre del 2023

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló inicialmente en la industria del mueble en México, ya que por sus características se enfoca principalmente a pequeñas y medianas empresas, generando el 1.15% del PIB de las industrias manufactureras y empleando alrededor de 92,107 personas. Esta industria está en crecimiento y requiere de herramientas y metodologías que ayuden a hacer más eficientes sus procesos, por dicha razón esta tesis plantea 2 casos de estudio para esta industria y adicionalmente un tercer caso para un tipo de industria distinta con el fin de verificar el alcance y la funcionalidad hacia otros sectores, específicamente para la industria de la construcción.

Actualmente, existen muchas metodologías para el diseño de nuevos productos las cuales ayudan a ser más eficiente el proceso, pero hasta el día de hoy Diseño para Seis Sigma (DFSS) es la más completa, ya que en algunos de sus pasos utiliza herramientas aplicadas en otras metodologías, por dicha razón se tomó como base para desarrollar una nueva metodología que ayude a crear productos que cumplan con los requerimientos del cliente, tanto cualitativos como cuantitativos, en consecuencia, se estructuró una nueva metodología que consta de 10 etapas en donde se plantean las herramientas específicas a usar en cada paso, siendo los principales aportes en la etapa de planeación realizando un estudio de mercado, en la etapa de optimizar, dividiéndola en 2, las cualitativas las cuales si están dentro de los requerimientos más importantes del cliente se solucionarán mediante TRIZ y las cuantitativas las cuales se optimizan mediante un diseño de experimentos factorial en donde se plantean ponderaciones con el fin de acercarse lo más posible a los requerimientos del cliente, dándole mayor peso a aquellos factores que son más importantes. Como resultado de la presente investigación se plantea una metodología para optimizar nuevos productos que toma como referencian DFSS y además permite optimizar tanto las características cualitativas, así como también las cuantitativas, esto es relevante recalcarlo porque los resultados de la optimización van a variar dependiendo de las características particulares de cada cliente.

Palabras claves: Diseño de nuevos productos, Diseño de experimentos, TRIZ, estudio de mercado.



Dr. Yolanda Angélica Báez López
Directora de tesis



Dr. Jorge Limón Romero
Codirector de tesis

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA

**“Metodología para el Diseño Integral de Nuevos Productos
(DINP)”**

TESIS

Que para obtener el grado de Doctorado en Ciencias presenta:

Sergio Andrés Morales Martínez

Aprobada por:



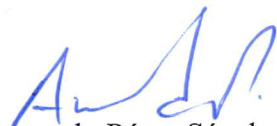
Dra. Yolanda Angélica Báez López
Directora de tesis



Dr. Jorge Limón Romero
Co-director de tesis



Dr. Diego Alfredo Tlapa Mendoza
Miembro del comité



Dr. Armando Pérez Sánchez
Miembro del comité



Dra. Rebeca Rojas Remis
Miembro del comité

Ensenada Baja California, México. Diciembre 2023.

DEDICATORIA

Con amor y cariño:

A mi esposa

Janneth Alejandra García Aranda

A mis padres

Celso Morales Sánchez

María del Socorro Martínez

A mis hijos

Ángel Santiago Morales García

Thiago Alejandro Morales García

A quienes amo y me motivan diariamente.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi esposa por darme su amor, su apoyo incondicional, así como su comprensión y paciencia, cediendo su tiempo para poder realizar tareas y trabajos.

A mis hijos, por entender que, en el desarrollo de esta tesis, fue necesario sacrificar situaciones y momentos a su lado para así poder completar mi trabajo académico.

A mis padres por sus sabios consejos y por enseñarme los verdaderos valores de la vida, por desearme siempre lo mejor y por alentarme a emprender este camino.

A mi directora de tesis Dra. Yolanda Angélica Báez López por la orientación, el soporte y discusión crítica que me permitió aprender y poner en práctica en el trabajo realizado, y así lograr que esta tesis se terminara en tiempo y forma.

A mi codirector de tesis Dr. Jorge Limón Romero por sus enseñanzas, consejos y paciencia durante esta etapa.

A los Doctores Diego Alfredo Tlapa Mendoza y Armando Pérez Sánchez por su total disposición y ayuda que me ha brindado en cualquier aclaración y seguimiento, muchas gracias.

Una mención especial y agradecimiento a la Doctora Rebeca Rojas Remis, por ser parte fundamental para que decidiera estudiar el doctorado y por su apoyo incondicional mostrado durante esta etapa.

Y por último agradecimiento especial a CONACYT, Universidad Autónoma de Baja California y Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño, por haberme permitido continuar mi formación profesional

TABLA DE CONTENIDO

Resumen.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Tabla de contenido.....	vi
Lista de Figuras.....	xi
Lista de Tablas.....	xiii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	6
1.2 Contexto de la investigación.....	7
1.3 Planteamiento del problema.....	7
1.4 Preguntas de investigación.....	8
1.5 Hipótesis.....	8
1.6 Objetivos.....	9
1.6.1 Objetivo general.....	9
1.6.2 Objetivos específicos.....	9
1.7 Justificación.....	10
1.8 Delimitación y limitaciones.....	11
1.8.1 Delimitación.....	11
1.8.2 Limitaciones.....	11
2. MARCO TEÓRICO.....	12
2.1 Industrias manufactureras en México y la industria del mueble.....	12
2.2 Diseño para Seis Sigma.....	20
2.2.1 Diseño para Seis Sigma y sus variantes.....	20
2.2.1.1 DMADV (definir, medir, analiza, diseñar y validar).....	21
2.2.1.2 IDOV (identificar, diseñar, optimizar y validar).....	21
2.3 Estudio de mercado.....	22
2.3.1 Definición preliminar del nuevo producto que se va a desarrollar.....	22
2.3.2 Definir el mercado meta y segmento de mercado.....	22

2.3.2.1 El segmento de mercado.....	23
2.4 Herramientas utilizadas en diseño de nuevos productos.....	25
2.4.1. Benchmarking.....	25
2.4.2 Análisis FODA.....	25
2.4.3 Cálculo del tamaño de la muestra.....	26
2.4.3.1 Cálculo de la muestra para población finita.....	26
2.4.3.2 Cálculo de la muestra para poblaciones infinita.....	26
2.4.4. La voz del cliente (VOC).....	27
2.4.5 QFD.....	27
2.4.5.1 La casa de la calidad.....	28
2.5 Metodología TRIZ.....	28
2.5.1 Descripción general de TRIZ.....	28
2.5.2 Principio de la idealidad.....	29
2.5.3 Los 39 parámetros y los 40 principios de inventiva.....	29
2.5.4 Clasificación de las soluciones de inventiva.....	29
2.6 Software de diseño y aplicación de ingeniería (SolidWorks®).....	30
2.7 Diseño de experimentos.....	30
2.7.1 Principios del diseño de experimentos.....	31
2.7.2 Diseño factorial.....	31
2.7.2.1 Diseño factorial 3^3	31
2.7.2.2 Ecuación de regresión.....	31
3. METODOLOGÍA.....	34
3.1 Determinación de las metodologías para el diseño de nuevos productos.....	34
3.1.1 Revisión de literatura.....	34
3.2 Investigación de las metodologías para el diseño de nuevos productos.....	35
3.2.1 Diseño de la matriz comparativa.....	35
3.2.2 Planteamiento de la propuesta de la metodología.....	35
3.3 Etapas de la metodología propuesta.....	37
3.3.1 Planeación.....	37
3.3.1.1 Definición del mercado meta.....	37
3.3.1.2 Benchmarking.....	38
3.3.1.3 Análisis FODA.....	39
3.3.1.4 Tamaño de la muestra.....	39
3.3.1.5 Encuesta.....	40

3.4 Definir.....	40
3.4.1 La voz del cliente.....	40
3.5 Medir.....	40
3.5.1 La casa de la calidad.....	40
3.6 Analizar.....	40
3.7 Diseño preliminar.....	41
3.8 Optimizar etapa 1 mediante TRIZ.....	41
3.9 Diseño etapa 1.....	41
3.10 Optimizar etapa 2.....	41
3.10.1 Planteamiento del experimento diseñado.....	41
3.10.2 Procedimiento experimental.....	42
3.11 Diseño final.....	42
3.12 Verificar.....	43
4. RESULTADOS.....	44
4.1 Matriz comparativa de metodologías de diseño de nuevos productos.....	44
4.2 Planteamiento de la metodología propuesta.....	45
4.3 Resultados en casos de estudio.....	47
4.3.1 caso de estudio 1: bases de piso para a la industria de la decoración.....	47
4.3.1.1 Planeación bases de piso.....	47
4.3.1.1.1 Benchmarking para bases de piso.....	47
4.3.1.1.2. Análisis FODA para bases de piso.....	48
4.3.1.1.3 Definición del mercado meta para bases de piso.....	48
4.3.1.1.4 Cálculo del tamaño de la muestra para bases de piso.....	49
4.3.1.1.5 Aplicación y resultados de la encuesta para bases de piso.....	49
4.3.1.2 Definir bases de piso.....	50
4.3.1.2.1 La voz del cliente para bases de piso.....	50
4.3.1.3 Medir para bases de piso.....	50
4.3.1.3.1 La casa de la calidad para bases de piso.....	50
4.3.1.4 Analizar para bases de piso.....	52
4.3.1.5 Diseño preliminar para bases de piso.....	52
4.3.1.6 Optimizar etapa 1 para bases de piso.....	53
4.3.1.6.1 planteamiento de la metodología TRIZ para bases de piso.....	53
4.3.1.7 Diseñar para bases de piso.....	54
4.3.1.8 Optimizar etapa 2 para bases de piso.....	55

4.3.1.8.1	Diseño factorial 3^3 para bases de piso.....	56
4.3.1.8.2	Selección de variables significativas para bases de piso.....	56
4.3.1.8.3	Efectos con variables significativas para bases de piso.....	57
4.3.1.8.4	Resultados de optimización con variables de respuesta para bases de piso.....	59
4.3.1.9	Diseño final de bases de piso.....	59
4.3.1.10	Verificar bases de piso.....	61
4.3.2	Caso 2: Mampara para la industria de la decoración.....	61
4.3.2.1	Planeación para mampara para decoración.....	61
4.3.2.1.1	Benchmarking para mampara de decoración.....	61
4.3.2.1.2	Análisis FODA para mampara de decoración.....	62
4.3.2.1.3	Definición del mercado meta para mampara de decoración.....	62
4.3.2.1.4	Cálculo del tamaño de la muestra para mampara de decoración.....	64
4.3.2.1.5	Aplicación y resultados de la encuesta para mampara de decoración.....	64
4.3.2.2	Definir para mampara de decoración.....	65
4.3.2.2.1	La voz del cliente para mampara de decoración.....	65
4.3.2.3	Medir para mampara de decoración.....	65
4.3.2.3.1	La casa de la calidad para mampara de decoración.....	65
4.3.2.4	Analizar para mampara de decoración.....	67
4.3.2.5	Diseño preliminar para mampara de decoración.....	67
4.3.2.6	Optimizar etapa 1 para mampara de decoración.....	68
4.3.2.6.1	Planteamiento de metodología TRIZ para mampara de decoración.....	68
4.3.2.7	Diseñar para mampara de decoración.....	69
4.3.2.8	Optimizar etapa 2 para mampara de decoración.....	70
4.3.2.8.1	Diseño factorial 3^3 para mampara de decoración	70
4.3.2.8.2	Selección de variables significativas para mampara de decoración.....	71
4.3.2.8.3	Efectos con variables significativas para mampara de decoración.....	72
4.3.2.8.4	Resultados de optimización con variables de respuesta para mampara de decoración.....	73

4.3.2.9	Diseño final para mampara de decoración.....	74
4.3.2.10	Verificar para mampara de decoración.....	75
4.3.3	Caso práctico 3: bloque de hormigón para industria de la construcción.....	75
4.3.3.1	Planeación para bloque de hormigón.....	75
4.3.3.1.1	Benchmarking para bloque de hormigón.....	76
4.3.3.1.2	Análisis FODA para bloque de hormigón.....	77
4.3.3.1.3	Definición del mercado meta para bloque de hormigón.....	77
4.3.3.1.4	Cálculo del tamaño de la muestra para bloque de hormigón.....	78
4.3.3.1.5	Aplicación y resultados de la encuesta para bloque de hormigón.....	78
4.3.3.2	Definir para bloque de hormigón.....	78
4.3.3.2.1	La voz del cliente para bloque de hormigón.....	78
4.3.3.3	Medir para bloque de hormigón.....	79
4.3.3.3.1	La casa de la calidad para bloque de hormigón.....	79
4.3.3.4	Analizar para bloque de hormigón.....	81
4.3.3.5	Diseño preliminar para bloque de hormigón.....	81
4.3.3.6	Optimizar etapa 1 para bloque de hormigón.....	82
4.3.3.6.1	Planteamiento de la metodología TRIZ para el bloque de hormigón.....	82
4.3.3.7	Diseñar para bloque de hormigón.....	83
4.3.3.8	Optimizar etapa 2 para bloque de hormigón.....	84
4.3.3.8.1	Diseño factorial 3^3 para bloque de hormigón.....	84
4.3.3.8.2	Selección de variables significativas para bloque de hormigón.....	85
4.3.3.8.3	Efectos con variables significativas para bloque de hormigón.....	86
4.3.3.8.4	Aproximación del desempeño individual para bloque de hormigón.....	88
4.3.3.8.5	Resultados de optimización con variables de respuesta para bloque de hormigón.....	92
4.3.3.9	Diseño final para bloque de hormigón.....	93
4.3.3.10	Verificar para bloque de hormigón.....	94
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	96
5.1	Conclusiones.....	96

5.1.1 Conclusiones de acuerdo con la hipótesis de investigación.....	97
5.1.2 Cumplimiento de los objetivos de investigación	97
5.2 Recomendaciones.....	99
5.3 Trabajo a futuro.....	100
6. REFERENCIAS.....	101
7. ANEXOS.....	108
7.1 Anexo 1.....	108
7.2 Anexo 2.....	111
7.3 Anexo 3.....	113

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Nivel de participación de los estados de la industria manufacturera [38].....	15
Figura 2. principales Estados productores y exportadores de muebles [40].....	15
Figura 3 Tasa de mortandad de industria manufacturera en México [47].....	17
Figura 4. Tasa de mortandad de industria manufacturera en Baja California [47].....	17
Figura 5. Porcentaje de problemas PYMES vs Grandes empresas.....	18
Figura 6. Diagrama de flujo de proceso para la metodología.....	45
Figura 7. dibujo preliminar de bases de piso.....	52
Figura 8. Ensamble preliminar, bases de piso.....	52
Figura 9. Base grande optimizada con TRIZ	54
Figura 10. Base mediana optimizada por TRIZ.....	54
Figura 11. Base chica optimizada por TRIZ	54
Figura 12. Base mediana optimizada por TRIZ	54
Figura 13. Efectos de variables respecto al peso	56
Figura 14. Efectos de variables respecto al F/S	56
Figura 15. Efectos de variables respecto al costo	56
Figura 16. Efectos de variables significativas respecto al peso	57
Figura 17. Efectos de variables significativas respecto a F/S	57
Figura 18. Efectos de variables significativas respecto a costo	57
Figura 19. Base pequeña optimizada.....	59
Figura 20. Base mediana optimizada	59
Figura 21. Base grande optimizada	59
Figura 22. Ensamble final optimizado.....	59
Figura 23. Dibujo preliminar de mampara para fondo de decoración	66
Figura 24. Mampara de decoración optimizada con TRIZ.....	68
Figura 25. Efectos de variables significativas respecto al peso.....	70
Figura 26. Efectos de variables significativas respecto F/S.....	70
Figura 27. Efectos de variables significativas respecto costo.....	70
Figura 28. Efectos de variables significativas respecto huella de carbono.....	70
Figura 29. Efectos de variables significativas respecto a cantidad de energía consumida.....	70
Figura 30. Mampara para decoración optimizada.....	72
Figura 31. Diseño preliminar bloque de hormigón.....	79
Figura 32. Bloque de hormigón optimizado con TRIZ	81

Figura 33 Efectos de variables respecto al peso.....	84
Figura 34. Efectos de variables respecto al RP.....	84
Figura 35. Efectos de variables respecto al desplazamiento.....	85
Figura 36. Efectos de variables respecto a la huella de carbono.....	85
Figura 37. Efectos de variables respecto a la energía consumida.....	85
Figura 38. Efectos de variables significativas respecto al peso	86
Figura 39. Efectos de variables significativas respecto a Rp	86
Figura 40. Efectos de variables significativas respecto a desplazamiento	86
Figura 41. Efectos de variables significativas respecto huella de carbono.....	86
Figura 42. Efectos de variables significativas respecto a energía consumida	86
Figura 43. Gráfica de superficie $Y_1X_1-X_2$	88
Figura 44. Gráfica de superficie $Y_1X_1-X_3$	88
Figura 45. Gráfica de superficie $Y_1X_2-X_3$	88
Figura 46. Grafica de superficie $Y_2X_1-X_2$	88
Figura 47. Gráfica de superficie $Y_2X_1-X_3$	88
Figura 48. Gráfica de superficie $Y_2X_2-X_3$	88
Figura 49. Gráfica de superficie $Y_3X_1-X_2$	89
Figura 50. Gráfica de superficie $Y_3X_1-X_3$	89
Figura 51. Gráfica de superficie $Y_3X_2-X_3$	89
Figura 52. Gráfica de superficie $Y_4X_1-X_2$	89
Figura 53. Gráfica de superficie $Y_4X_1-X_3$	90
Figura 54. Gráfica de superficie $Y_4X_2-X_3$	90
Figura 55. Gráfica de superficie $Y_5X_1-X_2$	90
Figura 56. Gráfica de superficie $Y_5X_1-X_3$	90
Figura 57. Gráfica de superficie $Y_5X_2-X_3$	90
Figura 58. Diseño final del bloque de hormigón	92

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Comparativa de metodología de diseño de nuevos productos.....	4
Tabla 2. Clasificación de industrias manufactureras.....	13
Tabla 3. Clasificación y subclasificación de la industria manufacturera de muebles.....	13
Tabla 4. Establecimientos que se dedican a la manufactura.....	14
Tabla 5. Principios básicos del DOE.....	30
Tabla 6. Etapas de DMADV.....	35
Tabla 7. Etapas de IDOV.....	35
Tabla 8. Estructura general de la metodología propuesta.....	36
Tabla 9. Formato de definición de mercado meta.....	37
Tabla 10. Benchmarking.....	37
Tabla 11. Análisis FODA.....	38
Tabla 12. Datos para calcular el tamaño de muestra	38
Tabla 13. Voz de cliente formato	39
Tabla 14. Ponderación y elección de variables a optimizar	39
Tabla 15. Aplicación de TRIZ.....	40
Tabla 16. Niveles para los factores de control en el experimento	40
Tabla 17. Matriz de diseño factorial completo aleatorizado 3^3	41
Tabla 18. Matriz comparativa de metodologías para el diseño de nuevos productos	43
Tabla 19. Benchmarking bases de piso.....	46
Tabla 20. Análisis FODA bases de piso	47
Tabla 21. Formato de definición de mercado meta para bases de piso	47
Tabla 22. Datos de tamaño de muestra para bases de piso.....	48
Tabla 23. Resultados relevantes de encuesta para bases de piso.....	48
Tabla 24. Voz de cliente simplificada para bases de piso.....	49
Tabla 25. La casa de la calidad para bases de piso.....	50
Tabla 26. Variables a optimizar mediante DOE, para bases de piso.....	51
Tabla 27. Matriz de contradicciones para bases de piso.....	53
Tabla 28. Resultados del diseño factorial 3^3 para bases de piso.....	55
Tabla 29. R^2 para variables de salida, para bases de piso.....	57
Tabla 30. Parámetros de optimización para bases de piso.....	58
Tabla 31. Solución óptima para bases de piso.....	58

Tabla 32. Comparación resultados de DOE vs resultados del diseño.....	59
Tabla 33. cumplimiento de requerimientos para bases de piso.....	60
Tabla 34. Benchmarking mampara para decoración.....	60
Tabla 35. Análisis FODA mampara para decoración	61
Tabla 36. Formato de definición de mercado meta para mampara de decoración	62
Tabla 37. Datos de tamaño de muestra para mampara de decoración.....	63
Tabla 38. Resultados relevantes de encuesta de mampara para decoración	63
Tabla 39. Voz de cliente simplificada de mampara para decoración.....	64
Tabla 40. La casa de la calidad para mampara de decoración.....	65
Tabla 41. Variables por optimizar mediante DOE para mampara de decoración.....	66
Tabla 42. Matriz de contradicciones para mampara de decoración.....	68
Tabla 43. Resultados del diseño factorial 3^3 para mampara de decoración	70
Tabla 44. R^2 para variables de salida para mampara de decoración.....	72
Tabla 45. Parámetros de optimización para mampara de decoración	72
Tabla 46. Solución óptima para mampara de decoración.....	73
Tabla 47. Comparativa resultados del bloque optimizados vs bloque tradicional.....	74
Tabla 48. Requerimientos del cliente para el bloque de hormigón.....	74
Tabla 49. Benchmarking bloque de hormigón.....	75
Tabla 50. Análisis FODA bloque de hormigón.....	75
Tabla 51. Formato de definición de mercado meta para bloque de hormigón.....	76
Tabla 52. Datos de tamaño de muestra para bloque de hormigón.....	76
Tabla 53. Resultados relevantes de encuesta para bloque de hormigón.....	76
Tabla 54. Voz de cliente simplificada para bloque de hormigón.....	77
Tabla 55. La casa de la calidad bloque de hormigón.....	78
Tabla 56. Variables para optimizar mediante DOE bloque de hormigón	79
Tabla 57. Matriz de contradicciones para bloque de hormigón.....	80
Tabla 58. Resultados del diseño factorial 3^3 para bloque de hormigón.....	82
Tabla 59. R^2 para variables de salida para bloque de hormigón.....	89
Tabla 60. Parámetros de optimización para bloque de hormigón.....	90
Tabla 61. Solución óptima para bloque de hormigón.....	90
Tabla 62. Comparativa resultados del DOE vs Resultados del diseño bloque de hormigón.....	91
Tabla 63. Evaluación del cumplimiento de los requerimientos del cliente para bloque de hormigón.....	91
Tabla 64. Comparativa resultados del bloque optimizados vs bloque tradicional.....	92

1 INTRODUCCIÓN

Desarrollar nuevos productos en un mercado cambiante como el actual es un reto que las empresas están afrontando día con día, los altos costos del proceso de diseño de nuevos productos han generado que se desarrollen herramientas y metodologías cada vez más avanzadas y eficientes para contrarrestar estos costos, realizando productos en el menor tiempo posible, sin afectar la calidad y a precios competitivos [1].

El éxito de las empresas se basa en la capacidad que poseen para identificar los requerimientos de los clientes y desarrollar nuevos productos de forma rápida y eficiente, por esta razón es importante generar métodos, herramientas, procesos y tecnologías para minimizar riesgos y costos [2]. En este sentido, a partir del estudio de mercado se obtiene la voz del cliente, que es una de las principales herramientas, la cual ayuda a identificar los niveles de importancia de los requerimientos [3], logrando generar un producto con un alto porcentaje de satisfacción para el cliente, en este sentido es necesario obtener información que permita observar el comportamiento de una población sin necesidad de invertir tantos recursos logrando obtener un tamaño de muestra adecuado que proporcionen resultados confiables que permitan describir a la población con mayor exactitud [4]. Por lo tanto, esos resultados se convierten en necesidades del consumidor, también llamados requerimientos del cliente, que posteriormente se convierten en requerimientos de ingeniería que facilitan la comunicación entre lo que el cliente quiere y lo que los técnicos necesitan para trabajar [5]. Así pues, se aplica el despliegue de la función de calidad (QFD, por sus siglas en inglés) que tiene un rol importante para llegar a una decisión final para la planificación y desarrollo de nuevos productos [6]. Esta herramienta también ayuda a evaluar las características más importantes para el cliente y permite convertirlas en requerimientos de ingeniería, produciendo información precisa, ya que posteriormente se busca maximizar el rendimiento del producto mediante en el proceso de optimización de las variables obtenidas en el proceso de recolección.

Dentro del proceso de optimización se encuentran 2 tipos de variables, primero las cuantitativas que su característica principal es que se pueden medir con valores numéricos [7] y las segundas son las cualitativas en donde es complicado aplicar o llegar a una solución óptima porque no se pueden medir y regularmente se evalúan con palabras o atributos en lugar de números [8] y es una de las barreras más difíciles de superar cuando se trata de diseñar nuevos productos. Actualmente,

existen algunas herramientas muy útiles que ayudan a proponer soluciones y crear formas de pensamiento innovadoras, mejorando la calidad y la eficiencia del diseño del producto [9]. Una de estas herramientas es la teoría de resolución de problemas de inventiva (TRIZ por sus siglas en inglés) la cual se ha utilizado en diferentes tipos de enfoque de diseño, como lo son: eco-diseño [10], diseños sostenibles [2], diseños tecnológicos [11] entre otros, para generar una posible solución y con base en la experiencia y conocimiento del usuario perfeccionarla, la cual se utilizó en la metodología propuesta en esta investigación, para optimizar la variable cualitativa más importante para el cliente.

Por otro lado, realizar nuevos diseños de productos es una tarea complicada y costosa, conllevando un gasto de tiempo, dinero y esfuerzo, por esa razón existen diferentes herramientas que sirven para maximizar los recursos y lograr implementar las características al diseño sin necesidad de realizar una muestra física. Las pruebas de simulación son críticas para los procesos de ingeniería actuales, utilizados en diferentes industrias como lo son la aeronáutica, automotriz y otras áreas de la ingeniería, que representan un diseño final [12]. En este sentido, CAD/CAE permite realizar pruebas de diseño y de funcionalidad con la posibilidad de apreciar fallos en el prototipo antes de que el objeto se realice en el mundo real [13].

Teniendo un diseño funcional es más eficiente el proceso de optimización porque la evaluación y modificación de parámetros se vuelve más sencilla, pudiendo probar infinidad de combinaciones posibles para un prototipo, en donde el planteamiento de los parámetros va a depender de los requerimientos planteados por el cliente al principio de la metodología en la voz del cliente (VOC, por sus siglas en inglés). Hoy en día se cuenta con algunos software que ayudan a llevar a cabo el proceso de diseño y en el mismo plantear la optimización, como lo es el caso de SolidWorks® [14], la limitante del programa antes mencionado es que solo permite evaluar ciertas características, como lo son dimensiones, materiales, pesos, resistencias a fuerzas externas y en algunos casos costos por volumen, pero deja fuera algunos parámetros que también son importantes para el cliente, como sustentabilidad, costos individuales y variables cualitativas. Por otro lado, existen otros software que permiten la optimización de manera independiente al diseño, como son MINITAB que se utilizó para el mejoramiento de la concentración de ozono y tiempo de almacenamiento en un producto de la industria alimenticia, utilizando metodología de superficie de respuesta [15] y Rstudio que se utilizó para un modelo de optimización en el sector educativo [16] entre otros, siendo el primero el que se utilizó dentro del presente estudio.

Realizando un análisis más profundo de las metodologías actuales para el proceso de diseño de nuevos productos, como se muestra en la Tabla 1. Se pudo observar que la metodología más completa es diseño para seis sigma, ya que en ella podemos encontrar una sumatoria de otras herramientas que ayudan a que dicha metodología sea robusta. Yang [17], menciona en su libro todas las herramientas que se pueden utilizar al momento de aplicar diseño para Seis sigma, pero el uso de ellas queda a interpretación, habilidades y necesidades de los individuos que la apliquen, por ejemplo Lee [18] aplicó la metodología de diseño para Seis Sigma (DFSS, por sus siglas en inglés) en un producto de la industria de la construcción en donde utilizó QFD, TRIZ y el diseño asistido por computadora con el fin de reducir el peso del material a evaluar y se utilizó la metodología de análisis de rendimiento de importancia (IPA) para medir la importancia de los atributos y recolectar la información del cliente, también utilizó un software CAD para ver el modelo, pero no aplicó ningún programa o diseño de experimentos para optimizar alguna variable o característica del producto. Por otro lado, Liveran [19] empleo DFSS para innovar un ventilador multifuncional en donde, para recolectar la información de los requerimientos del cliente, generó el árbol de diagrama, la voz del cliente, y la técnica de benchmarking, posteriormente desarrollo el diseño en un software CAD/CAE y a su vez lo optimizó mediante el uso de topología. Ahora bien, Jiang [20] manejó la metodología para un dispositivo de transferencia de calor, en donde la recolección de información se obtuvo con base en la experiencia del autor, también utilizó QFD, CAD y la optimización se hizo con un diseño de experimentos Taguchi.

Siguiendo con este razonamiento se puede entender que la metodología DFSS es muy completa, pero a su vez muy ambigua, es decir, dependerá de la experiencia, conocimiento y herramientas con que cuenta el especialista que la va a aplicar, entonces cada caso va a generar variantes nuevas de la misma.

En la Tabla 1 se puede observar las metodologías y herramientas para el diseño de nuevos productos, planteando su enfoque, alcance y limitaciones con el fin de encontrar áreas de oportunidad.

Tabla 1. Comparativa de metodología de diseño de nuevos productos.

Metodología o herramienta	Enfoque	Alcance	Limitantes	Fuentes
Diseño para Seis sigma	Características físicas de los productos, que son medibles y controlables (proceso de calidad)	Diseño enfocado a cumplir con estándares de calidad desde el proceso de concepción del diseño hasta el proceso productivo, reduciendo los defectos de piezas y los costos de producción	Metodología general y proceso de aplicación es muy variado y depende de quién lo implemente este mismo puede cambiar La recolección de información no está sistematizada, se puede obtener de diferentes fuentes El proceso de optimización no está estandarizado	[21], [22], [17]
Metodología TRIZ	Características de innovación del proceso de diseño utilizando variables cuantitativas y cualitativas basándose en la matriz de contracciones y principios de inventiva	Solución de problemas de innovación, tanto al proceso como al producto en cualquier fase del diseño	Se enfoca solo en una característica (variable) a la vez	[17], [23], [3]
Software de diseño y aplicación de ingeniería (CAD, CAM, CAE)	Características del proceso de diseño de piezas, prototipado y simulación, así como optimización de variables cuantitativas	Dentro del proceso de diseño, simulación y optimización de prototipos	No contempla variables cualitativas Depende de información de otras herramientas para funcionar correctamente Los Software actuales tienen características limitadas que se pueden optimizar en su sistema	[24], [25]
QFD	Características físicas de los productos que son medibles y controlables, enfocado en la etapa de planeación	Diseño enfocado a cumplir con requerimientos de producto y proceso de concepción del diseño mediante la recolección de información de los requerimientos del cliente.	Es una herramienta complementaria de otras metodologías, por sí sola no funciona para el proceso de diseño u optimización	[26], [27], [28]

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, dentro de la presente tesis se propone una metodología enfocada en el diseño de nuevos productos la cual debe seguir una serie de pasos que cada vez que se necesite se pueda replicar para obtener posibles soluciones con patrones en común y que cada individuo utilice las mismas herramientas, así como software y estructura que sirva como parte aguas para la optimización de variables (cualitativas y cuantitativas) mediante el diseño de experimentos, utilizando las herramientas como referencia el diseño para Seis Sigma planteando una nueva estructura con herramientas específicas. Adicionalmente se utiliza la mercadotecnia, la voz del cliente, la casa de calidad y el diseño asistido por computadora para utilizarlos como una ventaja competitiva en la gestión de recursos y procesos de calidad.

De esta manera, la metodología se valida mediante 2 casos de estudio para la industria del mueble y un caso de estudio adicional para un tipo de industria distinto como lo es la industria de la construcción para ver su comportamiento y funcionalidad en casos de estudio reales que permitan la aplicación de los pasos propuestos. El primer paso es la realización de un estudio de mercado para posteriormente en el segundo paso obtener la VOC (voz del cliente) para encontrar las características más significativas para el usuario, aplicando un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) mediante el cual se obtuvieron las preguntas y respuestas para realizar la encuesta antes mencionada. Dentro del paso 3 se evalúan los principales requerimientos y a su vez se catalogan en cuantitativos y cualitativos para determinar cuales se mejorarán con la metodología TRIZ y que otras se optimizarán mediante el diseño de experimento (DOE). El cuarto paso es la aplicación de TRIZ en donde se plantea una solución convirtiéndose en el diseño inicial. En el quinto proceso se seleccionan las 3 características principales obtenidas en la casa de la calidad (HOQ) ejecutando un diseño de experimentos factorial 3^3 seleccionando 3 niveles para cada factor y analizando sus salidas, de modo que permitan optimizar el diseño y que cada factor y variable sean representativas para el mismo. Se efectúa la optimización mediante un modelo de regresión ajustado que permita observar las interacciones entre los factores, dobles y triples, así como las individuales cuadráticas, en este mismo proceso se eliminan los factores e interacciones no significativas y por último se utilizó el optimizador del modelo de regresión para obtener la mejor combinación posible buscando la deseabilidad más alta dentro del sistema evaluado.

El resto de este documento de tesis está estructurado de la siguiente manera: en la sección 2 se presenta la metodología que se siguió para lograr el objetivo de la investigación. Posteriormente,

en la sección 3 se muestran los resultados obtenidos durante la aplicación de la metodología al producto propuesto. Además, en la sección 4 se presenta la discusión de los resultados del estudio. Adicionalmente, en la sección 5 se muestran las conclusiones de la investigación y por último en la sección 6 se sugieren algunos trabajos de investigación futuros y las limitantes que se presentaron dentro del estudio actual.

1.1 Antecedentes

La realización de la forma de los objetos y la determinación de sus atributos se remonta a los orígenes mismos del ser humano, quien a lo largo de su existencia fue configurando y construyendo los objetos que necesitaba [29].

La mejora de productos tiene sus inicios desde épocas remotas, cuando el hombre tenía la necesidad de crear instrumentos para cazar, crear atuendos o utensilios para hacer más sencillas las tareas. Estas mejoras eran desarrolladas por artesanos, los cuales se basaban en el principio de prueba y error. Se continuó con el proceso artesanal y fue hasta que llegó la revolución industrial, como consecuencia de cuestionamientos a la calidad estética de los productos fabricados industrialmente, se comienza a plantear la necesidad de proyectar estos productos tomando en cuenta un nuevo sistema de producción, en el cual se empezó a utilizar maquinaria en el proceso, teniendo como característica más importante la separación de las tareas de concepción y de la fabricación. Con la segregación de estas dos actividades se establece una etapa nueva en la división técnica del trabajo [30]. En la producción artesanal no se plantea un trabajo de preconcepción sistematizada, mientras que en la producción industrial sí, pues es imposible fabricar industrialmente un objeto sin antes haber definido con precisión sus características, por lo tanto, antes de comenzar la fabricación se deben definir todos los detalles a fin de descartar posibilidades de cambios que puedan complicar el desarrollo del proceso con el correspondiente aumento de costos [31]. A partir de este cambio en el proceso de producción, nace el diseño, el cual es la preconcepción de un producto visto desde un enfoque más artístico.

El diseño industrial ha ido evolucionando y busca que los objetos creados tengan la función utilitaria con un componente estético, y además abarque todos los factores en juego: formales, funcionales, estéticos, tecnológicos, constructivos, económicos, ergonómicos, simbólicos y legales[29].

En los últimos años, empresas a nivel mundial como Dassault Systèmes y Autodesk han

desarrollado software de alta calidad, que ayudan a hacer más eficiente el proceso de diseño, permitiendo hacer cambios de variables, ver su comportamiento y realizar modificaciones en tiempo real, así como aplicar estudios que permiten simular ciertas características y ver cómo afectan éstos en la pieza o producto desarrollado. Esto reduce los tiempos y el margen de flexibilidad de los sistemas de producción, así como los costos en la fabricación de nuevos productos[32].

1.2 Contexto de la investigación

Esta investigación analiza la situación actual de las metodologías que se utilizan en el diseño de nuevos productos para conocer sus características, así como las fortalezas, debilidades y áreas de oportunidad, buscando con esto generar una nueva metodología con el fin de mantener las fortalezas, mejorar las debilidades e intentar aportar en las áreas de oportunidad. También se analizan las características de las industrias más importantes de México y Baja California, como cantidad de empresas, número de personas y PIB, con el fin de encaminar la metodología a una de industria específica y aplicarla en casos de estudio.

1.3 Planteamiento del problema

El desarrollo de nuevos productos es un factor de vital importancia, especialmente en un mundo globalizado guiado por los avances científicos y tecnológicos, en donde se busca continuamente crear y generar artículos que satisfagan las necesidades de los consumidores, que mantengan estándares de calidad y que cumplan con las normativas actuales. En los últimos años, las grandes empresas han implementado metodologías muy completas enfocadas al diseño de nuevos productos, tal es el caso de diseño para seis sigma, TRIZ, logística inversa, APQP, entre otras. Estas permiten crear productos que cumplan con las características preestablecidas por el cliente procurando reducir el impacto ambiental. Por otro lado, las micro, pequeñas y medianas empresas, al contar en su mayoría con poco personal e ingresos limitados por el mercado tan competitivo, es complicado contar con un departamento o área específica para el desarrollo de nuevos productos, ya sea por los altos costos que implica o el nivel de especialización necesario para cada herramienta o metodología.

Para el proceso de diseño eficiente se requiere la utilización de software especializados que permiten simular piezas y someterlas a ciertos análisis para determinar su comportamiento y poder modificarlas en caso de ser necesario o bien para lograr su optimización.

Existen diversas herramientas que ayudan a mejorar las características de las variables para el proceso de diseño en donde se pueden modificar para ver su comportamiento y con base en esto, lograr la combinación adecuada para el producto. La necesidad de realizar este proyecto es la de crear productos mediante una metodología con herramientas estandarizadas, lo más sencillas de aplicar enfocada a las MIPYMES, que desde el inicio de su concepción en el proceso de diseño hasta el final de su vida útil se logre la calidad adecuada y busque el menor impacto ambiental posible logrando optimizar variables tanto cuantitativas, así como cualitativas que aumente la probabilidad de éxito al momento de salir al mercado.

1.4 Preguntas de investigación

1. ¿Cuáles son las metodologías más importantes para el diseño de nuevos productos en la actualidad?
2. ¿Cuáles metodologías de diseño de nuevos productos pueden integrarse?
3. ¿Cuál es la ventaja competitiva de una nueva metodología de diseño de nuevos productos?
4. ¿Qué variables son las más importantes dentro en proceso de diseño de nuevos productos?
5. ¿Es posible desarrollar un optimizador de variables estandarizado?
6. ¿Qué tan factible es la metodología planteada en este artículo al momento de aplicarla en casos de estudio?

1.5 Hipótesis

Las hipótesis que se plantean en esta investigación y que surgen del análisis de la información obtenida son las siguientes:

1. Las metodologías más importantes para el diseño de nuevos productos son: Diseño para seis sigma, metodología TRIZ, QFD, diseño de experimentos y el diseño CAD/CAE.
2. Es posible integrar Diseño para seis sigma, la metodología TRIZ, QFD, diseño de experimentos y el diseño CAD/CAE.
3. La reducción de costos, la eliminación de pruebas físicas y reducción de tiempos son los

principales beneficios de la utilización de esta nueva metodología, convirtiéndolas en una ventaja competitiva.

4. El peso, costo, color, resistencia y la facilidad para transportar son las principales variables para tomar en cuenta el proceso de diseño para la industria del mueble.
5. En la fase de optimización en la metodología propuesta es factible estandarizar la optimización de variables mediante el diseño de experimentos utilizando software especializados.
6. La metodología planteada funciona cuando se utiliza en productos que pertenecen a la industria del mueble.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Desarrollar una metodología para el diseño de nuevos productos que optimice simultáneamente variables cualitativas y cuantitativas, a partir de la integración de metodologías de diseño y técnicas de optimización existentes, que permita una ventaja competitiva en la gestión de recursos y procesos de calidad a los pequeños productores de la industria del mueble.

1.6.2 Objetivos específicos

1. Analizar las metodologías existentes para el diseño de nuevos productos.
2. Elaborar una propuesta de integración y evaluar sus características.
3. Evaluar la factibilidad de la metodología como una ventaja competitiva.
4. Determinar las variables a tomar en cuenta en el proceso de diseño y generar un listado.
5. Desarrollar un optimizador de variables en software.
6. Realizar casos de estudios para evaluar la factibilidad de la metodología y el optimizador.

1.7 Justificación

En los últimos años, se ha desarrollado software capaz de lograr mejoras en el proceso de diseño, haciéndolo más flexible y eficiente, teniendo la facultad de la modificación de variables físicas y ver su comportamiento en tiempo real, esto permite optimizar el tiempo y los recursos para encontrar las variables adecuadas para determinada pieza en una actividad específica. ‘Una optimización es el proceso de encontrar un óptimo para una función de criterio dada. Se ha convertido en un paso inevitable en investigación y desarrollo en diversas áreas, incluyendo economía, ingeniería, industria, etc. [33].’”

Existen diversas metodologías y software que ayudan a la optimización de variables, tal es el caso de TRIZ que se encarga de la innovación de alguna variable mediante su matriz de mejora, por otro lado, se tiene la programación multiobjetivo que permite cambios de múltiples variables, esto ayuda con base en la experiencia del intérprete lograr la mejor selección posible, pero en ocasiones se corre el riesgo de dejar fuera algunas variables de vital importancia como el costo o el impacto ambiental así como algunas más denominadas cualitativas tal el caso como sector de mercado, etc.

En México una industria que está tomando mucho auge es la industria del mueble, siendo el 13 lugar a nivel mundial productor de muebles, contando con 675 empresas se dedican a esta industria [36], generando 35,607 millones de pesos en PIB, siendo el 1.15% del PIB de las industrias manufactureras, generando 92,107 empleos y siendo el segundo proveedor de muebles de Estados Unidos [37].

La metodología que se pretende aplicar es enfocada al uso de tecnología y diseño de nuevos productos, así como la optimización de variables, logrando mejorar los productos y obteniendo la aceptación del cliente.

Se utilizó la industria Mueblera, ya que actualmente está enfocado en micro, pequeñas y medianas empresas y cuentan con poco uso de metodologías y sistemas de diseño de nuevos productos por el hecho de que en su mayoría son muebles artesanales y/o hechos a la medida [51] en donde se utilizan pocas herramientas electrónicas y procedimientos manuales con tiempos de entrega largos y costos elevados.

Como se mencionó anteriormente, el mayor porcentaje de empresas en México que pertenece a la industria Mueblera son MIPYMES, se realizó una investigación para encontrar los problemas específicos a la industria, los cuales se muestran a continuación:

Según Becerril [49] La falta de tecnología, de diseño y financiamiento, así como la competencia del exterior, son los principales factores que la afectan a la industria del mueble en México.

Por otro lado, González [50] menciona que la industria Mueblera muestra un gran deterioro en las últimas décadas que se agudiza por la falta de tecnología, innovación, diseño y la globalización del sector, que implica la entrada de muebles a muy bajo precio, principalmente de Asia.

Ambos autores concuerdan en que la falta de tecnología y diseño, así como la competencia de otros países, son los principales problemas que enfrenta la industria Mueblera en México.

Se utilizó la industria Mueblera, puesto que actualmente está enfocado en pequeñas empresas y poco uso de metodologías y sistemas de diseño de nuevos productos, ya que en su mayoría son muebles artesanales y/o hechos a la medida [51] en donde se utilizan pocas herramientas electrónicas y procedimientos manuales con tiempos de entrega largos y costos elevados.

1.8 Delimitación y limitaciones

1.8.1 Delimitación

La presente investigación tiene el objetivo de diseñar y validar una metodología para el diseño de nuevos productos para la aplicación en MIPYMES. Por otro lado, los datos de casos prácticos son obtenidos por software especializados mediante simulaciones. Inicialmente, la metodología está enfocada en la industria del mueble dentro de la ciudad de Ensenada, Baja California, como casos de estudio para validar su funcionamiento. Por último, esta metodología solo abarca las etapas de diseño descartando prototipos físicos y corridas piloto.

1.8.2 Limitaciones

Para este trabajo una limitante importante es que la metodología está desarrollada para personas que tienen conocimiento básico de software de diseño (SolidWorks®), así como paquetería de análisis de datos (Minitab®, Excel®, Matlab®), diseño de experimentos y TRIZ; por lo tanto, es necesario una preparación previa.

Por otro lado, en su versión inicial la metodología se desarrolló para la industria del mueble y como segundo caso de estudio a la industria de la construcción, sin embargo, se recomienda una validación previa si se quiere utilizar en otro tipo de industria.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Industrias manufactureras en México y la industria del mueble

La definición de INEGI para industrias manufactureras es la siguiente: “comprenden unidades económicas dedicadas principalmente a la transformación mecánica, física o química de materiales o sustancias con el fin de obtener productos nuevos; al ensamble en serie de partes y componentes fabricados; a la reconstrucción en serie de maquinaria y equipo industrial, comercial, de oficina y otros, y al acabado de productos manufacturados mediante el teñido, tratamiento calorífico, enchapado y procesos similares. Asimismo, se incluye aquí la mezcla de productos para obtener otros diferentes, como aceites, lubricantes, resinas plásticas y fertilizantes”. El trabajo de transformación se puede realizar en sitios como plantas, fábricas, talleres, maquiladoras u hogares. Estas unidades económicas usan, generalmente, máquinas accionadas por energía y equipo manual. El criterio para clasificar la fabricación de “partes” de algún producto es, en primer lugar, localizar si hay una categoría específica en la que se clasifique la fabricación de la “parte”, si no la hay, entonces la fabricación de la parte se clasificará en la categoría donde se fabrica el producto completo, por otro lado, Incluye también unidades económicas contratadas para realizar las actividades manufactureras de productos que no son propios (actividades de maquila), y unidades económicas que no tienen factores productivos, es decir, aquellas que no tienen personal ocupado ni maquinaria y equipo para la transformación de bienes, pero que los producen a través de la subcontratación de otras unidades económicas [34].

En la Tabla 2 se muestra la clasificación de industrias manufactureras, así como su enfoque específico, pero esto no quiere decir que alguna industria no pueda diversificar su enfoque, generando la fabricación de 2 o más productos con clasificaciones distintas.

En la Tabla 3 se muestra la clasificación y subclasificación de la industria del mueble en México.

En México existen alrededor de 579,828 establecimientos que se dedican a la industria manufacturera, Baja California se encuentra en el lugar 22 con 8,114 establecimientos que se dedican a la manufactura, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 2. Clasificación de industrias manufactureras

31-33	Industrias manufactureras
3110	Industria alimentaria
3120	Industria de las bebidas y del tabaco
3130	Fabricación de insumos y acabados textiles
3140	Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir
3150	Fabricación de prendas de vestir
3160	Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos
3210	Industria de madera
3220	Industria de papel
3230	Impresión e industrias conexas
3240	Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón
3250	Industria química
3260	Industria de plástico y del hule
3270	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos
3310	Industrias metálicas básicas
3320	Fabricación de productos metálicos
3330	Fabricación de maquinaria y equipo
3340	Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos
3350	Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica
3360	Fabricación de equipo de transporte y partes para vehículos automotores
3370	Fabricación de muebles, colchones y persianas
3380	Otras industrias manufactureras
3399	Descripciones insuficientes especificadas de subgrupo de actividad del sector 31-33 industrias manufactureras

Fuente: Elaboración propia a partir de [35].

Tabla 3. Clasificación y subclasificación de la industria manufacturera de muebles

Clasificación y/o subclasificación numérica INEGI	Descripción de la actividad
31-33	Industria manufacturera
337	Fabricación de muebles y productos relacionados
3371	Fabricación de muebles, excepto de oficina y estantería
33711	Fabricación de cocinas
33712	Fabricación de muebles excepto cocinas y muebles de oficina y estantería
33721	Fabricación de muebles de oficina y estantería
3379	Fabricación de productos relacionados con los muebles
33791	Fabricación de colchones
33792	Fabricación de persianas y cortineros

Fuente: Elaboración propia a partir de [38].

Tabla 4. Establecimientos que se dedican a la manufactura

Entidad federativa	Número de establecimientos dedicados a las manufacturas
Aguascalientes	5,588
Baja California	8,114
Baja California Sur	2,681
Campeche	3,851
Coahuila de Zaragoza	9,436
Colima	2,969
Chiapas	22,107
Chihuahua	8,671
Ciudad de México	32,384
Durango	5,464
Guanajuato	31,508
Guerrero	32,469
Hidalgo	14,856
Jalisco	35,702
Estado de México	61,840
Michoacán de Ocampo	37,608
Morelos	9,976
Nayarit	5,436
Nuevo León	14,001
Oaxaca	52,023
Puebla	50,091
Querétaro	7,649
Quintana Roo	3,200
San Luis Potosí	9,962
Sinaloa	11,111
Sonora	11,745

Fuente: Elaboración propia a partir de [38]

A nivel nacional, en 2022 hay 9,59 millones de personas que trabajan en esta industria [35]. Comparada con otros sectores de la economía, la manufactura ocupa el tercer lugar por el número de personas que trabajan en ella [39].

En la Figura 1 muestra el nivel de importancia por entidad federativa, localizando a Baja California con un nivel alto de participación a nivel nacional.

La industria manufactura maneja un producto interno bruto que es equivalente a 5.51 miles de millones de pesos mexicanos [35].



Figura 1. Nivel de participación de los estados de la industria manufacturera

Fuente: INEGI Censos Económicos 2019 [38]

En la Figura 2 se muestran los estados de México productores y exportadores de muebles, siendo Baja California uno de los principales con un 5.8 en producción y un 35.4% de exportación.



Figura 2. Principales Estados productores y exportadores de muebles.

Fuente: ProMéxico [40]

Dentro la clasificación de industrias también se encuentra la clasificación por clúster, en donde se define como la concentración geográfica de empresas, oferentes y proveedores especializados en un ámbito económico que compite, pero que también establece lazos de cooperación [41].

Por otro lado, González [42] define como clúster “una asociación de varias empresas privadas, instituciones de gobierno y academia que tienen como objetivo impulsar el desarrollo de cierta industria al llegar a acuerdos”.

La industria de muebles cuenta con 5 clústeres por ubicación geográfica a nivel nacional, localizados en el Estado de México, Jalisco, Baja California, Michoacán y Durango [43].

La industria de muebles en México con el paso del tiempo ha ido creciendo y se ha posicionado como una de las 13 más grandes del mundo, representando el 1.15% del PIB del país. Comparado con las industrias en donde México se destaca a nivel mundial y que mayor aportación tienen al PIB de la industria manufacturera como lo son la industria automotriz, que es el 3.8%. Por otro lado, la industria farmacéutica, que representa en promedio 1.8% del PIB [44] y por último la industria aeroespacial representa el 0.73% PIB [45].

Con los datos anteriores se puede observar que el sector de muebles es uno de los más importantes del país y del estado de Baja California.

Algo importante que remarcar es que el 88% de las empresas de la industria Mueblera en unidades económicas según su estructura porcentual son micro, el 9% son pequeñas, el 2% medianas y alrededor del 1% grandes. Por otra parte, el porcentaje de personal ocupado de la industria el 36% es de microempresas, el 26% de pequeñas, el 28% de medianas y el 10% de grandes [46].

Lo anterior es relevante, ya que en México el 94.9% de los establecimientos son tamaño micro; 4.9% son pequeños y medianos (PYMES) los cuales aportan 30.7% tanto del personal ocupado como del valor agregado [38].

Según INEGI [38], la definición para las micro, pequeñas y medianas empresas es la siguiente:

- Microempresas: Las empresas que ocuparan hasta 15 personas y el valor de sus ventas netas fuera hasta 30 millones de pesos al año.
- Pequeñas empresas: Las empresas que ocuparan entre 16 y 100 personas y sus ventas netas no rebasaran la cantidad de 400 millones de pesos al año.

- Medianas empresas: Las empresas que ocuparan entre 101 y 250 personas y el valor de sus ventas no rebasara la cantidad de un mil cien millones de pesos al año.

México hoy registra un índice de mortalidad de Pymes antes de su quinto año de vida de un 65% [47]. Pero al tratarse de la industria manufacturera, el valor disminuye en gran manera, como se puede mostrar en Figura 3:

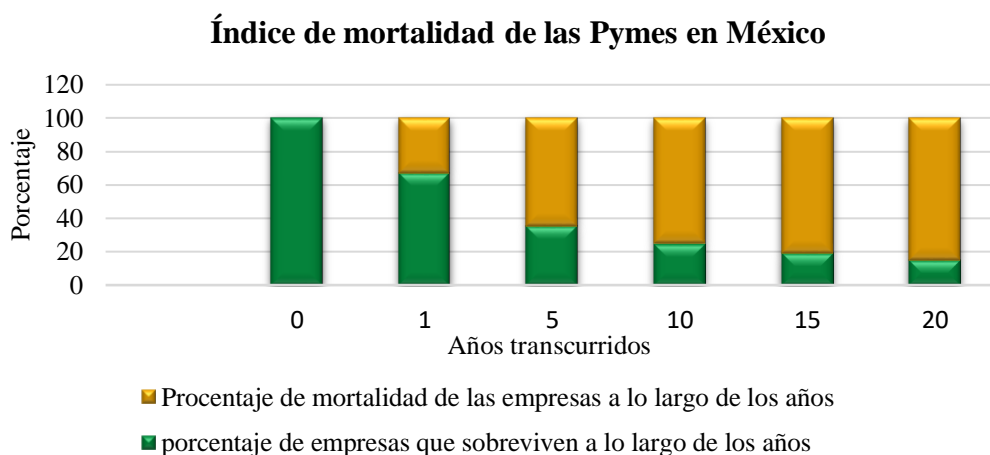


Figura 3. Tasa de mortandad de industria manufacturera en México.

Fuente: Elaboración propia a partir de [47]

La Gráfica anterior muestra como a partir del quinto año la tasa de mortalidad es mayor a la esperanza de vida con un 65% y conforme van incrementando los años la mortalidad de las empresas. Por otro lado, en Baja California, en la Figura 4 se muestra la tasa de mortalidad de las empresas manufactureras en Baja California.

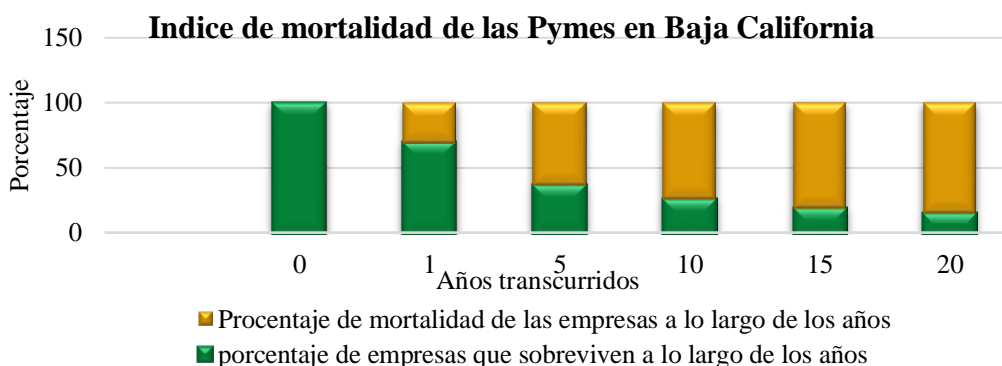


Figura 4. Tasa de mortalidad de industria manufacturera en Baja California

Fuente: Elaboración propia a partir de [47]

La Gráfica anterior muestra la tasa de mortalidad de las industrias manufactureras en Baja California, siendo muy similar al comportamiento del todo el país, por lo tanto, las tasas de mortalidad también son muy altas, más adelante se analizarán las principales causas de que se le atribuyen a este fenómeno.

Principales Problemáticas de las empresas en México.

La Figura 5, muestra de manera general los principales problemas que enfrentan tanto las grandes empresas como las PYMES, así como su comparación entre en porcentaje entre ellas.

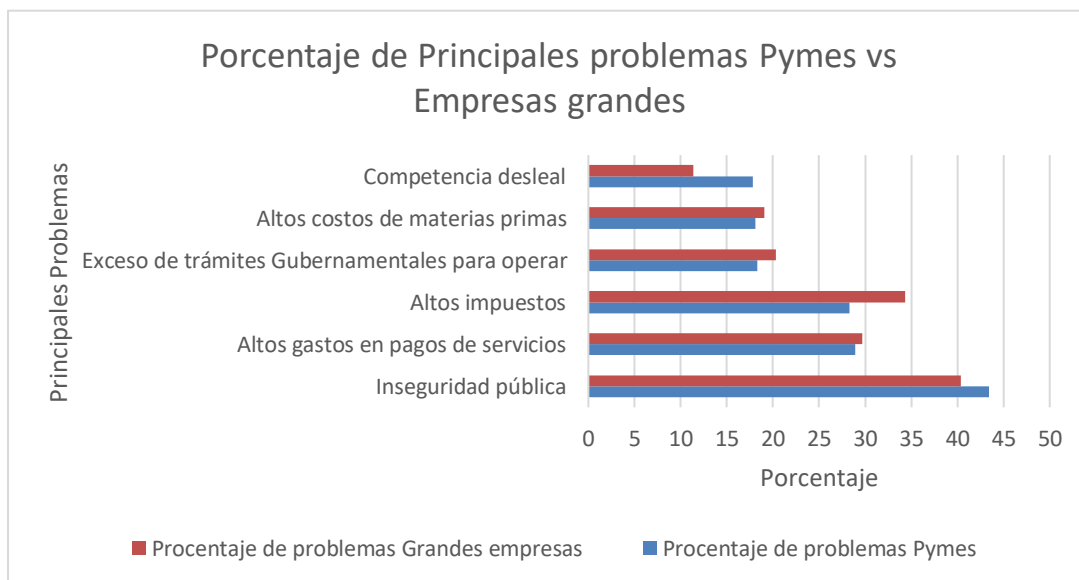


Figura 5. Porcentaje de problemas PYMES vs Grandes empresas.

Fuente: Elaboración propia a partir de [38]

En la Figura anterior se puede observar que el comportamiento de los problemas dentro de las grandes empresas y las PYMES es muy similar en ambos casos y son problemas que se tienen que atacar porque son los que generan el alto índice de mortalidad de las empresas en México, dentro de las causas existen algunas que no se pueden atacar ya que son específicamente cuestiones gubernamentales, como lo son los altos impuestos, el exceso de trámites gubernamentales para operar y la inseguridad pública, pero, por otro lado, existen algunos problemas que si se pueden solucionar o mejorar, como los altos gastos en pago de servicios, altos costos de materiales, insumos o mercancías comercializadas y la competencia desleal.

A continuación, se analizarán los principales problemas que se generan en las MIPYMES.

El Centro de Competitividad de México (CCMX) [48], a través del proceso de consultoría,

realiza un diagnóstico de las principales áreas de las empresas (Administración, Recursos Humanos, Procesos, Mercados y Finanzas). Con base en la metodología de CCMX4, los resultados de las evaluaciones de una muestra de 1,200 PyMES5, señalan las principales áreas de oportunidad por área en una escala del 0 al 10:

1. Administración. En promedio, las empresas obtienen un valor de 5.5; lo que señala que se enfrentan a problemas como: carencia de organigramas actualizados, descripciones de puestos, objetivos y metas.
2. Recursos Humanos. Con un valor de 5.4 en promedio, las empresas enfrentan problemas como: alta rotación de personal y ausencia de una política de reclutamiento, por lo tanto, el personal no conoce a detalle su función en el proceso y no se evalúa su desempeño.
3. Procesos. Con un valor de 6.4 en promedio, las empresas presentan problemas como: la falta de identificación de procesos clave para su operación y la ausencia de indicadores de calidad.
4. Mercado. Con un valor promedio de 6.1, las empresas presentan problemas como: carencia de una estrategia comercial; no cuentan con catálogo de clientes que indique a quién, qué, cuánto, y qué contribución marginal arrojan al negocio.
5. Finanzas. En promedio, las empresas obtienen un valor de 6.5 al presentar problemas como: falta de información y análisis financiero que les permitan tomar decisiones sustentadas.

Analizando la información anterior es relevante entender las áreas donde mayor dificultad encuentran las MIPYMES, ya que es ahí donde se puede enfocar una estrategia para lograr contrarrestar estas debilidades, se puede observar que los procesos y el mercado son 2 de los problemas más grandes de este tipo de industrias, puesto que en ocasiones carecen de personal especializado en esa área porque también están limitadas por el número de personal ocupado.

2.2 Diseño para Seis Sigma

Esta metodología combina muchas de las herramientas que se utilizan para mejorar los productos o servicios existentes e integra la voz de los clientes y métodos de simulación para predecir nuevos procesos y rendimiento del producto, se utiliza para establecer la calidad del diseño mediante la implementación de herramientas y pensamiento preventivo en el proceso de desarrollo del producto [52]. En otras palabras es un enfoque para ofrecer nuevos productos y servicios a los clientes con un alto rendimiento que es medido por los clientes y es fundamental

para las medidas de calidad [53].

2.2.1 Diseño para Seis Sigma y sus variantes

2.2.1.1 DMADV (Definir, medir, analizar, diseñar y validar)

DMADV es una de las variantes más utilizadas dentro del diseño de nuevos productos, planteada por Francisco, et al. [54], Carvalho, et al. [55] y Yang, et al. [56] en donde cada etapa Selvi y Majumdar [57] la plantean de la siguiente manera:

Definir

En esta fase se identifican las necesidades más importantes para el cliente utilizando información histórica, feedback directo del cliente y otras fuentes de información. También se generan las medidas y pruebas, las cuales deben de estar alineadas con los objetivos y requerimientos del cliente.

Medir

La fase dos de la metodología consta de utilizar las métricas definidas mediante la recopilación de datos y se registran como especificaciones de manera que puedan utilizarse para gestionar el resto del proceso y generar los pasos necesarios para fabricar el producto, también se definen estándares de desempeño y se delimitan las especificaciones que cumplen con los requerimientos del cliente. Por último, se valida el sistema de medición de los datos y variables a generar.

Analizar

En la tercera etapa se plantea el resultado del proceso de fabricación, el cual es probado por equipos internos para plantear áreas de oportunidad y/o mejora. En esta fase se utilizan los datos para identificar que se puede mejorar dentro de los procesos de calidad y fabricación, evaluando la importancia de cada paso del proceso y planteando ideas para encontrar posibles fallas o errores en proceso de diseño.

Diseñar

En la cuarta fase se comparan los resultados de las pruebas internas y se comparan con los requerimientos del cliente y se realizan ajustes al proceso de calidad o producción de ser necesario. También se prueba el proceso de fabricación con las mejoras aplicadas y se prueba con los clientes y proporciona retroalimentación antes de que el producto sea lanzado al mercado.

Validar

Esta es la última fase de la metodología, consta de la recepción del feedback de los clientes

que ya adquirieron el producto posterior a ser lanzado al mercado, en esta etapa también se les da seguimiento a los comentarios de los clientes, ya que el sistema puede ser modificado y mejorado o en su defecto aplicado a productos o áreas distintas en fechas posteriores. Cabe destacar que la aplicación de esta metodología generalmente tarda meses e incluso años para poder encontrar un producto que cumpla con un porcentaje alto de cumplimiento de los requerimientos del cliente.

2.2.1.2 IDOV (Identificar, diseñar, optimizar, validar)

Suresh [58], plantea la metodología IDOV:

Identificar

El proceso comienza con el reconocimiento del problema. Los Problemas que enfrenta el cliente se identifican mediante la recopilación y el análisis de información utilizando una variedad de fuentes como la participación u observación directa, entrevistas, discusiones, etc.

El objetivo final es descubrir los factores críticos para la calidad (CTQ, por sus siglas en inglés) y centrarse en los esfuerzos de diseño.

El propósito de esta etapa es determinar las necesidades y especificaciones del cliente mediante evaluación comparativa de la competencia.

Diseñar

Desarrollar un diseño integral de productos o procesos que cumplirían con las CTQ y también para optimizar el diseño establecido.

Optimizar

En esta etapa, se optimiza el diseño. Esto se realiza liberando todos los requisitos funcionales en un nivel de desempeño Seis Sigma.

Validar

Es la fase final de DFSS. Da seguridad a los clientes que el diseño resultante se ajuste a las especificaciones y valide desempeño identificado en CTQ.

2.3 Estudio de mercado

2.3.1 Definición preliminar del nuevo producto que se va a desarrollar

Bonta [59] define el producto como un conjunto de elementos físicos y químicos engranados, de tal manera que le ofrece al usuario posibilidades de utilización. Por otro lado, Kotler [60] menciona que un producto es cualquier cosa que se puede presentar a un mercado para su consideración, adquisición, uso o consumo y que tiene el potencial de satisfacer una necesidad

o un deseo.

En esta etapa, se crea una hipótesis del producto potencial con características básicas con el objetivo general de comprender la esencia del producto sin necesidad de entrar en detalles.

2.3.2 Definir el mercado meta y segmento de mercado

El mercado meta consiste en un grupo de clientes que comparten necesidades y rasgos similares que una empresa elige atender [60].

Los criterios de selección de mercado meta son los siguientes según Aghdaie [61]:

Relacionados al segmento

- a. Tasa de crecimiento por año
- b. Tamaño
- c. Capacidad para proveer
- d. Homogeneidad
- e. Accesibilidad
- f. Sostenibilidad
- g. Competencia

2. Financieros y económicos

- a. Rentabilidad
- b. Riesgo

3. Tecnológicos

- a. Conocimiento, experiencia, información y fabricación tecnológica de proceso requerida
- b. Complejidad

Al momento de seleccionar el mercado meta se deben de seleccionar la mayor cantidad de criterios anteriormente mencionados para reducir el margen de error al tomar la decisión de selección final.

2.3.2.1 El segmento de mercado

El proceso de segmentación de mercado consta de 3 fases que se plantean a continuación [62]:

1. Determinar las necesidades presentes y futuras de un mercado.

El mercado se examina cuidadosamente para identificar las necesidades específicas que

satisfacen las ofertas actuales, las necesidades que las ofertas actuales no satisfacen adecuadamente y otras necesidades que aún no se reconocen. Como parte de este paso, los clientes o empresas pueden ser entrevistados u observados para determinar sus acciones, niveles de satisfacción y frustración.

2. Identificar las características que distinguen unos segmentos de otros

En esta fase, el énfasis está en las características que tienen en común los candidatos que comparten un deseo y lo que la diferencia de otros segmentos del mercado con deseos diferentes. Puede ser un rasgo físico compartido por las empresas comerciales (como el tamaño o la ubicación). Podría ser la percepción o el patrón de comportamiento de un consumidor. Las posibles mezclas de marketing (incluidas las ideas de productos) se diseñan para los distintos segmentos utilizando los resultados de este paso. Se realiza un análisis adicional de las posibles soluciones.

3. Determinar el potencial de los segmentos y el grado en que se satisfacen.

El paso final consiste en determinar cuánta demanda representa cada segmento, qué tan urgente es la necesidad y qué tan feroz es la competencia. Estos pronósticos determinarán qué segmentos de mercado vale la pena seguir.

Un segmento es un grupo que tiene un deseo compartido que se puede distinguir del resto del mercado. Pero hay algunos requisitos adicionales que se deben cumplir para que los resultados de la segmentación sean útiles para los vendedores:

- El segmento de mercado debe ser accesible a través de las instituciones con el menor costo y desperdicio de esfuerzos.
- Cada segmento debe ser bastante grande para ser redituable.

Clasificación de los segmentos de mercado según Inzunza y Jair [63]:

Segmentación de mercados de consumidores

- Geográfica: Región, tamaño de ciudad, urbana o rural y clima.
- Demográfica: Ingreso, edad, sexo, clase social, educación, ocupación, origen étnico, ciclo vital de familia.
- Psicográfica: personalidad, estilo de vida, valores.
- Por comportamiento: beneficios deseados (costo, calidad, vida útil, etc.).
- Tasa de uso (usuarios esporádicos, habituales, no usuarios).

Segmentación de mercados de negocios

- Ubicación de los clientes: región, ubicación.
- Tipo de cliente: industria, tamaño, estructura de la organización, criterios de compra.
- Condiciones de la transacción: situación de compra, tasa de uso, procedimiento de compra, tamaño de pedido, requisitos de servicio.

2.4 Herramientas utilizadas en diseño de nuevos productos

2.4.1 Benchmarking

Se le llama benchmarking al proceso de identificar, analizar y adaptar las mejores prácticas de la industria para mejorar el rendimiento empresarial [64].

También se le llama Benchmarking a la comparativa de un proceso, metodología u/o producto, respecto a otro con características similares [65]. Se ha utilizado el concepto durante mucho tiempo para impulsar mejoras estratégicas con relación a la calidad, la eficiencia y el costo, el fundamento de benchmarking es la evaluación interna y una comparación con los mejores competidores de la zona con el fin de mejorar el desempeño de los productos [66].

Una herramienta clave en la búsqueda externa de conceptos, planes y técnicas para mejorar la propia organización es el benchmarking. Para avanzar en una organización, es un proceso sistemático y continuo de evaluar y contrastar los bienes, servicios y métodos de trabajo de las empresas que son reconocidas como las mejores en su clase [67].

Por otro lado, Vught [68] menciona que es una serie de acciones y pasos que lleva a comparar procesos y productos, identificando las buenas prácticas para mejorar el desempeño de la organización.

Para la aplicación del benchmarking Marciniak [69] se plantean 5 fases:

1. Enfoque para comparar el proyecto.
2. Determinar los objetivos del *benchmarking*.
3. Determinación de variables e indicadores de calidad.
4. Determinación de la recopilación de datos y fuente.
5. Desarrollo y prueba de herramientas para su uso.

2.4.2 Análisis FODA

El análisis FODA es una herramienta para realizar la evaluación de la situación actual de una empresa, metodología o producto, en donde se plantean las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, permitiendo la toma de decisiones [70].

2.4.3 Cálculo del tamaño de la muestra

Desarrollar una investigación en muchas ocasiones resulta un procedimiento muy costoso porque se invierten recursos materiales y también mucho tiempo. De ahí que sea necesario que con un tamaño adecuado se puedan obtener resultados que se puedan generalizar a la población.

Pineda et al. [71] menciona que 30 es el número mínimo de elementos de una muestra para poder usar algunas formas de análisis estadísticos sobre los datos obtenidos. No obstante, este suele ser un número muy pequeño para la fiabilidad. Otros insisten en que si existe un elevado potencial de variabilidad en las respuestas de los participantes en la investigación, entonces esto incrementará el tamaño requerido de la muestra [72]. Por lo tanto, entre más grande sea el tamaño de la muestra, menor será el error de los resultados de la investigación [73].

2.4.3.1 Cálculo de la muestra para población finita

Joaquim [74] utiliza la siguiente fórmula para el cálculo de tamaño de la muestra (Ecuación 1):

$$n = \frac{NZ^2 p q}{d^2(N-1) + Z^2 p q} \quad [75] \quad (1)$$

En donde:

n = Es el tamaño de la muestra poblacional a obtener.

N = Es el tamaño de la población total.

P y q = Representa la desviación estándar de la población. En caso de desconocer este dato es común utilizar un valor constante que equivale a 0.5 y q es el valor restante (ambos suman 1).

Z = Es el valor obtenido mediante niveles de confianza. Su valor es una constante, por lo general se tienen dos valores dependiendo el grado de confianza que se desee, siendo 99% el valor más alto (este valor equivale a 2.58) y 95% (1.96) el valor mínimo aceptado para considerar la investigación como confiable.

d = Representa el límite aceptable de error muestral, generalmente va del 1% (0.01) al 9% (0.09), siendo 5% (0.05) el valor estándar usado en las investigaciones.

2.4.3.2 Cálculo de tamaño de la muestra para poblaciones infinitas

Taherdoost [76] utiliza la siguiente fórmula (Ecuación 2):

$$n = \frac{p(100 - p)Z^2}{E^2} \quad (2)$$

En donde:

Z = correspondiente al nivel de confianza; Un nivel de confianza del 95% (también lo expresamos así: $\alpha = .05$) corresponde a $z = 1.96$ sigmas o errores típicos; $z = 2$ (dos sigmas) corresponde a un 95.5% (aproximadamente, $\alpha = .045$).

P y 100-p = Varianza de la población Como la varianza de la población la desconocemos, ponemos la varianza mayor posible porque a mayor varianza hará falta una muestra mayor.

E = Error muestral. Es el margen aceptable para la muestra.

2.4.4 La voz del cliente (VOC)

La voz del cliente es una herramienta que ayuda al desarrollo de nuevos productos, permitiendo encontrar las necesidades del cliente mediante la retroalimentación directa del cliente [77].

Dentro de la voz del cliente se encuentran los métodos cualitativos en donde se incluyen estudios etnográficos, la investigación del viaje del cliente y las entrevistas en profundidad en donde se proporcionan datos valiosos sobre clientes y sus experiencias individuales. Por otro lado, en los cuantitativos encontramos las encuestas a gran escala, las cuales generan oportunidades para encontrar patrones en los requerimientos de segmentos de mercado. Idealmente, la elección entre los métodos depende de las preguntas que deben responderse. La elección del método depende de los recursos disponibles [78].

2.4.5 Despliegue de la función de calidad (QFD)

El despliegue de la función de calidad (QFD) proporciona una herramienta para asignar los requisitos del cliente y transformarlas en medidas técnicas para mejorar la calidad del diseño y reducir el tiempo de desarrollo del producto [79].

QFD es un método eficiente para abordar los requerimientos del cliente en el diseño de

ingeniería, tratando de identificar, y clasificar los requisitos de los clientes [80].

Dentro de esta herramienta se seleccionan los principales requisitos planteados en el proceso para traducirlos en requisitos de ingeniería. Utilizando las métricas de diseño para probarlas en cada prototipo para garantizar que el producto cumpla o exceda las expectativas del cliente [81].

Dentro del QFD se cuantifican y correlacionan los requerimientos del cliente contra los requerimientos críticos para determinar los puntos principales y críticos del proyecto y priorizar las necesidades más relevantes.

2.4.5.1 La casa de la calidad

Es una herramienta del QFD que consta de cuatro casas en donde los requisitos se transforman con relación al producto, el diseño del proceso, el proceso y la proyectos organizacionales para asegurar la calidad esperada por los cliente [82]. Por lo tanto, la casa de la calidad es un diagrama de relaciones en donde se enlistas las necesidades de los clientes. La casa ayuda a traducir la comunicación para una mejor planificación y diseño.

Existen 4 casas de la calidad, la primera casa traduce las necesidades y expectativas del cliente en las características técnicas del diseño, que se le conoce como la etapa de planificación. En la casa 2 que es la del diseño del producto, se plantean las características técnicas y las características de los componentes, en la tercera casa se enfoca en la planificación del proceso introduciendo las características de los componentes y la operación del proceso y en la última casa, la planificación del control del proceso, donde se plantea el plan de control de calidad [83].

2.5 Metodología TRIZ

2.5.1 Descripción general de TRIZ

Una de las metodologías más completas a nivel mundial para el desarrollo de nuevos productos con enfoque en innovación es la metodología TRIZ, la cual se desarrolló después de estudiar el proceso de patentes, el cual busca encontrar la solución ideal para un efecto o función necesaria sin recursos adicionales o efectos secundarios negativos, encontrando la solución ideal aprovechando los recursos ya disponibles en el sistema.

La metodología TRIZ permite a las personas vislumbrar los problemas como sistemas, obteniendo primeramente un concepto de la solución ideal y a producir el desempeño de los productos resolviendo contradicciones. Esta metodología plantea tres principios básicos, el primero consta de 39 parámetros generales de ingeniería, los cuales son utilizados para describir

los conflictos técnicos y 40 principios de invención que se utilizan para resolver los conflictos o contradicciones; el segundo principio es el conocimiento de un sistema de base de datos que comprenda elementos físicos, químicos y geométricos que se utilizan para la resolución de problemas; y el tercero es el modelo de campo de sustancia, que se utiliza para modelar problemas tecnológicos y obteniendo respuestas [84].

2.5.2 Principio de la idealidad

La idealidad es uno de los principales conceptos de la metodología TRIZ. Mishra [85], lo define como el estado en el que todas las funciones de un producto se realizan sin problemas. Planteado un mejor producto, siendo más rápido, más barato, tiene menores tasas de error, menores costos operativos, etc. En otras palabras, busca la obtención de todos los beneficios y ninguna desventaja. Por otro lado, Acosta-Flores [86] define la idealidad como aumentar lo bueno y reducir lo malo, mientras que Sojke y Lepsik [87] hacen referencia a que la idealidad es la capacidad que tiene un producto de adaptarse a las necesidades del cliente en un sistema evolutivo.

Aunque la idealidad es un punto imposible de lograr, la búsqueda de este estado provoca mejoras constantes y planteamiento de soluciones innovadoras. Por lo tanto, lo que se busca es encontrar la solución ideal utilizando la menor cantidad de recursos [84].

2.5.3 Los 39 parámetros y los 40 principios de inventiva

TRIZ plantea 39 parámetros que se convierten en las contradicciones técnicas, que son el planteamiento de los parámetros que se quieren mejorar, pero a su vez genera un incumplimiento o disminución de capacidades de su contraparte, es decir, si se mejora algo por ende se disminuye la contraparte; estos parámetros son las entradas de la matriz de contradicciones y su intersección genera los principios de inventiva [88].

Por otro lado, existen 40 principios de inventiva [89] que son las salidas obtenidas mediante la matriz de contradicciones en donde, al menos, se debe de generar una posible solución general. Los principios de inventiva son los fundamentos para generar ideas de solución para problemas específicos de diseño [90].

2.5.4 Clasificación de las soluciones de inventiva

TRIZ se clasifica en cinco niveles de soluciones inventivas [91], [92].

1. Estandarización: solución de problemas por métodos conocidos por los especialistas que abarca el 32 % de todas las soluciones posibles
2. Mejora: mejora de un sistema existente en el mismo campo incluye el 45 % de las posibles soluciones
3. Invención dentro de la tecnología: mejora el sistema existente dentro de otros campos, abarca el 18% de las posibles soluciones
4. Invenciones fuera de la tecnología; genera un nuevo sistema utilizando ciencia, no tecnología, incluye el 45 %.
5. Descubrimiento: nuevo sistema generado en algo que no existe e incluye solo el 1% de las posibles soluciones.

2.6 Software de diseño y aplicación de ingeniería (SolidWorks®)

Dentro del software de diseño existe infinidad de marcas y modelos que ayudan al proceso de diseño e ingeniería, sin embargo, SolidWorks®, es uno de los más utilizados en la actualidad, ya que este tiene un enfoque industrial y es especializado en modelado de piezas 3D, así como para el análisis de algunas variables para su optimización. Utiliza diseño paramétrico, generando tres tipos de archivos: pieza, ensamblaje y dibujo. El software incluye una amplia gama de características, como herramientas de validación de diseño e ingeniería inversa. Mediante el uso del software se realizan piezas industriales, ya que es práctico y muy detallado. Por otro lado, también, permite realizar análisis de esfuerzos en piezas realizadas mediante la simulación [93].

En 2015, existían alrededor de 1.8 millones de usuarios que utilizaban SolidWorks® [94]. Sin embargo, al pasar de los años ha ido incrementando y para el 2022 había alrededor de 9.3 millones de usuarios [95]. Los datos anteriores nos dan hincapié a determinar que SolidWorks® es un software que está en crecimiento y es de tendencia internacional.

El programa permite realizar análisis de sustentabilidad para medir el impacto ambiental de los diseños durante su ciclo de vida [96], también evalúa el material, la fabricación, el ensamblaje, el transporte, el uso y la eliminación de residuos mediante la evaluación del ciclo de vida conforme a estándares del sector. Además de ayudar a reducir los costes de producción y a desarrollar productos más amigables con el medio ambiente [97].

Las características de SolidWorks® permiten realizar una evaluación y comparar las características de distintas variables, ver su comportamiento y tomar la decisión de las mejores

combinaciones para la selección del mejor diseño, ayudando al proceso de calidad y ahorrando tiempo y desperdicios [98], [99].

2.7 Diseño de experimentos

El diseño experimental es la aplicación de métodos científicos para obtener conocimiento sobre un sistema o proceso a través de pruebas bien diseñadas. También se define como un conjunto de técnicas estadísticas y de ingeniería que permiten una comprensión más profunda de situaciones complejas que involucran causa y efecto [100], también determina que pruebas se deben realizar para obtener datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas que permitan clarificar los aspectos con incertidumbre para poder resolver un problema.

2.7.1 Principios del diseño de experimentos

Diaz [101] plantea 10 conceptos principales del diseño de experimentos como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Principios básicos del DOE.

Principio	Definición
Variables dependientes e independientes	Qué tanto se ve afecta una variable al modificar otro
Variable de respuesta	Característica por evaluar
Factor	Variable independiente que se evalúa.
Niveles de los factores	Cantidad de atributos de cada factor
Tratamientos	Combinación de niveles de cada factor
Unidad experimental	El objeto a que se le realiza una observación
Bloque	Grupo de unidades experimentales
Dato	Resultado de las mediciones
población	Conjunto de datos de todas las unidades experimentales
Muestra	Cantidad de unidades tomadas de una población

Fuente. Elaboración propia

2.7.2 Diseño factorial

Un diseño factorial es un experimento que intervienen dos o más factores en donde en un ensayo se investigan todas las combinaciones posibles de los niveles de cada factor [102]. El método de diseño factorial requiere pocas corridas por parámetro investigado, permite identificar parámetros de proceso influyentes sin pruebas costosas y que consumen mucho tiempo [61].

2.7.2.1 Diseño factorial 3^3

Un diseño factorial 3^3 consta de tres factores a tres niveles, sin replica cuenta con un total de 27 diseños sin réplica [102], permitiendo estudiar efectos cuadráticos y de segundo orden [62]. Por otro lado, los resultados se pueden presentar como gráficos de 2 y 3 dimensiones [61].

2.7.2.2 Ecuación de regresión

Una vez obtenida las corridas experimentales y los resultados, se ajustan los modelos de regresión empleando la herramienta estadística para el diseño factorial, la cual se refiere al establecimiento de un modelo matemático lineal o no lineal entre múltiples variables al considerar una variable como dependiente y una o más variables como independientes [103]. En ese sentido, la regresión múltiple ayuda a predecir alguna Y específica y ver su comportamiento con un nivel de confianza alto, para posteriormente encontrar la mejor combinación de X que maximice, minimice u/o logre algún objetivo específico. La función de regresión múltiple que se utilizó es la que se muestra a continuación (Ecuaciones 3 y 4) [104]:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon \quad (3)$$

Ecuación ajustada:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + \dots + b_k x_k \quad (4)$$

Donde:

- β_k es el $k^{\text{ésimo}}$ coeficiente de regresión de la población.
- x_k es el $k^{\text{ésimo}}$ término. Cada término puede ser un solo predictor, un término polinómico o un término de interacción.
- ε es el término de error que sigue una distribución normal con una media de 0.
- k es estimación del $k^{\text{ésimo}}$ coeficiente de regresión de la población.
- \hat{y} respuesta ajustada

Se utiliza el método de mínimos cuadrados para obtener el estimador del coeficiente de regresión, y la ecuación 5 es como sigue [105]:

$$\widehat{\beta}_0 n + \widehat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{i1} + \dots + \widehat{\beta}_k \sum_{i=1}^n x_{ik} = \sum_{i=1}^n y_i \quad (5)$$

$$\widehat{\beta}_0 \sum_{i=1}^n x_{il} + \widehat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{il}^2 + \cdots + \widehat{\beta}_k \sum_{i=1}^n x_{il} x_{ik} = \sum_{i=1}^n x_{il} y_i$$

$$\widehat{\beta}_0 \sum_{i=1}^n x_{ik} + \widehat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n x_{ik} x_{il} + \cdots + \widehat{\beta}_k \sum_{i=1}^n x_{ik}^2 = \sum_{i=1}^n x_{ik} y_i$$

Por otro lado, las deseabilidades para cada variable de respuesta y la deseabilidad general (D) en cada tratamiento y su combinación se pueden estimar de manera manual o con el uso de algún software. En este último paso, se consideraron múltiples escenarios a través de asignaciones de peso, definiendo diferentes niveles de importancia en las variables de respuesta para realizar comparaciones. Finalmente, se completó la optimización aplicando el optimizador incluido en el paquete de *minitab*® basado en el modelo ajustado de regresión para encontrar la combinación óptima de factores y maximizar la deseabilidad general (D).

3 METODOLOGÍA

En este capítulo se describe cómo se realizó la metodología planteada en el estudio, así como la forma en que se obtuvieron las herramientas y su forma de aplicación, también se menciona la manera en que se realizó la revisión de literatura, para llegar a la selección de las características de la metodología final.

3.1 Determinación de las metodologías para el diseño de nuevos productos

Para identificar y determinar las mejores metodologías para el diseño de nuevos productos en la industria del mueble tanto en México como en Baja California, se llevó a cabo una exhaustiva investigación en revistas científica a nivel nacional y también a nivel internacional con el fin de encontrar las tendencias y mejores prácticas en la actualidad.

3.1.1 Revisión de literatura

Las principales características que se plantearon en este estudio para la revisión de literatura se muestran a continuación:

- Investigaciones de metodologías para el diseño de nuevos productos.
- Artículos de revistas científicas, libros, tesis, conferencias internacionales.
- Estudios de mercado en donde aplicaron prácticas para el diseño de nuevos productos.
- Casos de estudio con metodologías de diseño de nuevos productos compuestas

Una vez definidos los criterios para la búsqueda de la información, se utilizará la base de datos de la Universidad Autónoma de Baja California, las cuales se utilizaron las siguientes editoriales Ebsco Host, Elsevier, Emerald, IEEE, Springer y Google Scholar, como también revistas independientes como MDPI. Las palabras claves que se utilizaron son: Diseño de nuevos productos, diseño para Seis Sigma, metodología TRIZ, QFD, innovación, diseño mediante software, diseño de experimentos, aceptando cualquier artículo sin importar el tipo de producto o industria que se plantee.

Posteriormente, se seleccionaron aquellas publicaciones que tenían similitud en sus características para generar una base de datos en donde se clasifica cada artículo por tipo de herramienta utilizada y área de enfoque.

3.2 Investigación de las principales metodologías para el diseño de nuevos productos

Se desarrolló una investigación en las fuentes de información mencionadas anteriormente para lograr identificar las diferencias y similitudes de las metodologías más utilizadas en la actualidad para el proceso de diseño de nuevos productos, en donde se definió cada etapa de cada metodología y se compararon entre sí mediante la generación de una matriz, en donde también se plantearon las herramientas que se utilizan en cada paso con la idea de lograr visualizar las fortalezas, debilidades y áreas de oportunidad para mejorar y establecer una metodología más completa para el sector que se está manejando.

3.2.1 Diseño de la matriz comparativa

Con los datos obtenidos de las diferentes fuentes de información se generó una matriz en donde en el primer paso se plantearon algunas de las metodologías de diseño de nuevos productos más utilizadas en la actualidad. El segundo paso fue definir cuáles son sus etapas y verificar si existen algunas variantes con enfoques distintos de cada metodología y de ser así seleccionar la más utilizada. Posteriormente, como parte del tercer paso se definió la etapa para conocer su alcance y procedimiento. Como cuarto paso se visualizaron cuáles eran las herramientas que se utilizan en cada etapa. Finalmente, en quinto paso se marcaron las similitudes de cada metodología y se seleccionó la más completa con el fin de tomarla como base para el desarrollo de este trabajo.

3.2.2 Planteamiento de la propuesta de la metodología

Como se mencionó anteriormente se utilizó la metodología de diseño para Seis sigma (DFSS) como base para proponer una metodología más específica y que se pueda replicar en cada uno de los productos que se desee aplicar, para este punto inicialmente se realizó una búsqueda de la estructura general de diseño para seis sigma, en donde se encontró que en gran medida se sigue con 5 etapas *DMADV* como se muestra en la Tabla 6.

Por otro parte, también se encontró otra variante de *DFSS* que se enfoca a la optimización *IDOV* como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 6. Etapas de DMADV.

Etapas	Definición	Herramientas	Referencias
Definir	Planificar el proyecto	VOC, QFD, IPA, Investigación de mercado, BRAINSTORMING, DFMEA	
Medir	Medición y determinación de necesidades	QFD, DFMEA	[106], [1]
Analizar	Análisis del cumplimiento de los críticos	Benchmarking, QFD, TRIZ, Brainstorming	[107], [108]
Diseñar	Diseñar los detalles del producto	QFD, CAD, CAE, CAM, DOE	
Verificar	Verificar el desempeño del diseño	CAD, CAE, CAM, Design for X, DOE	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Etapas de IDOV.

Etapas	Definición	Herramientas	Referencias
Identificar	Reconocimientos del problema	QFD, entrevistas, observación directa	
Diseñar	Diseño integral del producto que cumpla con los críticos	DFMEA, análisis de valor	[109], [110], [111]
Optimizar	Optimización del diseño con los requisitos del cliente	DOE	
Verificar	Comparar los resultados con las especificaciones	Control estadístico del proceso	

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se generó una propuesta de mejora en donde se mezclaron ambas variaciones de *DFSS* y se especificaron los pasos y las herramientas que se utilizan en el desarrollo de la metodología, siguiendo la estructura de la Figura 1. Se puede observar que se mantuvieron los pasos de *DFSS*, pero se agregaron otros 5 pasos en donde se especifica que herramienta se debe de emplear y que acciones se deben de seguir. En el paso 1 de planeación se usan herramientas de mercadotecnia para recolectar información de los clientes, aplicando una encuesta, la cantidad de individuos a analizar se determinará por el cálculo de tamaño de la muestra. En la etapa 2 se definen los parámetros del nuevo producto mediante la voz del cliente y se separan en cualitativos y cuantitativos. En la etapa 3 se aplica el *QFD* para ordenar los requerimientos por nivel de importancia y priorizarlos para encontrar los críticos y sus valores respectivos. En la etapa 4 sólo se plantea la característica que se van a mejorar con *TRIZ*, en este sentido se seleccionará la primera variable cualitativa dentro de las 4 primeras y si no hay ninguna variable cualitativa planteada por el cliente, se selecciona la variable más importante cuantitativa. Posteriormente, se eligen las 3 variables restantes dentro de las 4 primeras que se optimizarán mediante el diseño de experimentos.

En la etapa 5 se realiza un diseño preliminar en *SolidWorks*® con las características generales del producto. En la etapa 6 se plantea la primera optimización, la cual se efectúa aplicando la metodología *TRIZ*. En la etapa 7 se realiza un nuevo diseño en *solidworks*® con las mejoras aplicadas mediante *TRIZ* en la etapa anterior. En la etapa 8 se procede a la aplicación de la optimización final utilizando un diseño de experimentos factorial 3^3 , en donde se someterán las 3 variables cuantitativas más relevantes para el cliente. En la penúltima etapa se genera un diseño final con los resultados obtenidos en la etapa anterior. Por último, en la etapa final se verifica que los resultados obtenidos en la etapa anterior cumplan con los resultados y las características planteadas por el cliente. En la Tabla 8 se muestra la metodología propuesta con una breve explicación.

Tabla. 8. Estructura general de la metodología propuesta.

Estructura de la metodología propuesta	
Etapas	Actividades propuestas.
1. Planeación	Dentro de este paso se recolectan los requerimientos del producto que se va a realizar utilizando herramientas de mercadotecnia (estudio de mercado, <i>benchmarking</i> , <i>FODA</i>).
2. Definir	Se utiliza la voz del cliente para definir todos los requerimientos del consumidor y se clasifican en cuantitativos y cualitativos.
3. Medir	Se utiliza el <i>QFD</i> para ordenar los requerimientos por niveles y priorizarlos.
4. Analizar	Se plantea que características se optimizarán en <i>TRIZ</i> y en <i>DOE</i> .
5. Diseño preliminar	Se realiza un prototipo con los requerimientos generales del producto que se convierte en el diseño inicial.
6. Optimizar (etapa 1)	Se usa la metodología <i>TRIZ</i> para la optimización de la variable cualitativa seleccionada en el paso de analizar.
7. Diseño (etapa 1)	Se realiza un prototipo con la solución obtenida por <i>TRIZ</i> .
8. Optimizar (etapa 2)	Se genera un diseño de experimentos para la optimización de las 3 principales variables cualitativas seleccionadas en el paso de analizar.
9. Diseño final	Se realiza un diseño con los resultados obtenidos del paso anterior.
10. Verificar	Se asegura que los resultados del diseño final cumplan con los requerimientos del cliente.

Fuente: Elaboración propia

3.3 Etapas de la metodología propuesta

3.3.1 Planeación

3.3.1.1 Definición de Mercado meta

En esta etapa se definen las características de los clientes potenciales y se definen los parámetros para realizar el proceso de diseño con base a las salidas de esta etapa, la forma de

obtención de datos se genera mediante un formato como el que se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Formato de definición de mercado meta.

Segmentación geográfica	País
	Estado
	Ciudad o Pueblo
	Densidad de población
	Tipo de clima
Segmentación demográfica	Género
	Edad
	Tamaño de familia
	Ciclo de vida
	Estado civil
	Ocupación
	Nivel de educación
Segmentación económica	Religión
	Ingresos
Segmentación por estilo de vida en la compra de productos similares	Tipos de lugares donde adquiere el producto
	Tipos de productos que suele comprar
	Calidad de los productos que suele comprar

Fuente: Elaboración propia

3.3.1.2 Benchmarking

Inicialmente, dentro del estudio de mercado se realizó un benchmarking comparando a 3 empresas de la localidad que ofrecen productos con características similares, utilizando como referencia la Tabla 10.

Tabla 10. Benchmarking.

Categoría	Competencia 1	Competencia 2	Competencia 3
Nombre			
Ubicación			
Costo (pesos mexicanos)			
Peso (Kg)			
Calidad			
Material 1			
Dimensiones (cm)			
Dimensiones reales (cm)			
Espesor 1(mm)			
Espesor 2 (mm)			
Espesor 3 (mm)			

Fuente: Elaboración propia

3.3.1.3 Análisis FODA

Siguiendo con la etapa de planeación y con el fin de recolectar información de las características más importantes del producto que se pretende mejorar y optimizar, se utilizó un análisis FODA como se muestra en la Tabla 11 para obtener información y plantear el cuestionario que se utilizaría.

Tabla 11. Análisis FODA.

Análisis FODA				INSTRUCCIONES DE LLENADO	
FACTORES INTERNOS DEL PRODUCTO		FACTORES EXTERNOS DEL PRODUCTO		Llenar los respectivos espacios respondiendo alguna de las siguientes preguntas, tratando de ser lo más claro y corto posible.	
DEBILIDADES (-)		AMENAZAS (-)		DEBILIDADES (-)	
1		1		¿Qué se puede evitar?	
2		2		¿Qué se puede mejorar?	
3		3		¿Qué desventajas hay del producto?	
4		4		¿Qué se hace mal?	
5		5		AMENAZAS (-)	
6		6		¿Cuántos productos similares hay?	
7		7		¿Qué hacen los competidores?	
FORTALEZAS (+)		OPORTUNIDADES (+)		FORTALEZAS (+)	
1		1		¿En que es el mejor?	
2		2		¿Que características lo diferencian de los demás?	
3		3		OPORTUNIDADES (+)	
4		4		¿Qué tendencias del mercado existen actualmente?	

Fuente: Elaboración propia

3.3.1.4 Tamaño de la muestra

Se aplicó una encuesta al mercado meta, en donde la cantidad de individuos a encuestar se obtuvo del cálculo de tamaño de la muestra (Ecuación 1) [112], con la fórmula que se observa a continuación y planteando las variables utilizadas como se muestra en la Tabla 12.

$$n = \frac{NZ^2 p q}{d^2(N-1)+Z^2 p q} \quad (1)$$

Donde:

Tabla 12. Datos para calcular el tamaño de muestra.

Variable	Significado	Valor del caso práctico
N	Tamaño de la muestra	
N	Tamaño de población	
Z	Nivel de significancia	
P	Probabilidad de éxito	
Q	Probabilidad de fracaso	
D	Error permitido	

Fuente: Elaboración propia

3.3.1.5 Encuesta

Finalmente, en esta etapa, se generó una encuesta que se aplicó físicamente y mediante medios electrónicos con la cual se recolectó la información necesaria para avanzar al siguiente paso.

3.4 Definir

3.4.1 La voz del cliente

Se utilizó la voz del cliente para definir y seleccionar los requerimientos, así como evaluarlos por su nivel de importancia y planteando la meta propuesta por el cliente y a su vez catalogándolas en cualitativas y cuantitativas, en un formato como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Voz de cliente formato.

Requerimientos generales	Nivel de importancia (Alto, Medio, Bajo)	Meta (Mejorar, Mantener o Disminuir)	Tipo de variable (cualitativa o cuantitativa)
X	Alto	Mejorar	cualitativa
y	Medio	Mantener	cuantitativa
z	Bajo	Disminuir	cuantitativa

Fuente: Elaboración propia

3.5 Medir

3.5.1 La casa de la calidad

Dentro de este paso se realiza la casa de la calidad con los requerimientos obtenidos en la voz del cliente y aplicándoles ponderaciones para el nivel de importancia, con el fin de encontrar qué variables se evaluarán por la metodología *TRIZ* y cuáles serán optimizadas mediante el diseño de experimentos.

3.6 Analizar

En este punto se selecciona la característica que se someterá a *TRIZ* y las que se optimizarán en el diseño de experimentos con sus respectivas ponderaciones y como se evaluarán como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Ponderación y elección de variables a optimizar.

Variable	Salidas	Ponderación inicial	Ponderación final
X	No aplica para variables cualitativas	40%	N/A
Y	Factor de seguridad (FOS)	30%	50%
Z	Kilogramos (kg)	30%	50%

Fuente: Elaboración propia

3.7 Diseño preliminar

Se realiza un diseño inicial con el fin de ver la representación gráfica de las características del producto a evaluar, en este punto se inicia realizando un diseño con las características obtenidas del estudio y se verifica que cumplan con la norma si es que aplica.

3.8 Optimizar etapa 1 mediante TRIZ

Después se aplica *TRIZ* para el requerimiento cualitativo con mayor ponderación por el cliente.

En la Tabla 15 se plantea la variable y la característica que se mejora y la que empeora, las cuales se pueden encontrar en la matriz de contradicciones y se plantean en un formato.

Tabla 15. Aplicación de TRIZ.

Variable para ingresar a TRIZ	Mejora	Empeora	Solución
X	35. Adaptabilidad	33. Forma de uso	7. Anidación

Fuente: Elaboración propia

3.9 Diseño etapa 1

En este paso se genera un diseño inicial con las dimensiones y características del bloque preliminar y se le aplican las propuestas de mejora de *TRIZ*.

3.10 Optimizar etapa 2

3.10.1 Planteamiento del diseño de experimentos

Con base en el diseño inicial se definieron las características a evaluar mediante el diseño de experimentos y se plantearon los factores a estudiar y sus respectivos niveles. Se recomienda utilizar 3 factores y fijarlos a 3 niveles.

Denominando a la variable 1 (X_1), el factor 2 (X_2) y como tercer factor (X_3) y se analiza en tres niveles: Esta información se plantea como en la Tabla 16.

Table 16. Niveles para los factores de control en el experimento.

FACTOR	Niveles		
	Bajo	Medio	Alto
X_1	1	2	3
X_2	1	2	3
X_3	1	2	3

Fuente: Elaboración propia

3.10.2 Procedimiento experimental

Para este trabajo, se utilizó un diseño completo de tres factores a tres niveles cada uno no replicado. Este diseño se conoce comúnmente como 3^k donde el valor base se refiere al número de niveles en cada factor y k se refiere al número de factores de control considerados en el estudio. Resolviendo esta expresión da como resultado el número de combinaciones factoriales diferentes a analizar en un diseño completo. En este caso, el número de combinaciones factoriales o corridas experimentales será $3 \times 3 \times 3 = 27$ [113] que se muestran en la Tabla 17 con orden aleatorizado.

Tabla 17. Matriz de diseño factorial completo aleatorizado 3^3

Orden	X ₁	X ₂	X ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃
19	3	1	1	y	y	y
27	1	3	3	y	y	y
3	1	3	1	y	y	y
24	1	1	1	y	y	y
15	2	1	2	y	y	y
8	2	1	1	y	y	y
21	1	3	2	y	y	y
26	3	3	1	y	y	y
9	3	2	2	y	y	y
10	2	3	2	y	y	y
14	1	2	1	y	y	y
12	2	2	2	y	y	y
23	3	1	2	y	y	y
11	3	2	3	y	y	y
5	2	3	1	y	y	y
16	1	2	3	y	y	y
17	3	3	3	y	y	y
18	2	3	3	y	y	y
1	1	1	3	y	y	y
20	3	1	3	y	y	y
7	1	1	2	y	y	y
22	3	2	1	y	y	y
13	3	3	2	y	y	y
4	2	2	1	y	y	y
25	2	2	3	y	y	y
6	2	1	3	y	y	y
2	1	2	2	y	y	y

Fuente: Elaboración propia a partir de minitab

La columna 1 muestra la etiqueta correspondiente al orden en el que se realizó el diseño durante la experimentación, el cual debe de ser aleatorio. De manera similar, la columna 2 muestra los niveles del factor asociado a X₁, mientras que la columna 3 muestra los niveles del factor asociado con X₂, y la columna 4 muestra los niveles del factor asociado a X₃. Asimismo, las columnas 5, 6, 7, muestran los resultados obtenidos en las variables de respuesta analizados en cada combinación

de tratamientos, que, corresponden a Y_1, Y_2 y Y_3 , en esta parte del modelo se pueden generar múltiples variables de salida de acuerdo con lo que se requiera en cada estudio (no necesariamente tienen que ser 3).

Para este experimento, se utiliza el software SolidWorks® para realizar los 27 diseños de este modo ahorrando tiempo y recursos tomando en cuenta los materiales precargados por el software, o en su defecto precargando las propiedades mecánicas de los materiales que tengan características similares a los encontrados en la localidad.

Una vez obtenida las corridas experimentales y los resultados, se ajustaron los modelos de regresión utilizando el software *minitab*® 2019 empleando la herramienta estadística para el diseño factorial, la cual se refiere al establecimiento de un modelo matemático lineal o no lineal entre múltiples variables al considerar una variable como dependiente y una o más variables como independientes [49]. En ese sentido, la regresión múltiple ayuda a predecir alguna Y específica y ver su comportamiento con un nivel de confianza alto, para posteriormente encontrar la mejor combinación de X que maximice, minimice u/o logre algún objetivo específico.

3.11 Diseño final

En esta parte del proceso se realiza el diseño final mediante el software SolidWorks® con los resultados obtenidos en el paso anterior, con el diseño inicial generado por *TRIZ*, pero ahora con las dimensiones generadas en el diseño de experimentos.

3.12 Verificar

Este es el paso final de la metodología en donde se plantean los resultados obtenidos y se verifica que cumplan con las características planteadas inicialmente por el cliente, de haber algún error o incongruencia, se procede a replantear el problema, de lo contrario es la parte final del proceso de la metodología, esta evaluación se lleva a cabo con una tabla comparativa en donde se evalúan los valores iniciales contra los valores finales.

4 RESULTADOS

4.1 Matriz comparativa de metodologías de diseño de nuevos productos

Se desarrolló una investigación para identificar las diferencias y similitudes de las metodologías más utilizadas en la actualidad para el proceso de diseño de nuevos productos, en donde se definió cada etapa de cada metodología y se compararon entre sí, así como las herramientas que se utilizan en ellas con la finalidad de lograr visualizar las fortalezas, debilidades y áreas de oportunidad para mejorar, obteniendo él resultado en la Tabla 18.

Tabla 18. Matriz comparativa de metodologías para el diseño de nuevos productos.

Metodología	Etapa 1		Etapa 2		Etapa 3		Etapa 4		Etapa 5	
Diseño para Seis sigma	DEFINIR		MEDIR		ANALIZAR		DISEÑAR		VERIFICAR	
	Herramientas	Identifica las necesidades de los clientes y las características del proyecto	Herramientas	Se cuantifican los requerimientos del cliente para priorizar las necesidades más relevantes	Herramientas	Se desarrolla un diseño detallado obteniendo la mayor cantidad de beneficios comerciales	Herramientas	Se define en detalle el producto para entregarlo funcional y satisfaciendo las necesidades del cliente.	Herramientas	Verificar que los críticos se cumplan respetando los parámetros de confiabilidad
	QFD		QFD		QFD		CAD/CAE			
VOC	DOE									
Metodología TRIZ	Problema específico		Problema general		Solución general		Solución específica		No aplica	
	Herramientas	Identificar el problema que se quiere solucionar o innovar	Herramientas	Se reduce el problema en su parte elemental de componentes y se aplica la matriz de contradicción	Herramientas	Se utiliza la matriz de contradicciones para encontrar una solución general	Herramientas	Se formulan los principios genéricos y se plantean soluciones específicas mediante analogías o dibujos		
	VOC		Lluvia de ideas		Matriz de contradicción		Lluvia de ideas			
QFD	Método Delphi		Análisis de literatura							
Aplicación de ingeniería: CAD, CAM, CAE	Definición de características		Creación de modelo		Simulación		Dibujo a detalle		Elaboración de prototipos	
	Herramientas	Identifica las características del diseño y sus especificaciones	Herramientas	Se genera un diseño preliminar con las características otorgadas por el cliente	Herramientas	Se realiza la simulación de la pieza para analizar sus componentes y verificar que cumplen con las características	Herramientas	Se realiza el dibujo con las mejoras que se obtuvieron en el análisis	Herramientas	Se realizan prototipos para ver las características en un modelado identificando todas las características antes de realizar el producto en su prueba piloto
	QFD		CAD		CAM					
VOC	CAE									
QFD	Planeación de los críticos		Requerimientos funcionales		Diseño de parámetros		Validación del proceso		No aplica	
	Herramientas	Se traducen las necesidades y expectativas de los clientes en requerimientos y requerimientos críticos	Herramientas	Se le asigna un valor a cada requerimiento con el fin de validarlos en escala de importancia	Herramientas	Se verifica si los parámetros técnicos de la empresa cumplen con las características para cumplir con los requerimientos del cliente	Herramientas	Se verifica la relación entre los requisitos de los consumidores y parámetros técnicos		
	VOC		Casa de la calidad		Casa de la calidad					
Casa de la calidad										

Fuente: Elaboración propia

Con el análisis de la Tabla (18) anterior se puede observar que las metodologías tienen similitudes en algunas etapas y a su vez en algunas otras se complementan, haciendo más fuerte el proceso de diseño, ya que, por un lado, se tiene una metodología muy completa como diseño para Seis sigma, que busca entender y evaluar los requerimientos del cliente, trasladándolos a requerimientos del producto utilizando herramienta de QFD para lograrlo, por otro lado, se cuenta con la metodología TRIZ que busca soluciones de problemas de inventiva y por último la aplicación de ingeniería mediante el uso de software que nos permiten aplicar los requerimientos y soluciones encontrados, optimizando tiempo y recursos, haciendo más eficiente el proceso.

4.2 Planteamiento de la metodología propuesta

En la Figura 6 se observa mediante un diagrama de flujo de proceso la secuencia de la metodología a seguir en el proceso de diseño.

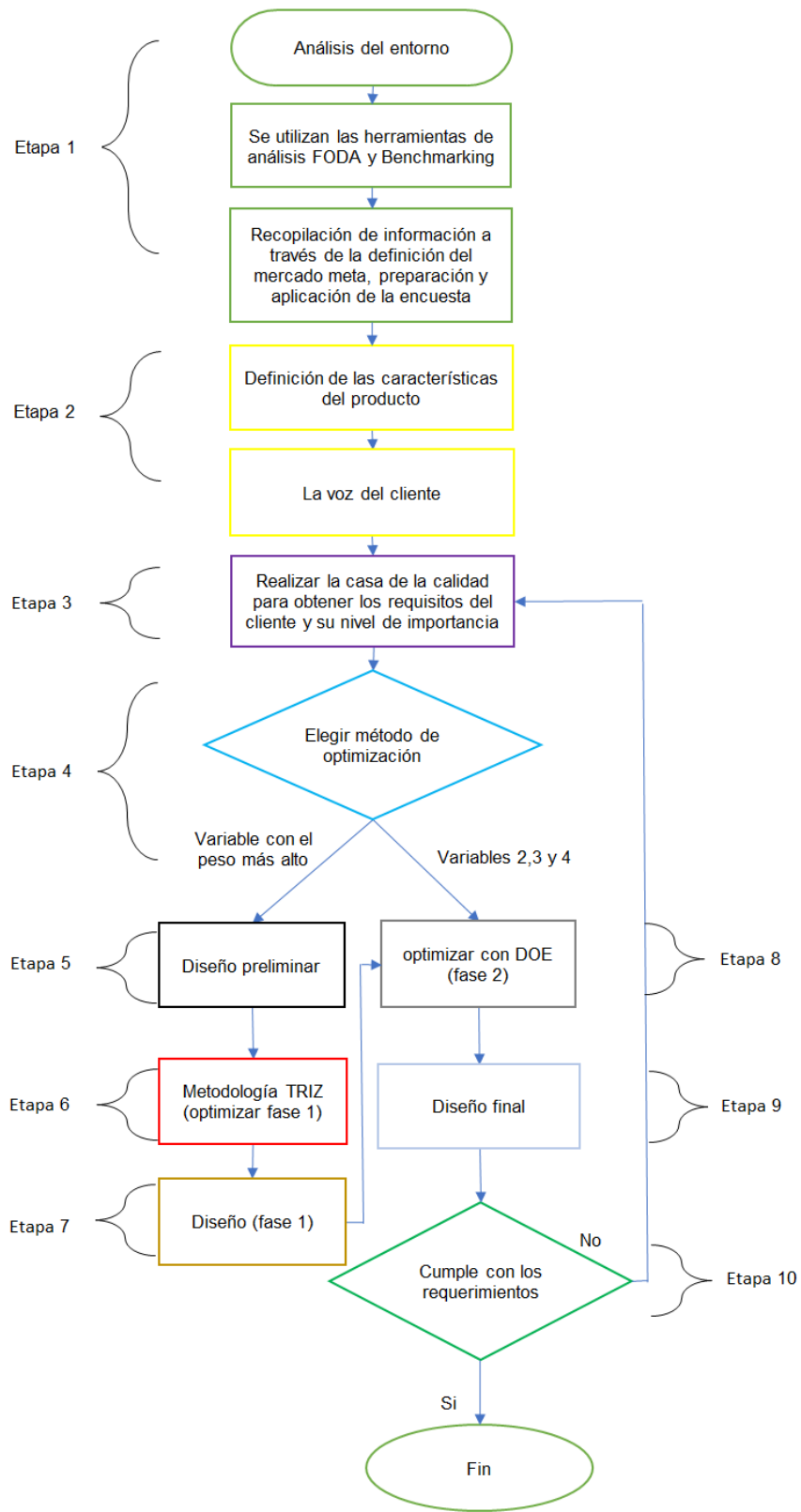


Figura 6. Diagrama de flujo de proceso para la metodología propuesta

Fuente: Elaboración propia

4.3 Resultados de la metodología en casos de estudio

4.3.1 Caso 1: Bases de piso para la industria de la decoración

Para este caso solo se obtuvieron resultados parciales, ya que fue la corrida piloto de la metodología planteada con el fin de verificar posibles errores y áreas de oportunidad para aplicarlas en los siguientes productos.

4.3.1.1 Planeación bases de piso

4.3.1.1.1 Benchmarking para bases de piso

Inicialmente, dentro del estudio de mercado se realizó un benchmarking comparando a 2 empresas de la localidad que ofrecen bases de piso para postres con características similares como se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19. Benchmarking bases de piso.

Categoría	Competencia 1	Competencia 2
Nombre	ALA	FS
Ubicación	Ensenada	Ensenada
Costo (pesos mexicanos)	2,500	1,500
Peso (Kg)	Desconocido	Desconocido
Calidad	Alta	Baja
Material 1	Birch, barrote	MDF, barrote
Dimensiones base 1(cm)	100x50	50x50
Dimensiones base 2 (cm)	50x50	50x50
Dimensiones base 3 (cm)	50x50	50x50
Espesor de la base superior (cm)	1.90	1.25
Espesor de patas(cm)	5x5	1.66x5
Altura base 1(cm)	100	100
Altura base 2(cm)	100	90
Altura base 3(cm)	10	80

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.1.2. Análisis FODA para bases de piso

Siguiendo con la etapa de planificación y con el fin de recolectar información de las características más importantes del producto que se pretende mejorar y optimizar, se utilizó un análisis FODA como se muestra en la Tabla 20 para obtener información y plantear el cuestionario que se utilizaría.

Tabla 20. Análisis FODA bases de piso.

FACTORES INTERNOS DEL PRODUCTO		FACTORES EXTERNOS DEL PRODUCTO	
DEBILIDADES (-)		AMENAZAS (-)	
1	Poco conocimiento del medio	1	Productos nuevos con características similares
2		2	Constante cambio de tendencias
3		3	Productos a muy bajo costo
FORTALEZAS (+)		OPORTUNIDADES (+)	
1	Producto enfocado a un mercado específico	1	Innovación en productos
2	Producto que cumple con la mayor cantidad de requerimientos del cliente	2	Utilizar nuevos materiales
		3	

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.1.3 Definición del mercado meta para bases de piso

En este paso se plantean las características del mercado al cual se le aplicaran las etapas de la metodología, la información se puede observar en la Tabla 21.

Tabla 21. Formato de definición de mercado meta para bases de piso.

Formato para definir el mercado meta		
Llenar los espacios con la información correspondiente		
Segmentación geográfica	País	México
	Estado	Baja California
	Ciudad o pueblo	Ensenada
	Densidad de población	8.77 Habitantes/Km ²
	Tipo de clima	Subtropical árido
Segmentación demográfica	Género	F
	Edad	25-45
	Tamaño de familia	3-5 Personas
	Ciclo de vida	20 años
	Estado civil	Casadas
	Ocupación	Decoradoras
	Nivel de educación	Media-Media superior
Segmentación económica	Ingresos	15,000-adelante- MENSUALES
Segmentación por estilo de vida en la compra de productos similares	Tipos de lugares donde adquiere el producto	Redes sociales
	Tipos de productos que suele comprar	Productos para fiestas y decoración
	Calidad de los productos que suele comprar	MEDIA

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.1.4 Cálculo del tamaño de la muestra para bases de piso.

Se aplicó una encuesta a 53 personas de la industria de la decoración, en donde la cantidad de individuos a encuestar se obtuvo del cálculo de tamaño de la muestra (Ecuación 1) [112], como se observa a continuación las variables utilizadas se muestran en la Tabla 22.

$$n = \frac{NZ^2 p q}{d^2(N-1)+Z^2 p q}$$

$$n = 52 \tag{1}$$

Donde:

Tabla 22. Datos de tamaño de muestra para bases de piso.

Variable	Significado	Valor del acaso practico
<i>n</i>	Tamaño de la muestra	
<i>N</i>	Tamaño de población	60
<i>Z</i>	Nivel de significancia	1.96
<i>p</i>	Probabilidad de éxito	0.50
<i>q</i>	Probabilidad de fracaso	0.50
<i>d</i>	Error permitido	0.5

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se generó una encuesta que se aplicó por medios electrónicos, utilizando los formularios de Google.

4.3.1.1.5 Aplicación y resultados de la encuesta para bases de piso.

En la Tabla 23 se muestran los resultados más importantes obtenidos al momento de aplicar la encuesta. Ver anexo 1, para verificar las preguntas, respuestas y gráficas de la encuesta.

Tabla 23. Resultados relevantes de encuesta para bases de piso.

Material	Metal
Por qué elegir el material	Más resistente
Rango de precio por juego de bases	1,500-2,500
Característica más importante para el cliente	Buena calidad (resistente)
Área de oportunidad	Complicado de trasportar
Dimensiones	Medidas distintas en las 3 bases
Medida de la base más grande	50x50 cm
Diferencias en medidas entre bases	1-6 cm
Color	Dorado

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.2 Definir bases de piso

4.3.1.2.1 La voz del cliente para bases de piso

Se utilizó la voz del cliente para definir y seleccionar los requerimientos, así como evaluarlos por su nivel de importancia y planteando la meta propuesta por el cliente y a su vez catalogándolas en cualitativas y cuantitativas, como se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24. Voz de cliente simplificada para bases de piso

Requerimientos generales	Nivel de importancia	Meta	Tipo de variable
Material resistente	Alto	Mejorar	Cuantitativa
Precio 1500-2,500	Medio	Mejorar	Cuantitativa
Diseño innovador	Bajo	Mejorar	Cualitativa
Fácil de trasportar	Medio	Mejorar	Cualitativa
3 bases con medidas distintas	Bajo	Mejorar	Cuantitativa
Alturas de las bases distintas	Medio	Mejorar	Cuantitativa
Color dorado	Medio	Mantener	Cualitativas

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en Tabla 24 se clasifican los requerimientos con base en su tipo de variable y nivel de importancia con base en las respuestas obtenidas por el cliente.

4.3.1.3 Medir para bases de piso

4.3.1.3.1 La casa de la calidad para bases de piso

Se sometieron los requerimientos del cliente a la casa de la calidad para convertirlos en requerimientos técnicos y tener valores numéricos para poder evaluarlos en siguientes etapas, como se muestra en Tabla 25.

Tabla 25. La casa de la calidad para bases de piso.

		<div style="text-align: center;"> </div>												
		# columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
		Dirección de mejora	Min	Objetivo	Objetivo	Max	Objetivo	Objetivo	Max	Objetivo	Min			
Valor máximo de relación en	Peso relativo	Peso/importancia	Requerimientos funcionales									Competidor 1 (FS)	Competidor 2 (Za)	
			Cantidad de material	Tipo de material	Tipo de soldadura	Diseño físico del producto	forma del producto (largo y, ancho)	Forma del producto (altura)	Factor de seguridad	Tipo de pintura	cantidad de pintura			
		Requerimientos del cliente (Que)												
9	0.20	10	Materia resistente (metal)	9	9	9	9	1	1	9			2	3
9	0.18	9	Precio 1500-2500	9	9	9	3	3	3	9	9	9	5	3
9	0.06	3	Diseño innovador	1	1		9	3	3				3	3
9	0.18	9	Fácil de transportar	9	9	3	9	9	9	3	3		2	2
9	0.14	7	Bases con medidas distintas (largo y ancho)	9			9	9	3	3			4	1
9	0.14	7	Bases con medidas distintas alto	9			9	3	9	3			4	1
9	0.10	5	Color dorado				1				9	9	5	5
Meta o valor limite			<peso y/o volumen	Metal, espesor más bajo posible	Mas económica y resistente	Distinto a los existentes al menos en una variable	1-5 cm	6-10 cm	>1 FS	aceite	<1 litro por juego de bases			
Dificultad														
0=fácil de cumplir, 10= Extremadamente Difícil de cumplir			5	3	5	8	5	4	7	3	3			
Valor máximo de relación en la columna			9	9	9	9	9	9	9	9	9			
Peso/importancia			7.62	5.1	3.96	7.12	4.22	4.22	4.8	3.06	2.52			
Peso relativo			17.88	11.97	9.29	16.71	9.90	9.90	11.26	7.18	5.91			

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.4 Analizar para bases de piso

Se puede observar que las variables más con porcentajes más altos son material resistente, precio, fácil de transportar, dimensiones de las bases ancho, largo y alto.

Por lo tanto, la variable que se someterá a TRIZ será fácil de transportar, ya que es la única variable dentro de las 4 más importantes que es cualitativa. Por otro lado, las variables que se optimizarán en el diseño de experimentos serán, resistencia, costo y dimensiones de las bases.

Al ser un producto de metal, las empresas ofrecen sus productos por espesores y las resistencias y costos varían. Las dimensiones de la base más grande será de 50 x 50 cm y la altura de 100 cm, no fue necesario optimizar esas dimensiones, ya que son requerimientos dados por el cliente mediante la encuesta, por esa razón se tomó la decisión de utilizar como salida el peso, que también es una variable que afecta directamente al comportamiento del producto, por lo tanto, las variables que se optimizaron mediante el diseño de experimento se muestran en la Tabla 26.

Nota: Para este caso solo se optimizará la base de piso más grande y la solución se aplicará para las 2 más pequeñas.

Tabla 26. Variables para optimizar mediante DOE, para bases de piso.

Variable	Salidas con ponderación final		
Espesor de patas			
Espesor de base superior	Factor de seguridad (FOS) 38.5%	Peso 26.9%	Costo 34.6%
Ancho de refuerzos			

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.5 Diseño preliminar bases de piso

El diseño preliminar se realizó con base en las características de las bases tradicionales que se encuentran en el mercado.

Dentro de esta etapa se tiene un diseño preliminar en donde las 3 bases tienen las mismas dimensiones y se le aplican las características planteadas por el cliente, como las dimensiones de ancho, alto y largo, como se muestra en las Figuras 7 y 8.

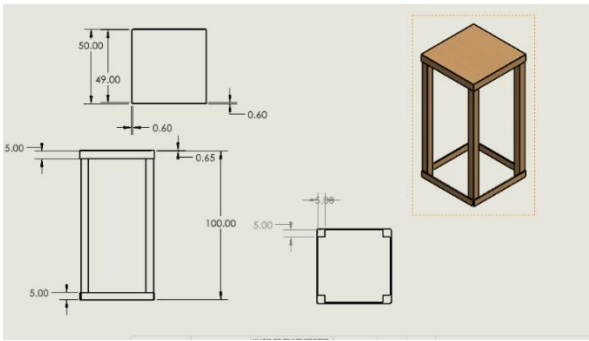


Figura 7. Dibujo preliminar de bases de piso

Fuente: elaboración propia

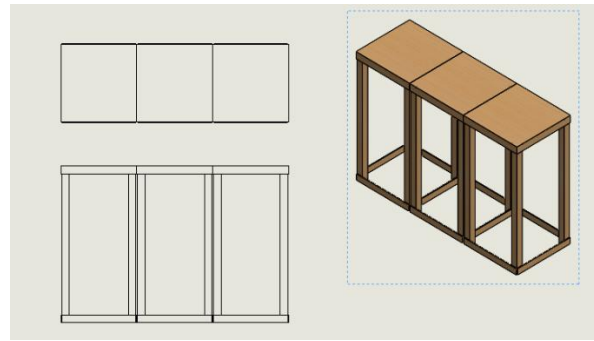


Figura 8. Ensamble preliminar, bases de piso

Fuente: elaboración propia

4.3.1.6 Optimizar etapa 1 para bases de piso

Dentro de esta etapa se encontró que existe un problema que se tiene al momento de transportar las bases, ya que necesitan mucho espacio y al llevarlas de un lugar a otro se dañan. Por lo tanto, se aplicó la metodología Triz.

4.3.1.6.1 Planteamiento de la metodología TRIZ para bases de piso

Objetivo: reducir el volumen

Si se disminuye el volumen de las bases (parámetro 7, parámetro que mejora), entonces será más sencillo transportarlas y moverlas, pero se reduce el área de las bases, por lo tanto, le caben menos cosas (parámetro 5, parámetro que empeora). En la Tabla 27. Se muestra el cruce de la matriz de contradicciones y se marcan las posibles soluciones.

A continuación, se muestran las definiciones de los principios que pueden utilizarse como soluciones de inventiva para este caso según Yang [83].

Principio 1. Segmentación:

- Dividir un objeto en partes independientes.
- Hacer que un objeto sea fácil de desmontar.
- Aumentar el grado de fragmentación (o segmentación) de un objeto.

Principio 7. Anidación:

- Colocar cada objeto, a su vez, dentro de otro objeto más grande.
- Hacer que una parte pase a través de una cavidad en la otra parte.

Tabla 27. matriz de contradicciones para bases de piso.

Parámetro que mejora	Parámetro que	Peso de un objeto móvil	Peso de un objeto estacionario	Longitud de un objeto móvil	Longitud de un objeto estacionario	Área de un objeto estacionario	Área de un objeto móvil	Volumen de un objeto en movimiento
		1	2	3	4	5	6	7
1	Peso de un objeto móvil			15,8,29,34		29,17		29,2,40,28
2	Peso de un objeto estacionario				10,1,29,35		35,30	
3	Longitud de un objeto móvil	8,15,29,34				15,17,4		7,17,4,35
4	Longitud de un objeto estacionario		35,28				17,7,10,40	
5	Área de un objeto estacionario	2,17,29,4		14,15				7,14,17,4
6	Área de un objeto móvil		30,2,14,18		26,7,9,39			
7	Volumen de un objeto	2,26,29,40		1,7,4,17		1,7,4,17		

Fuente: Elaboración propia a partir de [88]

Realizando un análisis de los principios se observó que el principio 1, si es viable, pero genera un costo adicional porque al montar y desmontar las bases, se requieren tornillería aumentando su costo. Por otro lado, el uso que se le da requiere que todos los objetos se monten y desmonten en la menor cantidad de tiempo posible ya que los días de evento los usuarios tienen el tiempo limitado. Finalmente, al montar y desmontar las partes se corre el riesgo de que los usuarios pierdan algunas piezas (de tornillería o de las mismas bases).

El principio 4 y 17 se descartaron, ya que no aplica para el producto, el primero porque las bases necesitan estabilidad y hacerlas asimétricas, se corre el riesgo de perderla y el segundo, puesto que, las formas de las bases son requerimientos dados por el cliente y el uso.

Por último, el principio que más se adaptaba a los requerimientos del cliente es el 7 llamado de anidación, en donde la solución es hacer que las bases entren una dentro de otra, encontrando una resolución sencilla ya que solo se deben aplicar cambios en las dimensiones de la pieza, así reduciendo el espacio y no generando un costo adicional en comparación con el diseño anterior.

4.3.1.7 Diseñar para bases de piso

En esta etapa se genera el diseño de las piezas tomando en cuenta los requerimientos del cliente

y la mejora aplicada por la metodología TRIZ, en donde las 3 bases de piso se pueden montar una por encima de la otra, ahorrando espacio y volumen al momento de trasportarlas.

Los requerimientos del cliente se tomaron a partir de las encuestas y de la voz del cliente, por otro lado, para realizar el diseño con las características de TRIZ, se analizaron las diferentes formas de metales que hay en las cadenas comerciales (tubular, tubo, solera y ángulo), siendo el ángulo la más viable por su forma, el resultado se muestra en las Figuras 9, 10, 11 y 12.

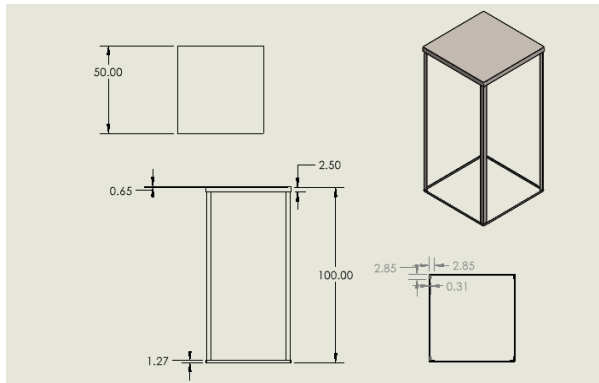


Figura 9. Base grande optimizada con TRIZ

Fuente: Elaboración propia

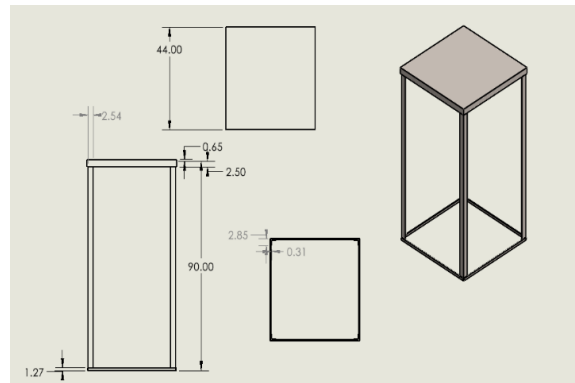


Figura 10. Base mediana optimizada por TRIZ

Fuente: Elaboración propia

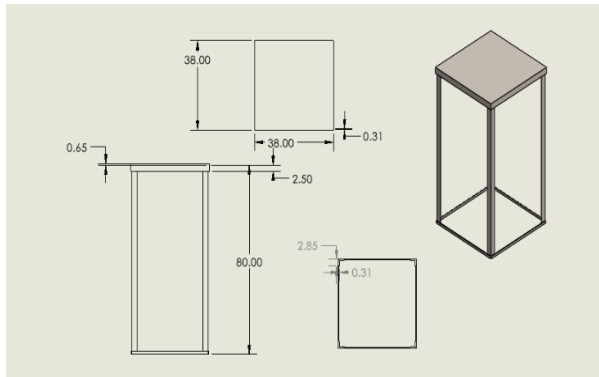


Figura 11. Base chica optimizada con TRIZ

Fuente: Elaboración propia

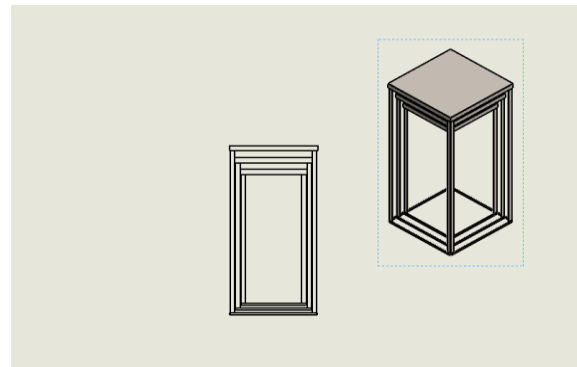


Figura 12. Ensamble optimizado con TRIZ

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.8 Optimizar etapa 2 para bases de piso

En esta etapa se necesita una combinación de las variables independientes como el punto óptimo y, en tal situación, la mejor solución a este problema de optimización debe producir la mejor solución tratando de encontrar los factores de control donde las tres variables de respuesta puedan funcionar bien simultáneamente priorizando aquellas que tienen un peso más importante para el cliente.

4.3.1.8.1 Diseño factorial 3³ para bases de piso

En esta parte de la etapa se generó en minitab un diseño de experimento factorial 3³ sin réplica completamente aleatorio con el fin de obtener los resultados para evaluar el modelo para en un siguiente paso poder optimizarlo, los resultados se pueden observar en la Tabla 28 en donde se realizaron 27 combinaciones factoriales partiendo de los 3 niveles de cada variable de control X (variables de entrada).

Tabla 28. Resultados del diseño factorial 3³ para bases de piso.

Orden aleatorio	Orden de corrida	X ₁ espesor de patas	X ₂ espesor de base superior	X ₃ ancho de refuerzos laterales	Y ₁ peso en kg	Y ₂ F/S	Y ₃ Costo en peso
7	1	1/8	22	1.5	6.64	0.93	267.052
23	2	1/4	20	3.0	11.28	1.60	429.133
5	3	1/8	20	3.0	7.24	0.97	275.133
4	4	1/8	20	1.5	7.03	0.97	272.490
26	5	1/4	22	3.0	10.85	1.10	423.544
14	6	3/16	20	3.0	9.34	1.20	356.430
10	7	3/16	18	1.5	9.90	1.40	391.417
6	8	1/8	20	4.5	7.46	0.97	277.770
9	9	1/8	22	4.5	7.00	0.93	272.036
13	10	3/16	20	1.5	9.12	1.20	353.820
27	11	1/4	22	4.5	11.03	1.10	426.036
1	12	1/8	18	1.5	7.81	1.20	310.083
22	13	1/4	20	1.5	11.06	1.60	426.490
15	14	3/16	20	4.5	9.55	1.20	359.109
12	15	3/16	18	4.5	10.47	1.40	398.792
2	16	1/8	18	3.0	8.09	1.10	313.770
8	17	1/8	22	3.0	6.82	0.93	269.540
25	18	1/4	22	1.5	9.09	0.91	353.370
17	19	3/16	22	3.0	8.91	0.91	350.878
16	20	3/16	22	1.5	8.74	0.91	348.385
20	21	1/4	18	3.0	12.13	1.60	467.770
3	22	1/8	18	4.5	8.38	1.20	317.458
11	23	3/16	18	3.0	10.19	1.40	395.100
19	24	1/4	18	1.5	11.84	1.60	464.083
18	25	3/16	22	4.5	9.09	0.91	353.370
24	26	1/4	20	4.5	11.49	1.60	431.776
21	27	1/4	18	4.5	12.41	1.60	471.458

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.8.2 Selección de variables significativas para bases de piso.

Posterior a generar los diseños y culminar con los valores de la Tabla 29, se procede a realizar

las gráficas del análisis de regresión para verificar las variables significativas y eliminar aquellas que no lo son para hacer más sencillo y limpio el análisis. Las gráficas de Pareto se muestran en las Figuras 13,14 y 15.

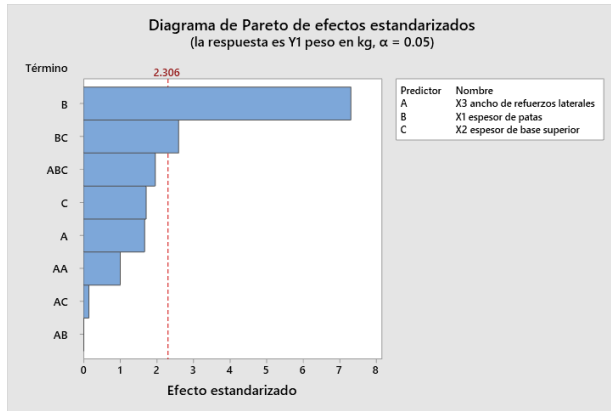


Figura 13. Efectos de variables respecto al peso
Fuente: Elaboración propia utilizando minitab

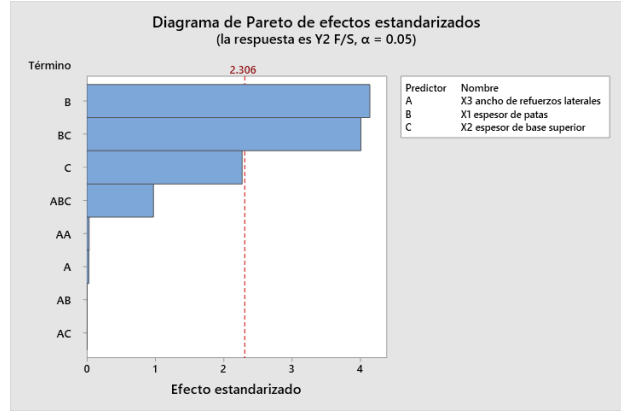


Figura 14. Efectos de variables respecto al F/S
Fuente: Elaboración propia utilizando minitab

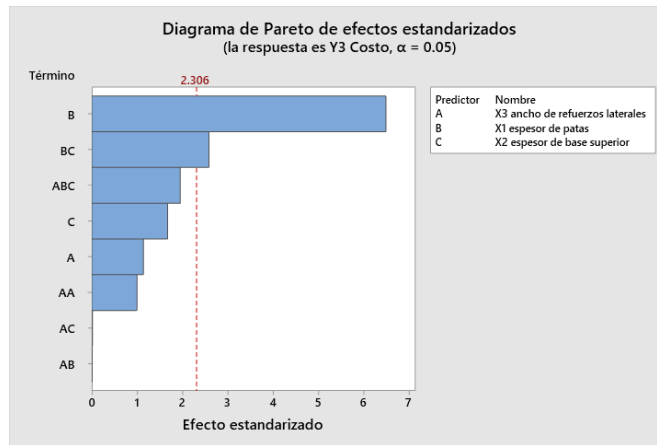


Figura 15. Efectos de variables respecto al costo
Fuente: Elaboración propia utilizando minitab

Se puede observar que en y_1 , y_2 y y_3 el ancho de los refuerzos laterales resultó no ser significativo, por lo tanto, no se incluirá en la optimización final.

4.3.1.8.3 Efectos con variables significativas

En esta etapa se ajustan nuevamente los modelos de regresión solo con las variables significativas y los resultados se muestran en las Figuras 16,17 y 18.

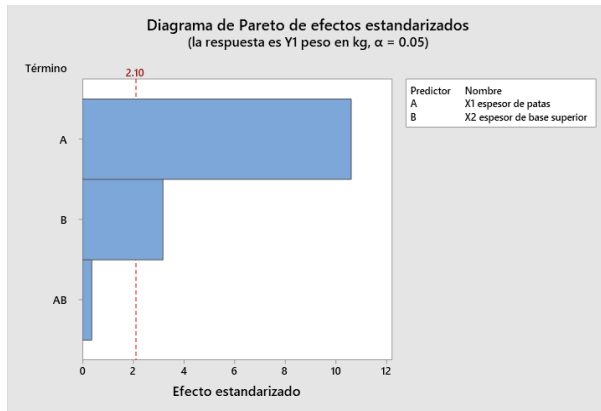


Figura 16. Efectos de variables significativas respecto al peso

Fuente: Elaboración propia utilizando minitab

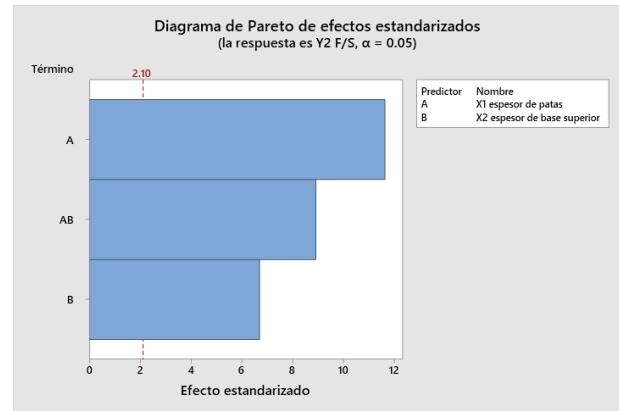


Figura 17. Efectos de variables significativas respecto a F/S

Fuente: Elaboración propia utilizando minitab

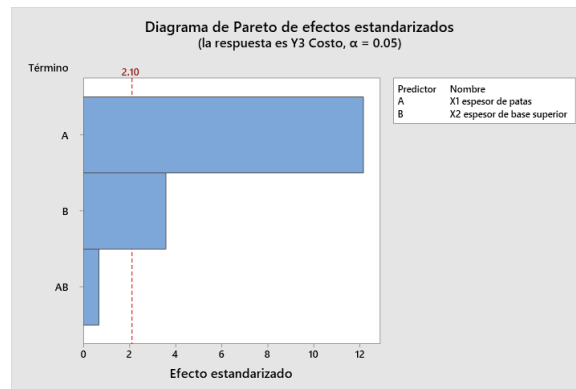


Figura 18. Efectos de variables significativas respecto a costo

Fuente: Elaboración propia a partir de minitab

Para que un modelo de regresión tenga una buena predicción, los valores de R^2 Ajustada deben de ser superiores a 70% [114]. Como se puede observar en la Tabla 29, todas las variables están por arriba de un valor superior al 70%, aunque las R^2 ajustadas tengan un valor menor con la eliminación de variables se considera mejor opción ya menos factores intervienen en el resultado.

Tabla 29. R^2 para variables de salida, para bases de piso.

Variabes de salida	R^2 Ajustada	R^2 Ajustada (con eliminación de variables no significativas)
y_1	98.50 %	94.26 %
y_2	97.74 %	97.57 %
y_3	98.07 %	95.51 %

Fuente:Elaboración propia

4.3.1.8.4 Resultados de optimización con variables de repuesta para bases de piso

Para este proceso se utilizaron los porcentajes obtenidos en el *QFD* en donde la resistencia tiene un 38.5% y se evaluará con el factor de seguridad, por otro lado, el peso cuenta con un 26.9 % que se evaluará con la cantidad de kg y por último el costo con un 34.6%, el cual se evaluará con la cantidad de pesos mexicanos. En el software minitab se incluirán estos valores en importancia recorriendo el punto hacia la izquierda, quedando un número entero y 2 decimales como se muestra en la Tabla 30. El resultado de la optimización se muestra continuación en las Tablas 30 y 31, en donde se plantearon las 5 mejores soluciones.

Tabla 30. Parámetros de optimización para bases de piso.

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo	Superior	Ponderación	Importancia
Y_1 peso en kg	Mínimo		6.640	12.410	1	2.69
Y_2 F/S	Máximo	0.91	1.600		1	3.85
Y_3 Costo	Mínimo		267.052	471.458	1	3.46

Fuente:Elaboración propia

Tabla 31. Solución óptima para bases de piso.

Solución	X_1 espesor de patas	X_2 espesor de base superior	Y_1 peso			
			en kg Ajuste	Y_2 F/S Ajuste	Y_3 Costo Ajuste	Deseabilidad compuesta
1	1/8	18	8.0933	1.16667	313.770	0.577772
2	3/16	20	9.3367	1.20000	356.453	0.495512
3	3/16	18	10.1867	1.40000	395.103	0.482378
4	1/4	20	11.2767	1.60000	429.133	0.374315
5	1/8	20	7.2433	0.97000	275.131	0.373826

Fuente:Elaboración propia

Ahílan [115] menciona que para las deseabilidades compuestas no se cuenta con un nivel mínimo permitido, por lo tanto, solo se puede definir como la mejor deseabilidad a la que tenga el valor más alto para la configuración planteada, en consecuencia se puede decir que para este caso de estudio la mejor configuración es un espesor de patas de 1/8, con un espesor de base superior calibre 18 y sin importar el ancho de los refuerzos laterales.

4.3.1.9 Diseño final para bases de piso

En esta etapa se muestra el diseño final de las bases de piso, tomando en cuenta los resultados del DOE, este caso solo se optimizó la base mayor y los resultados se trasladaron a las otras 2 bases de menor tamaño. Los resultados se pueden ver en las Figuras 19, 20 y 21, por otro lado, el

resultado final con la mejora de TRIZ se observa en la Figura 22.

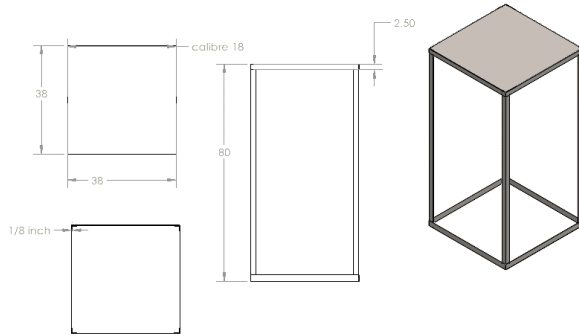


Figura 19. Base pequeña optimizada

Fuente:Elaboración propia

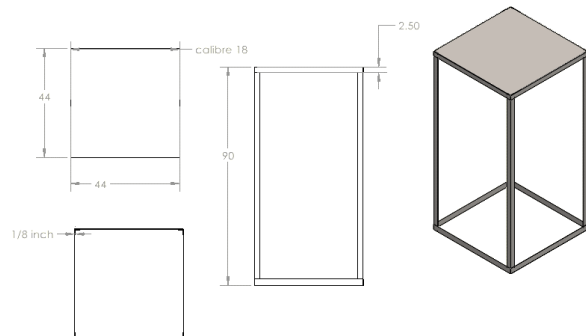


Figura 20. Base mediana optimizada

Fuente:Elaboración propia

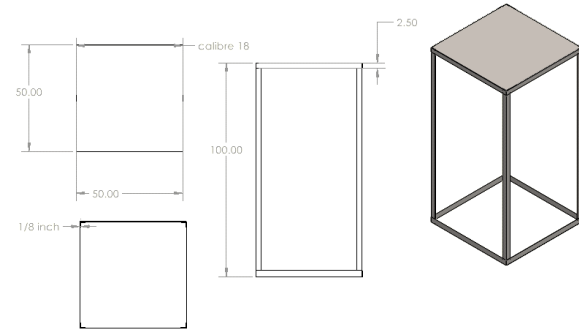


Figura 21. Base grande optimizada

Fuente:Elaboracion propia

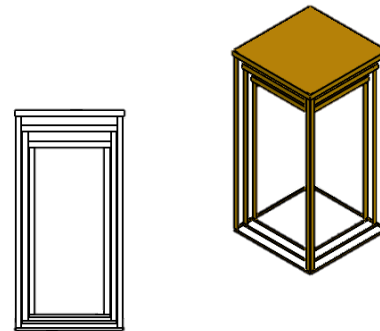


Figura 22. Ensamble final optimizado

Fuente:Elaboracion propia

En la Tabla 32 se muestran los resultados con el diseño final obtenidos del software y los resultados obtenidos del *DOE* para ver la comparación y se puede observar que los resultados son similares.

Tabla 32. Comparación resultados de DOE vs resultados del diseño

	Peso (Kg)	F/s	Costo
Resultados del DOE	8.0933	1.16667	313.77
Resultados del diseño final con los parametros obtenidos mediante el DOE	8.09	1.10	313.77

Fuente: Elaboración propia

4.3.1.10 Verificar bases de piso

En la Tabla 33 se pueden ver todas las características planteadas por el cliente inicialmente, y del lado derecho, se verifica si se cumplió con esos requerimientos.

Tabla 33. Cumplimiento de requerimientos para bases de piso.

Requerimientos del cliente	Se cumple con el requerimiento
Metal	Si, se realizó con metal
Resistente	Si, el metal es más resistente que la madera, tanto a los golpes como al agua y condiciones climatológicas
1,500-2,500	El costo de material es de 313.77, sin problema se puede ofrecer al público en el rango propuesto por el cliente
Fácil de transportar	Es más sencillo de transportar ahorrando volumen
Medidas distintas en las 3 bases	Si, las 3 bases tienen diferencias en las 3 dimensiones
Base grande que mida 50x50 cm	La base grande mide 50 x 50 cm
Dorado	Si, aunque es lo más sencillo de modificar.

Fuente: Elaboración propia

4.3.2 caso 2: Mampara para la industria de la decoración

En este segundo caso se aplicó en una mampara para la industria de decoración que también pertenece a la industria del mueble, la secuencia de los pasos se muestra a continuación.

4.3.2.1 planeación para mampara de decoración

4.3.2.1.1 Benchmarking para mampara de decoración

Inicialmente, dentro del estudio de mercado se realizó un benchmarking comparando a 3 empresas de la localidad que ofrecen mamparas para decoración con características similares, como se muestra en la Tabla 34.

Tabla 34. Benchmarking mampara para decoración

Categoría	Competencia 1 (CA)	Competencia 2 (FS)	Competencia 3 (CV)
Ubicación	Ensenada	Ensenada	Ensenada
Costo (pesos mexicanos)	2,500-2,800	1,800-2,000	1,800-2,100
Peso (Kg)	Desconocido	Desconocido	Desconocido
Calidad	Alta	Baja	Media
Material patas(pulgadas)	Tabla de pino 3/4, barrote 2*4	Birch 1/2, barrote 2*2	Birch 1/2, barrote 2*2
Material de mampara principal(pulgadas)	Birch 1/2	MDF 1/2	Birch 1/2
Dimensiones base principal (cm)	190*90	180*90	190*100

Fuente:Elaboración propia

4.3.2.1.2. Análisis FODA para mampara de decoración

Siguiendo con la etapa de planificación y con el fin de recolectar información de las características más importantes del producto que se pretende mejorar y optimizar, se utilizó un análisis FODA como se muestra en la Tabla 35 para obtener información y plantear el cuestionario que se utilizaría.

Tabla 35. Análisis FODA mampara para decoración.

FACTORES INTERNOS DEL PRODUCTO		FACTORES EXTERNOS DEL PRODUCTO	
DEBILIDADES (-)		AMENAZAS (-)	
1	Poco conocimiento del medio	1	Productos nuevos con características similares
2	Vehículos pequeños para transportar	2	Cantidad considerable de personas que se dedican al mismo rubro
3	Poco espacio en almacén	3	Productos a muy bajo costo
FORTALEZAS (+)		OPORTUNIDADES (+)	
1	Producto enfocado a un mercado específico	1	Innovación en productos
2	Producto que cumple con la mayor cantidad de requerimientos del cliente	2	Utilizar nuevos materiales
		3	Productos más ligeros

Fuente:Elaboración propia

4.3.2.1.3 Definición del mercado meta mampara de decoración

En este paso se plantean las características del mercado al cual se le aplicarán las características de la metodología, la información se puede observar en la Tabla 36.

Tabla 36. Formato de definición de mercado meta para mampara de decoración.

Formato para definir el mercado meta		
Llenar los espacios con la información correspondiente		
Segmentación geográfica	País	México
	Estado	Baja California
	Ciudad o pueblo	Ensenada
	Densidad de población	8.77 Habitantes/Km ²
	Tipo de clima	Subtropical árido
Segmentación demográfica	Género	F
	Edad	25-45
	Tamaño de familia	3-5 Personas
	Ciclo de vida	20 años
	Estado civil	Casadas
	Ocupación	Decoradoras
Segmentación económica	Nivel de educación	Media-Media superior
	Ingresos	15,000-adelante- MENSUALES
Segmentación por estilo de vida en la compra de productos similares	Tipos de lugares donde adquiere el producto	Redes sociales
	Tipos de productos que suele comprar	Productos para fiestas y decoración
	Calidad de los productos que suele comprar	MEDIA

Fuente:Elaboración propia

4.3.2.1.4 Cálculo del tamaño de la muestra para mampara de decoración.

Se aplicó una encuesta a 77 personas de la industria de la decoración, en donde la cantidad de individuos a encuestar se obtuvo del cálculo de tamaño de la muestra (Ecuación 1) [112], cómo se observa a continuación las variables utilizadas se muestran en la Tabla 37.

$$n = \frac{NZ^2 p q}{d^2(N-1)+Z^2 p q} \quad (1)$$

$$n = 73$$

Donde:

Tabla 37. Datos de tamaño de muestra para mampara de decoración.

Variable	Significado	Valor del caso practico
n	Tamaño de la muestra	
N	Tamaño de población	90
Z	Nivel de significancia	1.96
p	Probabilidad de éxito	0.50
q	Probabilidad de fracaso	0.50
d	Error permitido	0.05

Fuente:Elaboración propia

Posteriormente, se generó una encuesta que se aplicó por medios electrónicos, utilizando los formularios de Google.

4.3.2.1.5 Aplicación y resultados de la encuesta para mamparas de decoración.

En la Tabla 38 se muestran los resultados más importantes obtenidos al momento de aplicar la encuesta. Ver anexo 2, para verificar las preguntas, respuestas y gráficas de la encuesta.

Tabla 38. Resultados relevantes de encuesta de mampara para decoración.

Material	Madera
Porque elegir el material	Más Bonito y resistente
Rango de precio por juego de bases	1,901-2,500
Característica más importante para el cliente	Buena calidad(resistente)
Área de oportunidad	Complicado de trasportar y versatilidad
Dimensiones altura (metros)	1.80-1.90
Dimensiones ancho (metros)	1.0-1.10
	Color Blanco, dorado y combinación de colores

Fuente:Elaboracion propia

4.3.2.2 Definir para mampara de decoración

4.3.2.2.1 La voz del cliente para mampara de decoración

Se utilizó la voz del cliente para definir y seleccionar los requerimientos, así como evaluarlos por su nivel de importancia y planteando la meta propuesta por el cliente y a su vez catalogándolas en cualitativas y cuantitativas, como se muestra en la Tabla 39.

Tabla 39. Voz de cliente simplificada de mampara para decoración.

Requerimientos generales	Nivel de importancia	Meta	Tipo de variable
Material	Alto	Mantener	Cualitativa
Resistente	Alto	Mejorar	Cuantitativa
Precio 1,901-2,500	Medio	Mejorar	Cuantitativa
Bonito	Medio	Mejorar	Cualitativa
Fácil transportar	Alto	Mejorar	Cualitativa
Altura 1.80-1.90 (metros)	Medio	Mantener	Cualitativas
Ancho 1.01-1.10 (metros)	Medio	Mantener	Cualitativas
Color (blanco, dorado o combinación)	Bajo	Mantener	Cualitativa
Que no sea pesado	Alto	Reducir	Cuantitativa
Fácil de reparar	Bajo	Mejorar	Cualitativa
Ecológico	Bajo	Mejorar	Cualitativa

Fuente:Elaboración propia

Como se puede observar en Tabla 39, se clasifican los requerimientos con base en su tipo de variable y nivel de importancia con base en las respuestas obtenidas por el cliente.

4.3.2.3 Medir para mampara de decoración

4.3.2.3.1 La casa de la calidad para mampara de decoración

Se sometieron los requerimientos del cliente a la casa de la calidad para convertirlos en requerimientos técnicos y tener valores numéricos para poder evaluarlos en siguientes etapas, como se muestra en Tabla 40.

Tabla 40. La casa de la calidad para mampara de decoración

Valor máximo de relación en	Peso relativo	Peso/importancia	# columna	1	2	3	4	5	6	7	Competidor 1 (CA)	Competidor 2 (ES)	Competidor 3 (CV)
			Dirección de mejora	Min	Objetivo	Objetivo	Max	Objetivo	Objetivo	Max			
			Requerimientos funcionales	Cantidad de material	Tipo de material	Espesor del material	Diseño físico del producto	Cantidad de temas a usar distintos	Tipo de pintura	Cantidad de pintura			
Requerimientos del cliente (Que)													
9	0.10	28	Material (madera)	9	9	9	9	1	3	9	4	2	3
9	0.17	46	Resistencia	9	9	9	3	1	3	3	2	3	
9	0.13	35	No sea pesado	9	9	9	3				3	4	3
9	0.16	45	Fácil de trasportar	9	9	9	9		1		2	2	2
9	0.07	20	Versatilidad		9		9	9			3	3	3
9	0.08	23	Dimensiones de alto y ancho	9			9				5	5	5
9	0.14	40	Buen precio	9	9	9	9	3	9	9	3	5	4
3	0.03	8	Fácil de reparar		3	1	1		3		3	2	3
9	0.04	11	Ecológico	9	9	9	1		9	9	3	3	3
1	0.08	22	Color blanco				1			1	5	5	5
Meta o valor limite			<peso y/o volumen	Mas económico y resistente	Menor espesor con un f/s >1	Diseño con 3 ranuras que mida máximo 1.90 de alto y 1.10 de ancho		>5	Aceite	<1/2 litro por mampara			
Dificultad													
0=fácil de cumplir, 10= Extremadamente Difícil de cumplir			3	3	5	5	5	5	1	3			
Valor máximo de relación en la columna			9	9	9	9	9	9	9	9			
Peso/importancia			5.7302	5.63309	4.9856	4.70863	0.91367	0.9604	1.482				
Peso relativo			23.47	23.07	20.42	19.29	3.74	3.93	6.07				

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.4 Analizar para mampara de decoración

Se puede observar que las variables más con porcentajes más altos son resistencia, fácil de transportar, buen precio y que no sea pesado.

Por lo tanto, las variables que se someterá a TRIZ será fácil de transportar, ya que es la única variable dentro de las 4 más importantes que es cualitativa. Por otro lado, las variables que se optimizarán en el diseño de experimentos serán: resistencia, buen precio y que no sea pesado.

Al ser un producto de madera, las empresas ofrecen sus productos por espesores y las resistencias y costos varían. Las dimensiones de la mampara que se someterán al diseño de experimentos serán de alto de entre 1.80 y 2 metros, de ancho entre 0.91 y 1 metros y los espesores que se manejan comercialmente son 6 mm (1/4 pulgada), 9.5 mm (3/8 pulgada) y 12 mm (1/2 pulgada) que son las variables de entrada, por lo tanto, las variables de salida que se utilizarán mediante el experimento diseñado se muestran en la Tabla 41.

Nota: para este caso, se implementó incluir la variable de ecología con el fin de desarrollar productos que reduzcan el deterioro del medio ambiente.

Tabla 41. Variables por optimizar mediante DOE, para mampara de decoración.

Variable	Salidas			
	Con ponderación final			
X_1 Espesor (pulgadas)	Factor de seguridad(resistencia) (FOS) 35.4%	Peso	Buen precio	Ecológico
X_2 Alto mampara(metros)		27.1%	29.2%	8.3%
X_3 Ancho mampara(metros)				

Fuente:Elaboración propia

4.3.2.5 Diseño preliminar para mampara de decoración

El diseño preliminar se realizó con base en las características obtenidas en el análisis del entorno y los resultados de la encuesta para una mampara para fondo de decoración.

Dentro de esta etapa se tiene un diseño preliminar en donde las dimensiones de la mampara son generales y se le aplican las características planteadas por el cliente, como se muestra en la Figura 23.

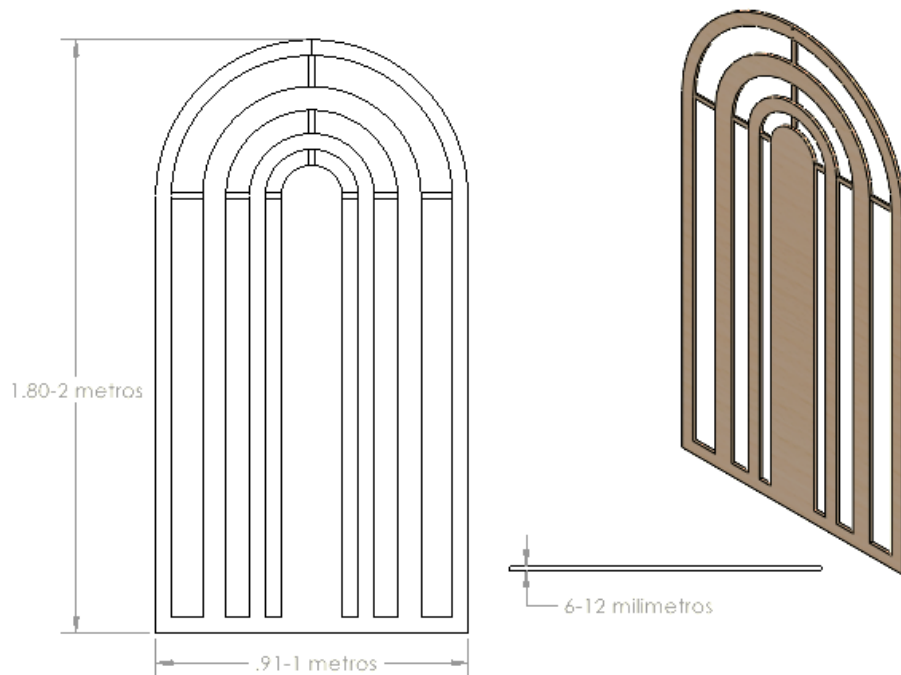


Figura 23. Dibujo preliminar de mampara para fondo de decoración
Fuente:Elaboración propia

4.3.2.6 Optimizar etapa 1 para mampara de decoración

Dentro de esta etapa se encontró que existe un problema que se tiene al momento de trasportar la mampara, ya que necesitan mucho espacio y al llevarlas de un lugar a otro se dañan. Por lo tanto, se aplicó la metodología TRIZ.

4.3.2.6.1 Planteamiento de la metodología TRIZ para mampara de decoración

Objetivo: reducir el volumen

Si se disminuye el volumen de la mampara (parámetro 7) (parámetro que mejora), entonces será más sencillo trasportarlas y moverlas, pero se modifica la forma de la mampara (parámetro 12) (parámetro que empeora).

En la Tabla 42 se muestra el cruce de la matriz de contradicciones y se marcan las posibles soluciones.

Tabla 42. Matriz de contradicciones para mampara de decoración.

Parámetro que mejora	Parámetro que empeora	Área del objeto inmóvil	Volumen del objeto móvil	Volumen del objeto inmóvil	Velocidad	Fuerza	Tensión o presión	Forma
	6	7	8	9	10	11	12	
1 Peso de un objeto móvil			29, 2, 40, 28		2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37	10, 36, 37, 40	10, 14, 35, 40
2 Peso de un objeto estacionario		35, 30, 13, 2		5, 35, 14, 2		8, 10, 19, 35	13, 29, 10, 18	13, 10, 29, 14
3 Longitud de un objeto móvil			7, 17, 4, 35		13, 4, 8	17, 10, 4	1, 8, 35	1, 8, 10, 29
4 Longitud de un objeto estacionario		17, 7, 10, 40		35, 8, 2, 14		28, 10	1, 1 4, 35	13, 14, 15, 7
5 Área de un objeto estacionario			7, 14, 17, 4		29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2	10, 15, 36, 28	5, 34, 29, 4
6 Área de un objeto móvil						1, 18, 35, 36	10, 15, 36, 37	
7 Volumen de un objeto					29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37	6, 35, 36, 37	1, 15, 29, 4

Fuente: Elaboración propia a partir de [88]

A continuación, se muestran las definiciones de los principios que pueden utilizarse como soluciones de inventiva para este caso [116].

Principio 1. Segmentación:

- Dividir un objeto en partes independientes.
- Hacer que un objeto sea fácil de desmontar.
- Aumentar el grado de fragmentación (o segmentación) de un objeto.

Realizando un análisis de los principios se observó que el único principio que se adapta a las necesidades del producto es el 1, ya que al ser un producto grande al dividirlo es más sencilla su trasportación. Lo importante es encontrar una forma de que se pueda segmentar, sin perder su forma original y que a su vez sea fácil de montar y desmontar por el tiempo limitado que se tiene en ocasiones. Los principios 15, 29 y 4 se descartaron ya que no aplica para el producto, puesto que son más complejos y para soluciones de otro tipo.

4.3.2.7 Diseñar para mampara de decoración

En esta etapa se genera el diseño tomando en cuenta los requerimientos del cliente y la mejora aplicada por la metodología TRIZ, en donde la mampara se divida en partes, ahorrando espacio y volumen al momento de trasportarlas.

Los requerimientos del cliente se tomaron a partir de las encuestas y de la voz del cliente, por otro lado, para realizar el diseño con las características de TRIZ, se analizaron las diferentes formas en las que se puede segmentar la mampara, siendo la división en 2 partes y realizándole patas desmontables, el resultado se muestra en la Figura 24.

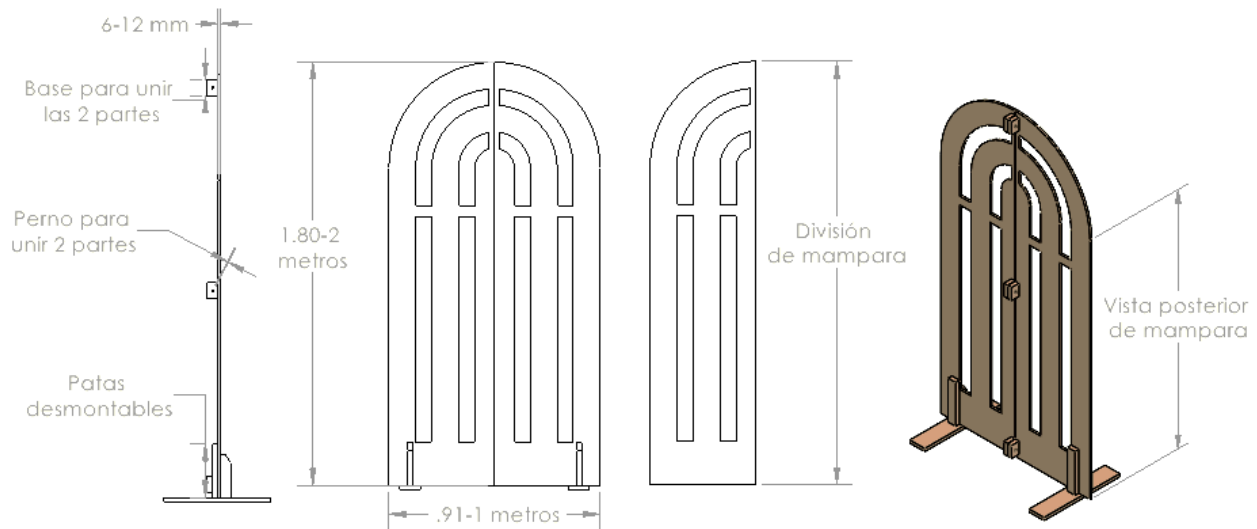


Figura 24. Mampara de decoración optimizada con TRIZ

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.8 Optimizar etapa 2 para mampara de decoración

En esta etapa se necesita una combinación de las variables independientes como el punto óptimo y, en tal situación, la mejor solución a este problema de optimización debe producir la mejor solución tratando de encontrar los factores de control donde las tres variables de respuesta puedan funcionar bien simultáneamente priorizando aquellas que tienen un peso más importante para el cliente.

4.3.2.8.1 Diseño factorial 3³

En esta parte de la etapa se generó en *minitab* un diseño de experimento factorial 3³ sin réplica completamente aleatorizado con el fin de obtener los resultados para evaluar el modelo para en un siguiente paso poder optimizarlo. Los resultados se pueden observar en la Tabla 43 en donde se realizaron 27 corridas con las 3 diferentes configuraciones de cada variable.

Tabla 43. Resultados del diseño factorial 3³ para mampara de decoración.

Orden aleatorio	Orden de corrida	X ₁ Espesor mampara (mm)	X ₂ Alto mampara (metros)	X ₃ Ancho Mampara (metros)	Y ₁ peso en kg	Y ₂ F/S fuerza	Y ₃ Costo	Y ₄ Huella carbono material kg CO	Y ₅ Energía consumida
5	1	6.35	1.90	0.95	8.80	0.68	302.43	9.2038	23.492
21	2	12.7	1.80	1.00	16.45	3.6	521.43	16.8038	40.492
11	3	9.52	1.80	0.95	11.98	1.3	472.82	12.2038	30.492
9	4	6.35	2.0	1.00	9.69	0.79	321.75	10.0038	25.692
3	5	6.35	1.80	1.00	8.86	0.75	301.94	9.2038	23.692
19	6	12.7	1.80	0.91	14.83	2.3	485.62	15.2038	36.492
1	7	6.35	1.80	0.91	8.05	0.84	285.88	8.4038	21.892
4	8	6.35	1.90	0.91	8.41	0.77	294.90	8.8038	22.692
7	9	6.35	2.0	0.91	8.77	0.7	303.92	9.0038	23.492
13	10	9.52	1.90	0.91	11.98	1.3	476.70	12.2038	30.492
18	11	9.52	2.0	1.00	13.90	1.8	532.05	14.2038	34.492
15	12	9.52	1.90	1.00	13.28	1.5	511.62	13.6038	34.492
2	13	6.35	1.80	0.95	8.41	0.81	293.02	8.8038	22.692
24	14	12.7	1.90	1.00	17.28	2.5	543.54	15.8038	38.492
27	15	12.7	2.0	1.00	18.11	3.2	565.64	18.4038	44.492
23	16	12.7	1.90	0.95	16.32	3.2	522.54	16.6038	40.492
6	17	6.35	1.90	1.00	9.28	0.85	311.85	9.6038	24.692
16	18	9.52	2.0	0.91	12.52	1.2	495.28	12.8038	32.492
12	19	9.52	1.80	1.00	12.65	2.1	491.20	13.0038	32.492
14	20	9.52	1.90	0.95	12.56	1.8	492.22	12.8038	32.492
8	21	6.35	2.0	0.95	9.18	0.63	311.85	9.6038	24.492
25	22	12.7	2.0	0.91	16.27	1.8	525.85	16.6038	40.492
10	23	9.52	1.80	0.91	11.43	1.3	458.11	11.8038	30.492
17	24	9.52	2.0	0.95	13.14	1.4	511.62	13.4038	32.492
22	25	12.7	1.90	0.91	15.55	2.1	505.74	15.8038	38.492
20	26	12.7	1.80	0.95	15.55	3.4	501.54	15.8038	38.492
26	27	12.7	2.0	0.95	17.09	2.1	543.54	17.4038	42.492

Fuente: Elaboracion propia

4.3.2.8.2 Selección de variables significativas para mampara de decoración

Para este caso específico la variable de costo no permitía la generación de gráficos para posteriormente eliminar las variables no significativas, por esa razón se decidió utilizar el método de regresión paso a paso, el cual genera el mismo resultado sin necesidad de eliminar las variables manualmente, ya que, este método agrega o elimina un término para cada paso. En donde al correr el programa, el software se detiene cuando todas las variables que no están en el modelo poseen valores p mayores que el valor alfa.

4.3.2.8.3 Efectos con variables significativas para mampara de decoración

En esta etapa se ajustan nuevamente los modelos de regresión solo con las variables significativas y los resultados se muestran en las Figuras 25, 26, 27, 28 y 29.

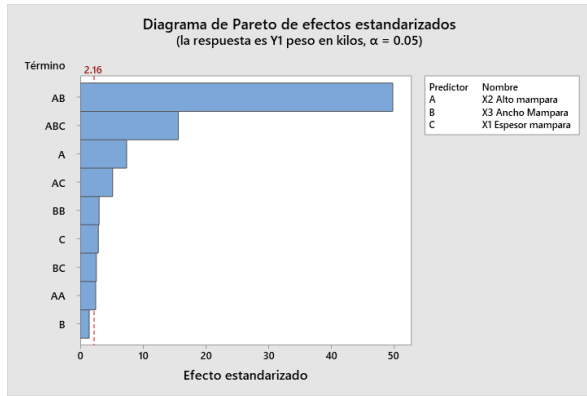


Figura 25. Variables significativas respecto al peso
Fuente: Elaboración propia

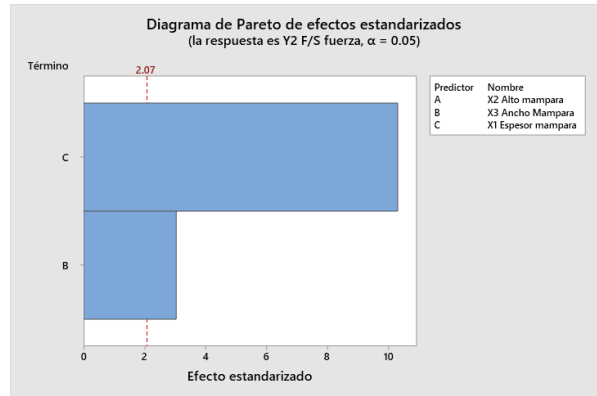


Figura 26. Variables significativas respecto a F/S
Fuente: Elaboración propia

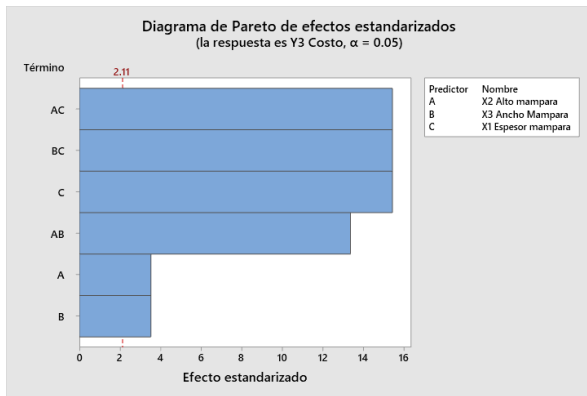


Figura 27. Variables significativas respecto a costo
Fuente: Elaboración propia

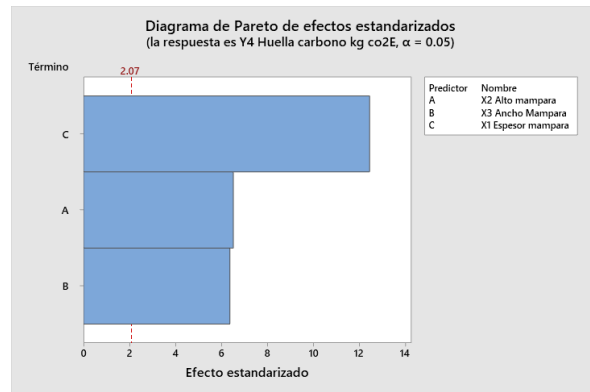


Figura 28. Variables significativas respecto huella de carbono
Fuente: Elaboración propia

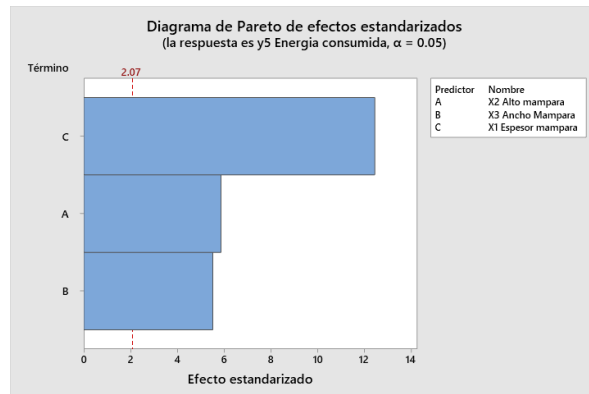


Figura 29. Efectos de variables significativas respecto a cantidad de energía consumida
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 44, todas las variables de R^2 están por encima de un valor superior al 70% [114], por lo tanto, se considera que las 5 variables de salida sí explican el comportamiento del modelo de regresión.

Tabla 44. R^2 para variables de salida para mampara de decoración.

Variabales de salida	R^2 Ajustada (con eliminación de variables no significativas)
y_1	100 %
y_2	83.64 %
y_3	100 %
y_4	98.61 %
y_5	98.22 %

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.8.4 Resultados de optimización con variables de repuesta para mampara de decoración

Para este proceso se utilizaron los porcentajes obtenidos en el *QFD* en donde la resistencia tiene un 35.4% y se evaluó con el factor de seguridad, por otro lado, el peso cuenta con un 27.1 % que se evaluó con la cantidad de kg, como tercera variable de salida está el costo (buen precio) con un 29.2%, el cual se evaluó con la cantidad de pesos mexicanos. Por último, se cuenta con la parte ecológica con un 8.3% la cual se dividirá en 2 que es la cantidad de co_2 equivalente con un 4.15 % y la cantidad de energía consumida con el otro 4.15% restante. En el software *minitab* se incluirán estos valores en importancia recorriendo el punto hacia la izquierda, quedando un número entero y 2 decimales como se muestra en la Tabla 46.

El resultado de la optimización se muestra continuación en las Tablas 45 y 46, en donde se plantearon las 5 mejores soluciones planteando como valor objetivos los mínimos y máximos obtenidos de las 27 corridas.

Tabla 45. Parámetros de optimización para mampara de decoración.

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo	Superior	Ponderación	Importancia
Y_5 Energía consumida	Mínimo		21.892	44.492	1	0.415
Y_4 Huella carbono kg co_2E	Mínimo		8.404	18.404	1	0.415
Y_3 Costo	Mínimo		285.881	565.641	1	2.920
Y_2 F/S fuerza	Máximo	0.63	3.600		1	3.540
Y_1 peso en kilos	Mínimo		8.050	18.110	1	2.710

Fuente: Elaboración propia a partir de minitab

Tabla 46. Solución óptima para mampara de decoración.

Solución	X ₂ Alto mampara	X ₃ Ancho Mampara	X ₁ Espesor mampara	Y ₅ Energía consumida Ajuste	Y ₄ Huella carbono kg co2E Ajuste	Y ₃ Costo Ajuste	Y ₂ F/S fuerza Ajuste	Y ₁ peso en kilos Ajuste
1	1.80000	1	6.35	23.6116	9.1878	301.582	1.02940	8.8604
2	1.82185	1	6.35	23.8956	9.3117	303.825	1.02940	8.9520
3	1.87189	1	6.35	24.5461	9.5952	308.960	1.02940	9.1609
4	1.87519	1	6.35	24.5891	9.6139	309.299	1.02940	9.1747
5	1.80000	1	9.52	32.2338	12.8989	491.336	1.79385	12.6519

Solución	Deseabilidad compuesta
1	0.469286
2	0.466330
3	0.459533
4	0.459082
5	0.392732

Fuente: Elaboración propia a partir de minitab

Ahílan [115] menciona que para las deseabilidades compuestas no se cuenta con un nivel mínimo permitido, como resultado solo se puede definir como la mejor deseabilidad a la que tenga el valor más alto para la configuración planteada, por lo tanto, se puede decir que para este caso de estudio la mejor configuración es un espesor 6.35 mm, una altura de 1.80 metros y un ancho de 1 metro.

4.3.2.9 Diseño final para mampara de decoración

En esta etapa se muestra el diseño final de la mampara para decoración, tomando en cuenta los resultados del DOE. El resultado se puede ver en la Figura 30.

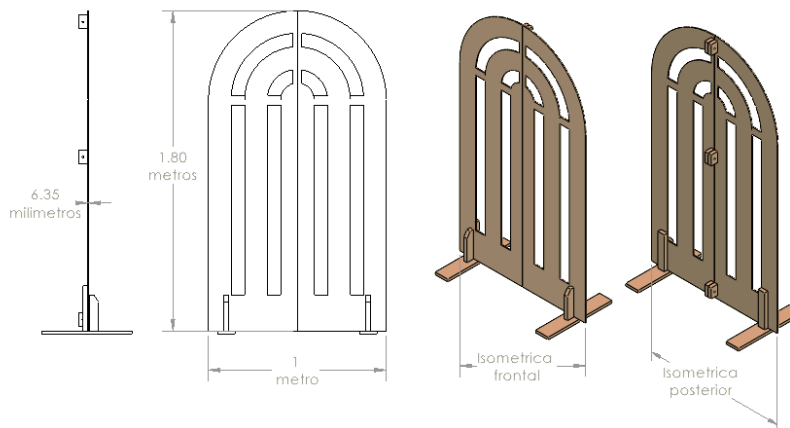


Figura 30. Mamapara para decoración optimizada

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.10 Verificar para mampara de decoración

En la Tabla 47 se muestran los resultados con el diseño final obtenidos del software y los resultados obtenidos del *DOE* para ver la comparación y se puede observar que los resultados son similares.

Tabla 47. Comparativa resultados del DOE vs Resultados del diseño mampara para decoración.

	Peso (Kg)	F/s	Costo	Energía consumida	Huella de carbono
Resultados del DOE	8.86	1.02	301.58	23.61	9.18
Resultados del diseño final con los parametros Obtenidos mediante el DOE	8.86	.76	301.94	23.42	9.20

Fuente: Elaboración propia

4.3.3 caso 3: Bloque de hormigón para la industria de la construcción

En este tercer caso se aplicó en un bloque de hormigón para la industria de la construcción con dimensiones de 20*20*40 cm, la secuencia de los pasos se muestra a continuación.

4.3.3.1 Planeación para bloque de hormigón

En la Tabla 48 se pueden ver todas las características planteadas por el cliente inicialmente, y del lado derecho, se verifica si se cumplió con esos requerimientos.

Tabla 48. Requerimientos del cliente para bloque de hormigón.

Requerimientos del cliente	Se cumple con el requerimiento
Madera	Si, se realizó con madera birch.
Resistente	Si, la madera es resistente para el uso que se le dará.
1,901-2,500	El costo de material es de 301.58, sin problema se puede ofrecer al público en el rango propuesto por el cliente.
Fácil de transportar	Es más sencillo de transportar ahorrando volumen al dividirla en partes.
Altura 1.80-1.90 (metros)	Si, la mampara mide 1.80 metros.
Ancho 1-1.10(metros)	Si, la mampara mide 1 metro de ancho.
Que no sea pesada	Si, pesa 8.86 kg y al dividirla en 2 queda un peso menor a 4.5 kg.
Ecológico	Se buscó cumplir con esta característica sin afectar los principales requerimientos, por lo tanto, es lo más ecológico posible para la configuración planteada.

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.1.1 Benchmarking para bloque de hormigón

Inicialmente, dentro del estudio de mercado se realizó un benchmarking comparando a 3 empresas de la localidad que ofrecen bloques de carga con características similares, como se muestra en la Tabla 49. Para obtener la información se analizaron 5 bloques de cada marca en donde se aleatorizó completamente el proceso y la captura de información mediante el software Excel, para calcular el peso se utilizó una báscula marca *Rhino* y para las dimensiones se utilizó un vernier marca *iGAGING* para medidas milimétricas y una cinta para medidas en centímetros marca *Milwaukee*, la toma de medidas se muestra en la Figura 3, el procedimiento y los resultados de los datos fueron tomados con base a la Norma *ASTM C-90* [117] Y *C-140* [118]. Posteriormente, se generó un promedio de las 5 piezas para obtener los valores presentados en la Tabla 50.

Tabla 49. Benchmarking bloque de hormigón.

Categoría	Competencia 1	Competencia 2	Competencia 3
Nombre	MR	ZA	LO
Ubicación	Ensenada	Ensenada	Ensenada
Costo (pesos mexicanos)	25.5	26.85	22.5
Peso (Kg)	16.44	15.96	16.25
Calidad	RBH 60	RBH 60	RBH 60
Material l	hormigón	hormigón	hormigón
Dimensiones (cm)	20x20x40	20x20x40	20x20x40
Dimensiones reales (cm)	19.84x19.42x39.62	19.68x19.38x38.96	19.96x19.42x39.62
Espesor pared lateral superior (mm)	28.78	29.02	28.51
Espesor del centro superior (mm)	26.85	27.32	27.25
Espesor pared frontal superior (mm)	30.82	28.62	28.53
Espesor pared lateral inferior(mm)	32.11	32.19	32.01
Espesor del centro inferior(mm)	47.98	45.96	47.74
Espesor frontal Inferior(mm)	30.47	31.91	31.33

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.1.2. Análisis FODA para bloque de hormigón

Siguiendo con la etapa de planificación y con el fin de recolectar información de las características más importantes del producto que se pretende mejorar y optimizar, se utilizó un análisis FODA como se muestra en la Tabla 50 para obtener información y plantear el cuestionario que se utilizaría.

Tabla 50. Análisis FODA bloque de hormigón.

FACTORES INTERNOS DEL PRODUCTO		FACTORES EXTERNOS DEL PRODUCTO	
DEBILIDADES (-)		AMENAZAS (-)	
1	Poco conocimiento del producto	1	Productos nuevos con características similares
2		2	Constante cambio de tendencias
FORTALEZAS (+)		OPORTUNIDADES (+)	
1	Producto ecológico	1	Pioneros en implementar las nuevas tendencias en la zona
2	Producto fácil de trabajar	2	utilizar nuevos materiales

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.1.3 Definición del mercado meta para bloque de hormigón

En este paso se plantean las características del mercado al cual se le aplicaron las características de la metodología, la información se puede observar en la Tabla 51.

Tabla 51. Formato de definición de mercado meta para bloque de hormigón.

Formato para definir el mercado meta		
Llenar los espacios con la información correspondiente		
Segmentación geográfica	País	México
	Estado	Baja California
	Ciudad o pueblo	Ensenada
	Densidad de población	8.77 Habitantes/Km ²
	Tipo de clima	Subtropical árido
Segmentación demográfica	Género	M
	Edad	35-55
	Tamaño de familia	3-5 Personas
	Ciclo de vida	30 años
	Estado civil	Casados
	Ocupación	Construcción, ingeniero civil, arquitecto
Segmentación económica	Ingresos	20,000-adelante- MENSUALES
Segmentación por estilo de vida en la compra de productos similares	Tipos de lugares donde adquiere el producto	Boqueras, tiendas de materiales para construcción
	Tipos de productos que suele comprar	Productos para construcción
	Calidad de los productos que suele comprar	Media-alta

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.1.4 Cálculo del tamaño de la muestra para bloque de hormigón.

Se aplicó una encuesta a 66 especialistas en el tema de la construcción, en donde la cantidad de individuos a encuestar se obtuvo del cálculo de tamaño de la muestra [112], cómo se observa a continuación las variables utilizadas se muestran en la Tabla 52.

$$n = \frac{NZ^2 p q}{d^2(N-1)+Z^2 p q} = 66 \text{ muestras} \quad (1)$$

Donde:

Tabla 52. Datos de tamaño de muestra para bloque de hormigón.

Variable	Significado	Valor del acaso practico
<i>n</i>	Tamaño de la muestra	
<i>N</i>	Tamaño de población	2077
<i>Z</i>	Nivel de significancia	1.65
<i>p</i>	Probabilidad de éxito	0.50
<i>q</i>	Probabilidad de fracaso	0.50
<i>d</i>	error permitido	0.10

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se generó una encuesta que se aplicó por medios electrónicos, utilizando los formularios de Google.

4.3.3.1.5 Aplicación y resultados de la encuesta para bloque de hormigón.

En la Tabla 53 se muestran los resultados más importantes obtenidos al momento de aplicar la encuesta. Ver anexo 3, para verificar las preguntas, respuestas y graficas de la encuesta.

Tabla 53. Resultados relevantes de encuesta para bloque de hormigón.

Material	Hormigón
Porque elegir el material	Resistente
Rango de precio por bloque	No más del precio actual o un máximo de 1 peso
Características más importantes para el cliente	Resistente, No sea pesado, fácil de ensamblar y ecológico
Área de oportunidad	Fácil de ensamblar
Productos ecológicos	Siempre y cuando no disminuya la calidad

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.2 Definir para bloque de hormigón

4.3.3.2.1 La voz del cliente para bloque de hormigón

Se utilizó la voz del cliente para definir y seleccionar los requerimientos, así como evaluarlos por su nivel de importancia y planteando la meta propuesta por el cliente y a su vez catalogándolas en cualitativas y cuantitativas, como se muestra en la Tabla 54.

Tabla 54. Voz de cliente simplificada para bloque de hormigón.

Requerimientos generales	Nivel de importancia	Meta	Tipo de variable
Resistencia	Alto	Mejorar-Mantener	Cuantitativas
Peso	Alto	Disminuir	
Ecológico	Medio	Mejorar	
Precio	Medio	Disminuir	
Composición de mezcla	Bajo	Mantener-Mejorar	
Aislante	Bajo	Mejorar	
Dimensiones	Bajo	Mantener	
Forma de uso	Alto	Mejorar	Cualitativas

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 54 se clasifican los requerimientos con base en su tipo de variable y nivel de importancia con base en las respuestas obtenidas por el cliente.

4.3.3.3 Medir para bloque de hormigón

4.3.3.3.1 La casa de la calidad para bloques de hormigón

Se sometieron los requerimientos del cliente a la casa de la calidad para convertirlos en requerimientos técnicos y tener valores numéricos para poder evaluarlos en siguientes etapas, como se muestra en Tabla 55.

Tabla 55. La casa de la calidad bloque de hormigón.

Valor máximo de	Peso relativo	Peso/importancia	# columna	1	2	3	4	5	6	Competidor 1 (CA)	Competidor 2 (ES)	Competidor 3 (CV)
			Dirección de mejora	Min	Objetivo	Objetivo	Max	Objetivo	Objetivo			
			Requerimientos funcionales	Cantidad de material	Tipo de material	Diseño físico del producto	Forma del producto (alto, largo, ancho y espesores)	Factor de seguridad	Poka-yoke			
			Requerimientos del cliente (Que)									
9	0.23	23	Peso	9	9	9	9	1		2	4	3
9	0.14	14	Precio	9	9	3	3		1	2	3	5
9	0.21	21	Forma de ensamblaje			9	3	3	9	3	3	3
9	0.01	1	Aislante	1	9	3	1			3	3	3
9	0.01	1	Composición de la mezcla	9	9	1	1	9		4	4	4
9	0.24	24	Resistencia	9	9	9	9	9	1	5	4	3
9	0.15	15	Ecológico	9	9	9	9			3	3	3
3	0.01	1	Cuidar dimensiones	1		9	9		1	4	4	4
			Meta o valor limite	<peso y/o volumen	Hormigón peso normal 2200 Kg/m ³	Rectangular y al menos tenga 1 perforación central	≥2.5 mm internos, 3.2 mm externos y dimensiones alto, ancho y largo 20*20*40 cm	≥ 1 con un valor de 1700 psi	única forma de ensambla			
			Dificultad									
			0=fácil de cumplir, 10= Extremadamente Difícil de cumplir	5	1	5	4	7	5			
			Valor máximo de relación en la columna	9	9	9	9	9	9			
			Peso/importancia	5.6	5.67	6.67	5.39	4.95	2.28			
			Peso relativo	18.32	18.55	21.83	17.64	16.20	7.46			

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.4 Analizar para bloque de hormigón

Se puede observar que las variables con porcentajes más altos son resistencia, fácil de transportar, Peso, forma de ensamblaje y ecológico.

Por lo tanto, las variables que se someterá a TRIZ será forma de ensamblaje, ya que es la única variable dentro de las 4 más importantes que es cualitativa. Por otro lado, las variables que se optimizarán en el diseño de experimentos serán, resistencia, peso y ecológico.

Las variables de salida que se utilizaran mediante el diseño de experimento se muestran en la Tabla 56.

Tabla 56. Variables para optimizar mediante DOE, bloque de hormigón.

Variable	Salidas	Ponderación inicial	Ponderación final
Forma de Ensamblaje	No aplica para variables cualitativas	21%	N/A
Resistencia	Factor de seguridad (FS)	24 %	39%
	Desplazamiento(mm)		
Peso	Kilogramos (kg)	23%	37%
Ecológico	Energía consumida (MJ)	15%	24%
	Emisiones de CO2 (CO2 Equivalente)		

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.5 Diseño preliminar para bloque de hormigón

Se realizó un diseño inicial con el fin de ver la representación gráfica de las características del producto a evaluar, en este punto se inicia realizando un diseño con las características obtenidas del estudio y se verificó que cumpliera con la norma NMX-C-010 [119] como se muestra en la Figura 31.

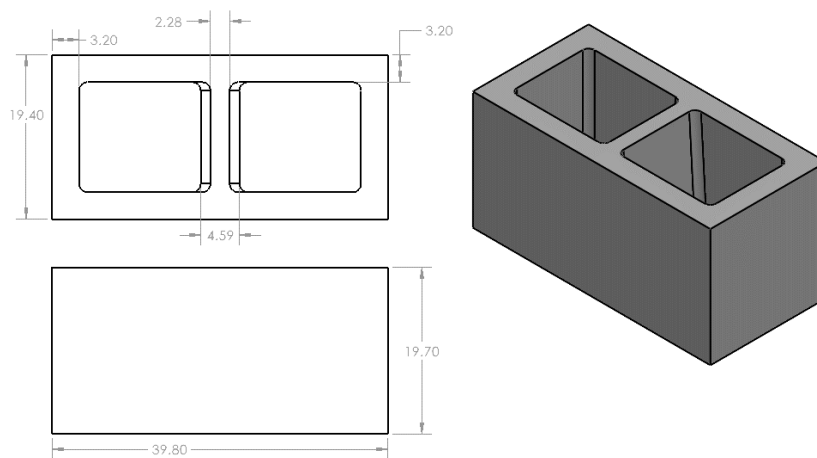


Figura 31. Diseño preliminar bloque de hormigón.

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.6 Optimizar etapa 1 para bloque de hormigón

Dentro de esta etapa se encontró que existe un problema que se tiene al momento de ensamblar los bloques, ya que se necesita cierto nivel de destreza y experiencia para realizarlo de la manera correcta. Por lo tanto, se aplicó la metodología TRIZ.

4.3.3.6.1 Planteamiento de la metodología TRIZ

Objetivo: Mejorar su forma de uso(ensamblaje)

Si se mejora la forma física (parámetro 35) adaptabilidad, entonces será más sencillo ensamblar, pero se modifica la forma de uso (parámetro 33)

En la Tabla 57. Se muestra el cruce de la matriz de contradicciones y se marcan las posibles soluciones.

Tabla 57. Matriz de contradicciones para bloque de hormigón.

Parámetro que mejora		Parámetro que empeora	Conveniencia de uso	Facilidad o dificultad para reparar	Adaptabilidad	Complejidad de un aparato	Complejidad de control	Nivel de automatización	Capacidad y/o productividad
		33	34	35	36	37	38	39	
29	Precisión en la manufactura		1, 23, 32, 35	10, 25		2, 18, 26		18, 23, 26, 28	10, 18, 32, 39
30	Factores dañinos actuando desde el exterior, sobre el objeto		2, 25, 28, 39	2, 10, 35	11, 22, 31, 35	19, 22, 29, 40	19, 22, 29, 40	3, 33, 34	13, 22, 24, 35
31	Factores dañinos generados por el objeto					1, 19, 31	1, 2, 21, 27	2	18, 22, 35, 39
32	Facilidad de fabricación		2, 5, 13, 16	1, 9, 11, 25, 35	2, 13, 15	1, 26, 27	1, 6, 11, 28	1, 8, 28	1, 10, 28, 35
33	Conveniencia de uso			1, 12, 26, 36	1, 15, 16, 34	12, 17, 26, 32		1, 3, 12, 34	1, 15, 28
34	Fácil de reparar		1, 12, 15, 26		1, 4, 7, 16, 34	1, 11, 13, 25, 35		7, 13, 34, 35	1, 10, 32
35	Adaptabilidad		1, 7, 15, 16, 34	1, 4, 7, 16		15, 28, 29, 37	1	27, 34, 35	6, 28, 35, 37

Fuente: Elaboración propia a partir de [120]

En este proceso se puede observar en la Tabla 57 las posibles soluciones para la contradicción técnica, en donde el que más se adecua a las características del producto es el principio 7, llamado anidación, en donde se pretende encontrar una forma donde los bloques se puedan ensamblar tanto verticalmente como horizontalmente sin necesidad de especialización u/o experiencia.

Realizando un análisis de los principios se observó que el único principio que se adapta a las necesidades del producto es el 7, ya que ayuda solucionar el problema de facilitar el ensamblaje.

Los principios 1, 15,16 y 34 se descartaron puesto que no aplica para el producto, por el hecho de que son para soluciones enfocadas a procesos más técnicos.

4.3.3.7 Diseñar para bloque de hormigón

En este paso se genera un diseño inicial con las dimensiones y características del bloque preliminar y se le aplican las propuestas de mejora de *TRIZ*.

Los requerimientos del cliente se tomaron a partir de las encuestas y de la voz del cliente, por otro lado, para realizar el diseño con las características de *TRIZ*, se analizaron las diferentes formas en las que se puede ensamblar un bloque, planteando el ensamblaje tanto horizontal como verticalmente como se muestra en la Figura 32.

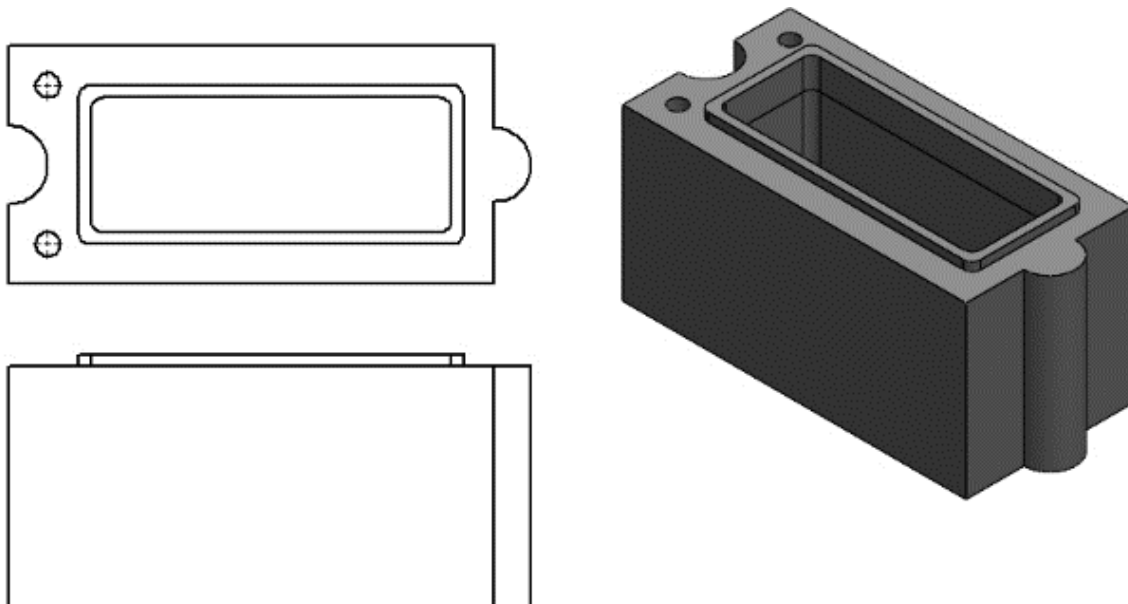


Figura 32. Bloque de hormigón optimizado con *TRIZ*

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.8 Optimizar etapa 2 para bloque de hormigón

En esta etapa se necesita una combinación de variables independientes como el punto óptimo y, en tal situación, la solución a este problema de optimización debe producir la mejor solución tratando de encontrar los factores de control donde las tres variables de respuesta puedan funcionar bien simultáneamente priorizando aquellas que tienen un peso más importante para el cliente.

4.3.3.8.1 Diseño factorial 3³ para bloque de hormigón

En esta parte de la etapa se generó en *minitab* un diseño de experimento factorial 3³ sin réplica completamente aleatorio con el fin de obtener los resultados para evaluar el modelo para en un siguiente paso poder optimizarlo, los resultados se pueden observar en la Tabla 58 en donde se realizaron 27 corridas con los 3 diferentes niveles de cada variable de entrada.

Tabla 58. Resultados del diseño factorial 3³ para bloque de hormigón.

Orden	X ₁	X ₂	X ₃	y ₁	y ₂	y ₃	y ₄	y ₅
19	3	1.0	1	16.32	1255.96	0.5484	19.84	128.80
6	1	1.5	3	16.65	999.85	0.3633	19.94	131.01
4	1	1.5	1	16.09	361.42	0.6920	18.74	126.69
1	1	1.0	1	15.94	758.71	0.3973	18.64	124.59
11	2	1.0	2	16.32	1529.49	0.3265	19.84	128.80
10	2	1.0	1	16.13	1038.53	0.4676	19.10	126.69
5	1	1.5	2	16.37	734.06	0.4369	19.94	128.90
22	3	1.5	1	16.65	661.64	0.8506	19.94	131.01
26	3	2.0	2	17.32	784.38	0.6606	20.34	136.34
14	2	1.5	2	16.65	907.46	0.4828	19.94	131.01
7	1	2.0	1	16.23	243.95	1.1000	18.74	127.80
17	2	2.0	2	16.96	666.23	0.6380	20.14	133.22
20	3	1.0	2	16.51	1604.46	0.3651	19.94	129.91
27	3	2.0	3	17.69	1015.92	0.5204	20.44	138.55
13	2	1.5	1	16.37	526.15	0.7711	19.94	128.90
9	1	2.0	3	16.96	733.55	0.4747	20.14	133.22
24	3	1.5	3	17.21	1344.36	0.4280	20.24	134.33
15	2	1.5	3	16.93	1119.28	0.3941	20.14	133.12
21	1	1.0	3	16.32	1583.38	0.2516	19.84	128.80
3	3	1.0	3	16.70	1703.40	0.3144	20.04	131.01
2	1	1.0	2	16.13	1264.29	0.2876	18.74	126.69
25	3	2.0	1	16.96	420.58	1.0610	20.14	133.22
23	3	1.5	2	16.93	1084.09	0.5252	20.14	133.12
16	2	2.0	1	16.60	312.29	1.0850	19.94	130.01
18	2	2.0	3	17.32	861.56	0.5017	20.34	136.34
12	2	1.0	3	16.51	1808.80	0.2811	19.94	129.91
8	1	2.0	2	16.60	526.83	0.6063	20.31	130.01

Fuente: Elaboración propia

La columna 1 muestra la etiqueta correspondiente al orden aleatorio real en el que se realizó el diseño durante la experimentación. De manera similar, la columna 2 muestra los niveles del factor asociado al espesor de la saliente principal (X_1), mientras que la columna 3 muestra los niveles del factor asociado con el alto de la saliente principal (X_2), y la columna 4 muestra los niveles del factor asociado a la profundidad de la saliente (X_3). Asimismo, las columnas 5, 6, 7, 8 y 9 muestran los resultados obtenidos en las variables de respuesta analizadas en cada combinación de tratamientos, que, como se indicó anteriormente, corresponden a y_1 : peso, y_2 : factor de seguridad, y_3 : desplazamiento, y_4 : huella de carbono, y_5 : energía consumida.

4.3.3.8.2 Selección de variables significativas para bloque de hormigón

Se procedió a realizar las gráficas del análisis de regresión para verificar las variables significativas y eliminar aquellas que no lo son para hacer más sencillo y limpio el análisis. Las gráficas de Pareto se muestran en las Figuras 33, 34, 35, 36 y 37.

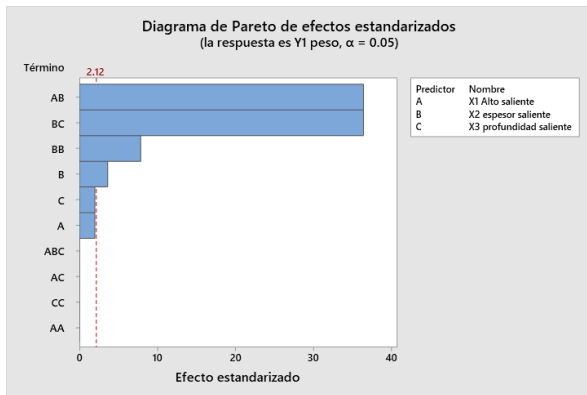


Figura 33. Efectos de variables respecto al peso

Fuente: Elaboración propia

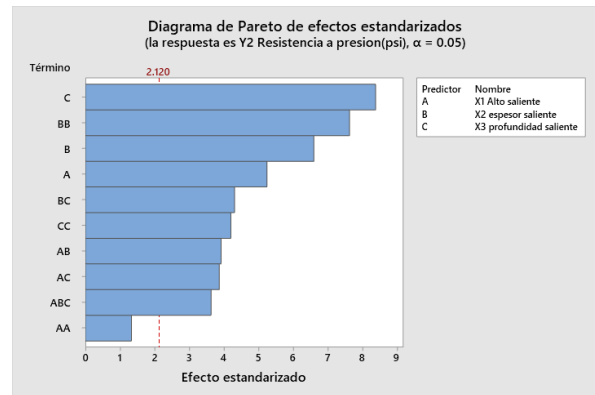


Figura 34. Efectos de variables respecto a la resistencia

Fuente: Elaboración propia

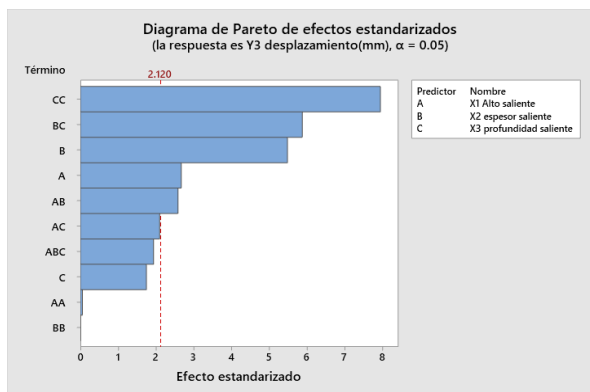


Figura 35. Efectos de variables respecto al desplazamiento

Fuente: Elaboración propia

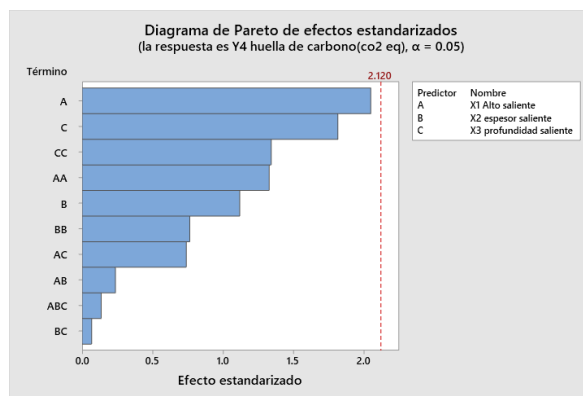


Figura 36. Efectos de variables respecto a la huella de carbono

Fuente: Elaboración propia

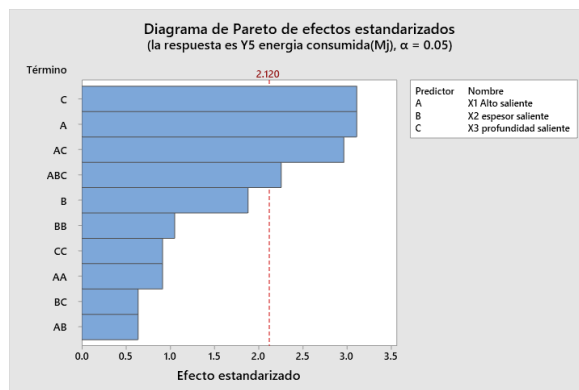


Figura 37. Efectos de variables respecto a la energía consumida

Fuente: Elaboración propia

Para Y_1 , Se descartaron ABC, AC, CC y AA porque resultaron ser no significativas, respecto a Y_2 la única variable no significativa fue AA siendo la única que se descartó, para Y_3 se descartaron AC, ABC, AA Y BB. C no se descartó porque su interacción cuadrática, así como las interacciones B si son significativas, en Y_4 ninguna variable salió significativa, pero se decidió proseguir con las 5 más importantes para ver su comportamiento, por lo tanto ,se descartaron BC, ABC, AB, AC, BB. Por último, en Y_5 se descartaron BB, CC, AA, BC y AB, B no es significativa, pero al pertenecer a la interacción de ABC, se dejó en el sistema.

4.3.3.8.3 Efectos con variables significativas para bloque de hormigón

En esta etapa se ajustan nuevamente los modelos de regresión solo con las variables

significativas y los resultados se muestran en las Figuras 38, 39, 40, 41 y 42.

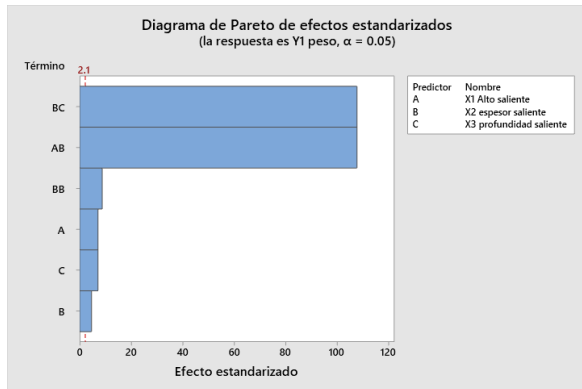


Figura 38. Efectos de variables significativas respecto al peso

Fuente: Elaboración propia

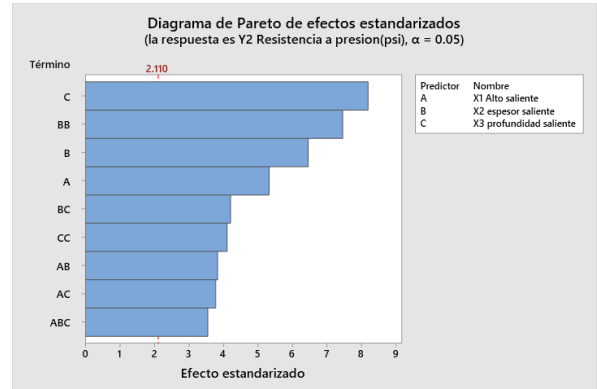


Figura 39. Efectos de variables significativas respecto a Rp

Fuente: Elaboración propia

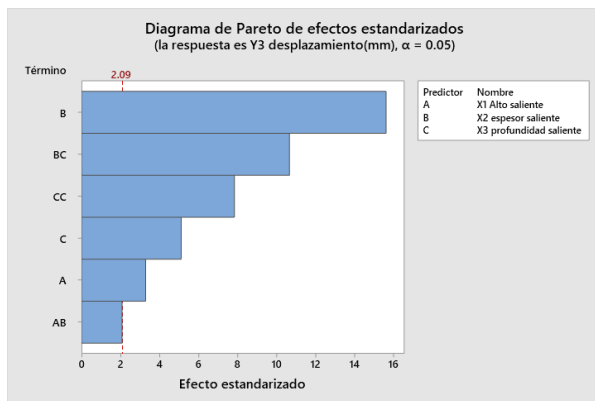


Figura 40. Efectos significativos respecto al desplazamiento

Fuente: Elaboración propia

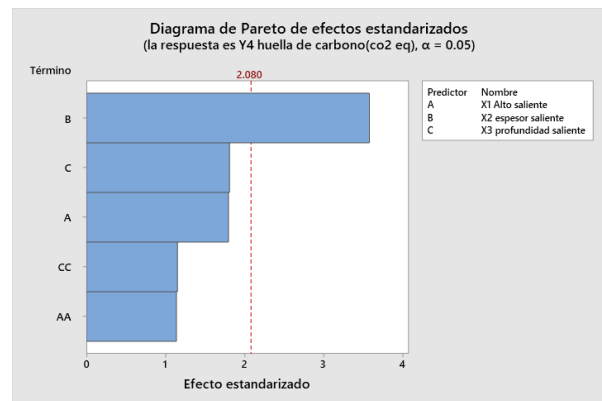


Figura 41. Efectos de variables significativas

respecto huella de carbono

Fuente: Elaboración propia

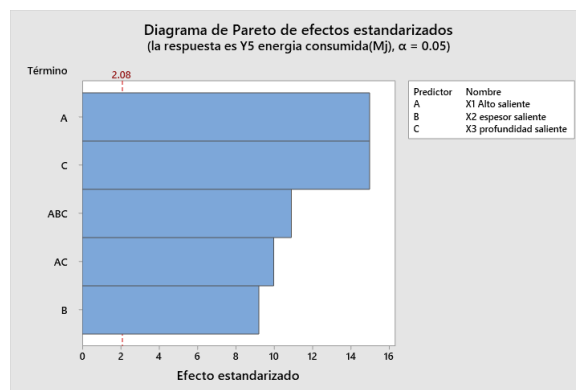


Figura 42. Efectos de variables significativas respecto a cantidad de energía consumida

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 59, todas las variables están por encima de un valor superior al 70% con excepción de Y_4 , la cual no cumple con el requerimiento mínimo que se recomienda para que la R^2 Ajustada explique la variabilidad del modelo de regresión [121]. Por lo anterior se tomó la decisión de no considerar Y_4 como parte del proceso de optimización, ya que resulto que ninguna variable es significativa.

Tabla 59. R^2 para variables de salida para bloque de hormigón.

Variables de salida	R^2 Ajustada	R^2 Ajustada
		(con eliminación de variables no significativas)
Y_1	99.99%	100 %
Y_2	98.87%	98.82 %
Y_3	98.30%	98.26%
Y_4	76.08%	67.56 %
Y_5	99.18	99.25 %

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.8.4 Aproximación del desempeño individual para bloque de hormigón

Para este caso, y al ser un diseño de experimentos factorial 3^3 en donde las 3 variables son continuas, se puede realizar una aproximación del desempeño individual para cada variable de salida según sus metas correspondientes; en la primera variable de respuesta representada en la figura 43, la solución óptima para minimizar X_1 peso = X_2 (1) y X_3 (1). De la misma manera, en las Figuras 44 y 45 todas las variables de entrada se mantienen en 1. En la segunda salida Y_2 , en donde se busca maximizar la resistencia, la Figura 46 muestra que el valor de $X_1=3$ y $X_2=1$, mientras que en las Figuras 47 y 48 $X_3=3$ y X_1 y X_2 se mantienen. En relación con la tercera variable de respuesta, desplazamiento, en la Figura 49, el objetivo era minimizar; por lo tanto, el mejor resultado fue en $X_1=1$ y $X_2=1$ mientras que en la Figura 50 X_2 se mantiene en 1 y X_3 es igual a 3, mientras que en la figura 51 tanto X_2 como X_3 se mantienen. Para la cuarta variable el objetivo es minimizar, en consecuencia, los valores de X_1 , X_2 y X_3 son igual a 1 como se muestra en las Figuras 52, 53 y 54. Por último, para Y_5 energía consumida que también su objetivo es minimizar en las Figuras 55, 56 y 57 se muestra que tanto X_1 como X_2 y X_3 son igual a 1. Cada respuesta individual generó en algunos casos una respuesta diferente y en otros una respuesta similar. Con la información anterior se necesita una combinación de las variables independientes como el punto óptimo y, en tal situación, la mejor solución a este problema de optimización debe producir la mejor solución tratando de encontrar los factores de control donde las cinco variables

de respuesta funcionar bien simultáneamente priorizando aquellas que tienen un peso más importante para el cliente.

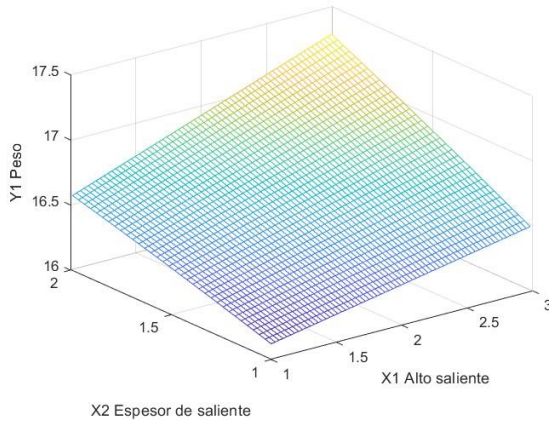


Figura 43. Gráfica de superficie $Y_1 - X_1 - X_2$
Fuente: Elaboración propia

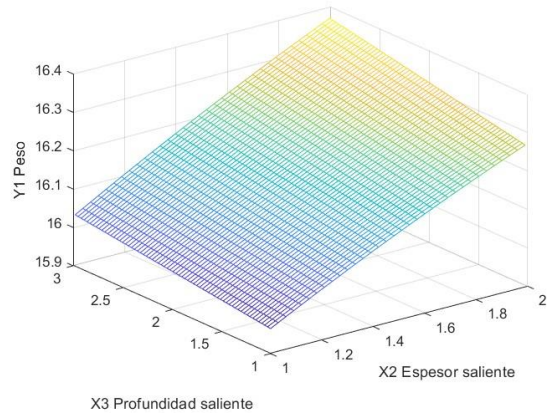


Figura 44. Gráfica de superficie $Y_1 - X_1 - X_3$
Fuente: Elaboración propia

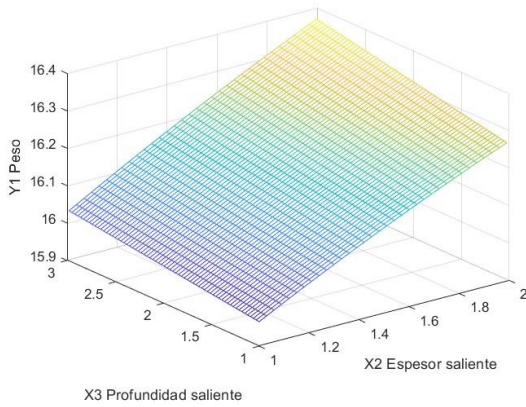


Figura 45. Gráfica de superficie $Y_1 - X_2 - X_3$
Fuente: Elaboración propia

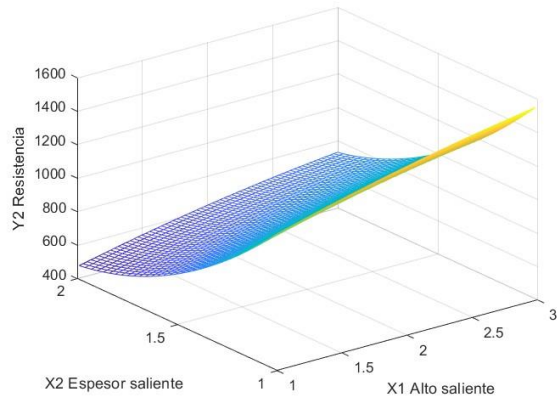


Figura 46. Gráfica de superficie $Y_2 - X_1 - X_2$
Fuente: Elaboración propia

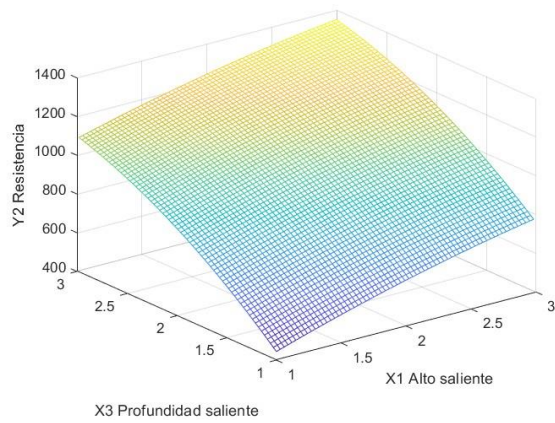


Figura 47. Gráfica de superficie $Y_2 X_1 - X_3$
Fuente: Elaboración propia

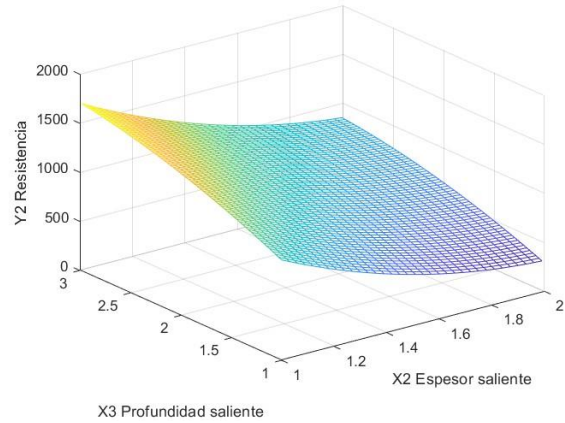


Figura 48. Gráfica de superficie $Y_2 X_2 - X_3$
Fuente: Elaboración propia

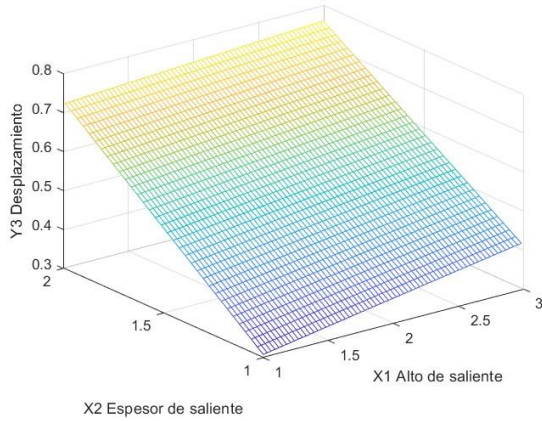


Figura 49. Gráfica de superficie $Y_3 X_1 - X_2$
Fuente: Elaboración propia

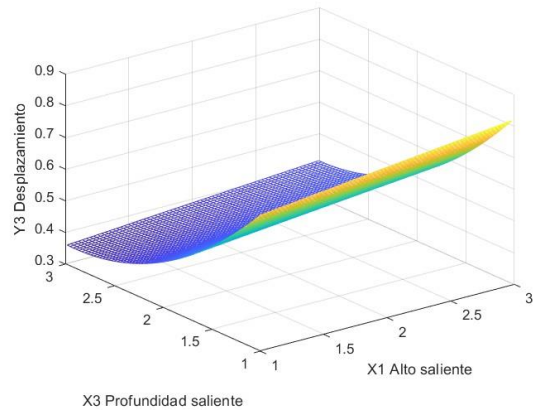


Figura 50. Gráfica de superficie $Y_3 X_1 - X_3$
Fuente: Elaboración propia

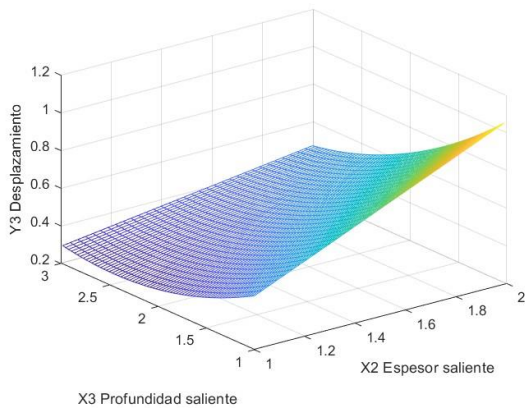


Figura 51. Gráfica de superficie $Y_3 X_2 - X_3$
Fuente: Elaboración propia

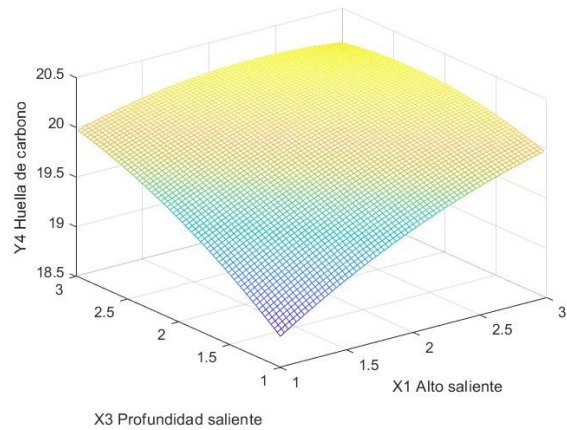


Figura 52. Gráfica de superficie $Y_4 X_1 - X_3$
Fuente: Elaboración propia

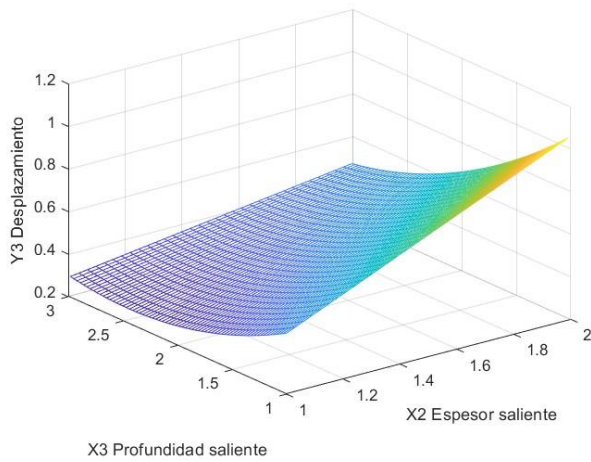


Figura 53. Gráfica de superficie $Y_4X_2-X_3$
Fuente: Elaboración propia

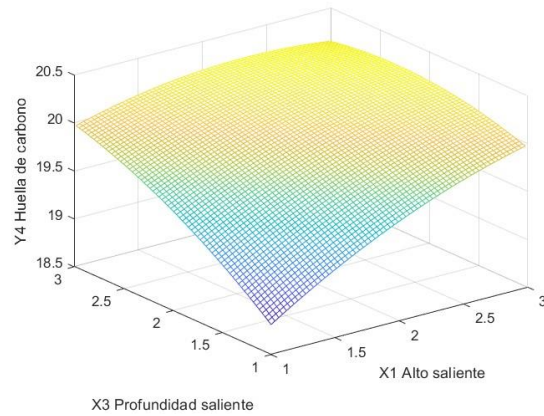


Figura 54. Gráfica de superficie $Y_4X_1-X_3$
Fuente: Elaboración propia

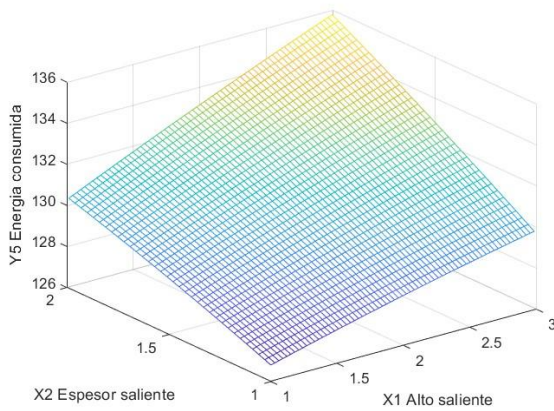


Figura 55. Gráfica de superficie $Y_5X_1-X_2$
Fuente: Elaboración propia

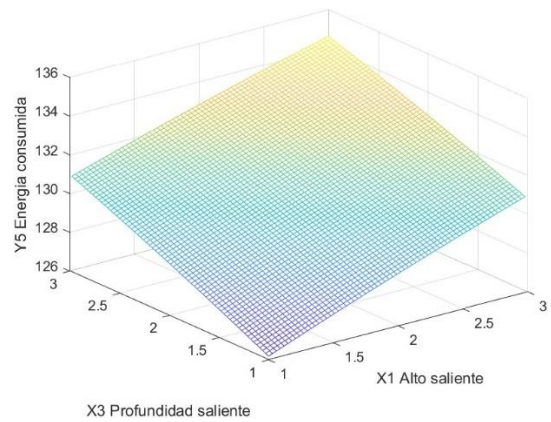


Figura 56. Gráfica de superficie $Y_5X_1-X_3$
Fuente: Elaboración propia

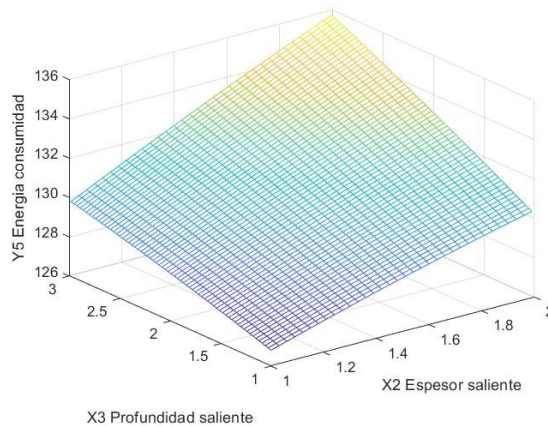


Figura 57. Gráfica de superficie $Y_5X_2-X_3$
Fuente: Elaboración propia

4.3.3.8.5 Resultados de optimización con variables de repuesta para bloque de hormigón

Para este proceso se utilizaron los porcentajes obtenidos en el *QFD* en donde la resistencia tiene un 39% y se evaluará con el factor de seguridad y el desplazamiento, dividiendo el porcentaje entre las 2 variables (19.5 para cada una), por otro lado, la parte ecológica cuenta con un 24 % que se evaluó con la cantidad de energía consumida, ya que la cantidad de CO_2 resulto no ser significativa. Algo importante que mencionar es que para la optimización de Y_2 , Y_3 y Y_5 se plantean para la mejora obtenida por *TRIZ* que son X_1 , X_2 y X_3 . Por otro lado, Y_1 toma en cuenta el peso de toda la pieza en función de X_1 , X_2 y X_3 con una ponderación final de 37%.

El resultado de la optimización se muestra continuación en las Tabla 60, además la Tabla 61 muestra las 5 mejores soluciones.

Tabla 60. Parámetros de optimización para bloque de hormigón.

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo	Superior	Ponderación	Importancia
Y_5 Energía consumida (Mj)	Mínimo		124.59	138.55	1	2.40
Y_3 Desplazamiento(mm)	Mínimo		0.25	1.10	1	1.95
Y_2 Resistencia a presión(psi)	Máximo	243.95	1808.80		1	1.95
Y_1 Peso	Mínimo		15.94	17.69	1	3.70

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61. Solución óptima para bloque de hormigón.

Solución	X_1 Alto saliente	X_2 Espesor saliente	X_3 Profundidad saliente	Y_5 Energía consumida (Mj) Ajuste	Y_3 Desplazamiento(mm) Ajuste
1	1.00000	1	1.88889	126.630	0.247141
2	1.00000	1	1.84910	126.547	0.251899
3	1.01957	1	1.86050	126.602	0.251600
4	1.04220	1	1.87106	126.661	0.251600
5	1.14963	1	1.92404	126.940	0.251600

Solución	Y_2 Resistencia a presión(psi) Ajuste	Y_1 Peso Deseabilidad Ajuste	Deseabilidad compuesta
1	1231.50	16.1077	0.847883
2	1213.79	16.1001	0.847757
3	1222.40	16.1060	0.847164
4	1231.13	16.1123	0.846377
5	1273.02	16.1430	0.842272

Fuente: Elaboración propia

La deseabilidad compuesta toma valores que van entre 0-1 y se observa que la deseabilidad

compuesta de la primera solución es de 0.8478 y hay muy poca diferencia entre las primeras 5, según Buriakovskiy [122], [52] para que se considere una deseabilidad muy buena tiene que estar en un rango de entre 0.80 y 1, por otro lado, Ahílan [115] menciona que para las deseabilidades compuestas no se cuenta con un nivel mínimo permitido, por lo tanto, solo se puede definir como la mejor deseabilidad a la que tenga el valor más alto para la configuración planteado. En ambos casos se puede inferir que la deseabilidad compuesta cumple con los requisitos, ya que es la más alta en función de los valores planteados y está dentro del rango de 0.80-1.

4.3.3.9 Diseño final para bloque de hormigón

En esta etapa se muestra el diseño final del bloque de hormigón, tomando en cuenta los resultados del DOE. El resultado se puede ver en la Figura 58.

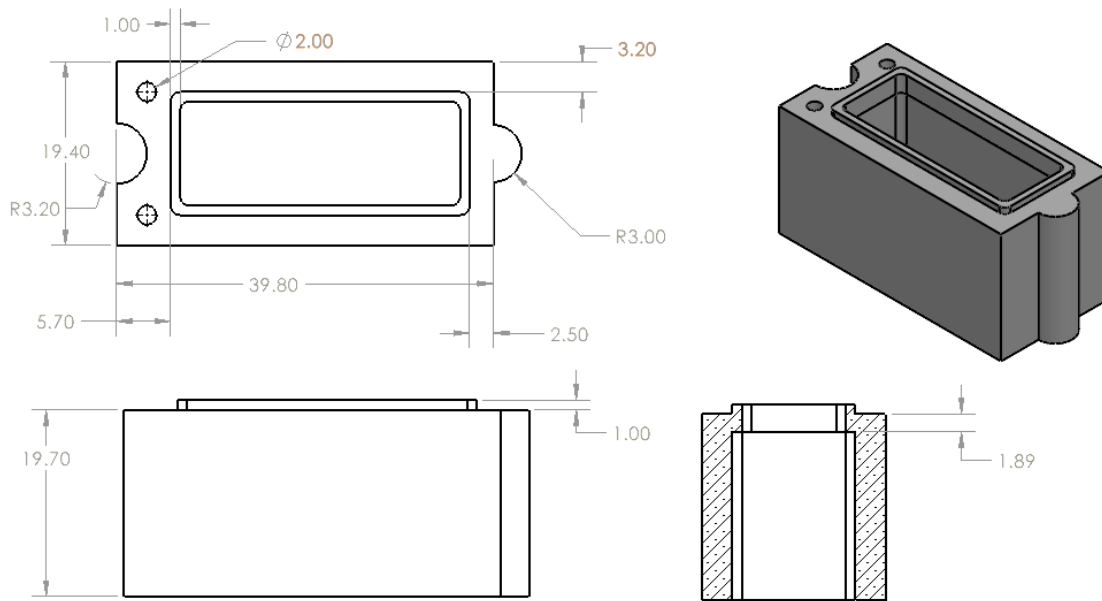


Figura 58. Diseño final del bloque de hormigón

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 62 se muestran los resultados con el diseño final obtenidos del software y los resultados obtenidos del *DOE* para ver la comparación y se puede observar que los resultados son similares.

Tabla 62. Comparativa resultados del DOE vs Resultados del diseño bloque de hormigón.

	Peso (Kg)	Resistencia a la presión	Desplazamiento	Energía consumida
Resultados del DOE	16.10	1328	0.2782	126.58
Resultados del diseño final con los parametros obtenidos mediante el DOE	16.17	1207	0.2471	125.79

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.10 Verificar para bloque de hormigón

En la Tabla 63 se pueden ver todas las características planteadas por el cliente inicialmente, y del lado derecho, se verifica si se cumplió con esos requerimientos. Por otro lado, en la tabla 64, se plantea la comparativa de las características del bloque tradicional respecto al bloque optimizado en este caso de estudio.

Tabla 63. Evaluación del cumplimiento de los requerimientos del cliente para bloque de hormigón.

Requerimientos del cliente	¿Se cumple con el requerimiento?
Bloque de hormigón	Si, se realizó con hormigón tradicional
Resistente	Si, es un poco más resistente que el bloque tradicional
Más fácil ensamblar	Es más sencillo ensamblar, ya que solo hay una forma de poder hacerlo
Ecológico	Si, se redujo la cantidad de co2 equivalente y también la cantidad de energía consumida
Que sea más liviano	Si, el bloque tradicional pesa 16.95 kg en promedio y el optimizado 16.16 kg
Cuidar dimensiones	Si, se utilizaron las establecidas por las normas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64. Comparativa resultados del bloque optimizados vs bloque tradicional.

Características planteadas por el cliente	Valores obtenidos en el software del bloque tradicional	Valores finales del producto optimizado
Resistencia	1666	1675 psi
Peso	16.95	16.16
Forma de uso	Ensamble tradicional	Ensamble con fixtura
Cantidad de CO2 equi	20.142	18.64
Energía consumida	133.22	125.794

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en las Tablas anteriores (63 y 64) que el bloque optimizado es mejor que el bloque tradicional en todas las características planteadas.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se plantea una metodología siguiendo la estructura de diseño para Seis sigma con las variables de *DMADV* [123], [124] e *IDOV* [110], [109] en donde se efectúa una nueva estructura que consta de 10 pasos en donde en cada paso se plantean herramientas específicas de modo que sea más sencillo de replicar y que no requiera conocimientos adicionales cada vez que se aplique a un nuevo producto.

Dentro de la metodología se aplican 2 tipos de variables, las cualitativas las cuales si están dentro de los requerimientos más importantes del cliente se solucionarán mediante *TRIZ* y las cuantitativas las cuales se optimizan mediante un diseño de experimentos factorial en donde se plantean ponderaciones con el fin de acercarse lo más posible a los requerimientos del cliente, dándole mayor peso a aquellos factores que son más importantes, esto es relevante recalcarlo porque los resultados de la optimización van a variar dependiendo de las características particulares de cada cliente.

En la etapa inicial diferentes autores plantean formas distintas de obtener los requerimientos del cliente, para este paso se plantea un estudio de mercado que consta de 3 pasos significativos: el primero es hacer un *benchmarking* de 3 diferentes productos similares al que se pretende mejorar o innovar, en donde se comparan entre sí para tener una referencia real de los productos existentes. En el segundo paso es realizar un análisis FODA de los productos existentes con el fin de encontrar fortalezas, amenazas, debilidades y áreas de oportunidad para posteriormente en el paso 3 generar una encuesta con un tamaño significativo de muestra con base al mercado meta al que se va a enfocar el producto, es decir en esta etapa se busca identificar el mercado meta para encontrar los requerimientos y poder diseñar un producto que los cumpla para ese mercado específico.

En la etapa de optimización se recomienda realizar un diseño de experimentos factorial sin réplica 3^3 , las razones se enumeran a continuación:

- Se realizan 27 diseños que a pesar de ser muchos es viable porque se realizan mediante un software de simulación y no es necesaria su realización de manera física, ahorrando tiempo y recursos

- El método de diseño factorial requiere pocas corridas por parámetro investigado, permite identificar parámetros de proceso influyentes sin pruebas costosas y que consumen mucho tiempo [125].
- Permite estudiar efectos cuadráticos y de segundo orden [126].
- Los resultados se pueden presentar como gráficos de 2 y 3 dimensiones [125].

Las variables para optimizar dentro del diseño de experimentos serán aquellas que se mejoraron en *TRIZ* y que no afecten a las características generales del diseño del producto y que no cambien más del 5% de los efectos principales del *DOE* (Esto podría variar dependiendo del producto).

5.1.1 Conclusiones de acuerdo con las hipótesis de investigación

Se acepta la hipótesis 1: El desarrollo de una metodología de diseño de nuevos productos que incluya la optimización simultánea de múltiples variables permitirá a las MiPymes desarrollar productos que cumplan con los requerimientos del mercado.

La tabla comparativa en la etapa de verificación permite visualizar el cumplimiento de las características planteadas por el cliente y en los 3 casos planteados dentro de la investigación se cumplió con el 100 % de los requerimientos planteados por el cliente, esto se realizó con la ayuda de las herramientas de *TRIZ* y del diseño de experimentos, optimizando al menos las 4 principales variables al mismo tiempo, permitiendo a las MiPyMEs cumplir con los requerimientos expuestos por su mercado meta.

5.1.2 Cumplimiento de los objetivos de investigación

Objetivo específico 1: Analizar las metodologías existentes para el diseño de nuevos productos.

Para este objetivo, se realizó una exhaustiva revisión de literatura en las diferentes fuentes de información científicas para buscar las metodologías de diseño de nuevos productos, desde sus inicios hasta la actualidad, en donde posteriormente se planteó una matriz para analizar cada metodología con sus respectivos pasos, enfoques y limitaciones, llegando a la conclusión que diseño para Seis sigma, hasta el día de hoy es la metodología más completa, ya que es la sumatoria de las herramientas más utilizadas en la actualidad, por esa razón se tomó como base para desarrollar los pasos propuestos dentro de esta investigación.

Objetivo específico 2: Elaborar una propuesta de integración y evaluar sus características.

Se realizó una propuesta en donde se utilizó como base la metodología de diseño para Seis sigma, la cual está enfocada en el diseño de nuevos productos, pero al analizar más a fondo se observó que a pesar de ser una metodología muy completa, existe gran variedad y formas de aplicación, dejándola a la experiencia e interpretación de quien la va a utilizar, por lo tanto, se planteó la reestructuración de los pasos de aplicación con la selección de las herramientas más adecuadas para el proceso de diseño de nuevos productos, enfocado a pequeñas y medianas empresas, en donde se sigue una serie de pasos sencillos de replicar obteniendo soluciones con patrones en común y que cada individuo utilice las mismas herramientas, así como software. Para este objetivo se utilizó como referencia el diseño para Seis sigma integrando la mercadotecnia, en el paso inicial, la voz del cliente, la casa de calidad, el diseño asistido por computadora y el diseño de experimentos, específicamente el diseño factorial 3^3 . Las características se evaluaron mediante una comparación de los requerimientos del cliente respecto al resultado final de la aplicación de la metodología mediante los 3 casos de estudio, en donde se encontró que todos los requerimientos propuestos por el cliente se mejoraron o cumplieron con su objetivo.

Objetivo específico 3: Evaluar la factibilidad de la metodología como una ventaja competitiva.

Al aplicar la metodología propuesta en esta investigación, en los 3 casos de estudio se logró cumplir con todos los requerimientos planteados por el cliente, sin necesidad de realizar productos físicos, ahorrando tiempo, dinero y esfuerzo, es decir, se puede generar un producto que cumpla con los requerimientos de un sector de mercado específico, con un mínimo de recursos y en el menor tiempo posible, lo cual genera una ventaja competitiva, logrando cumplir con el objetivo 3.

Objetivo específico 4: Determinar las variables a tomar en cuenta en el proceso de diseño y generar un listado.

Al momento de realizar la metodología, la cual fue enfocada inicialmente a productos de la industria del mueble y posteriormente se diversificó a un producto de la industria de la construcción, se encontró que, a pesar de ser sectores muy diferentes, los patrones de variables a tomar en cuenta no son muy diferentes, por lo tanto, las variables que se toman en cuenta se muestran en el siguiente listado:

- Peso
- Resistencia
- Volumen
- Fácil traslado
- Fácil de ensamblar
- Precio
- Forma
- Atractivo visual
- Color

Objetivo específico 5: Desarrollar un optimizador de variables en software

Este objetivo se cumplió, ya que se desarrolló un optimizador en el software minitab mediante un diseño factorial 3^3 , completamente aleatorizado, sin réplica, en donde se le modifican los valores y genera resultados con base a los parámetros que le agreguen.

Objetivo específico 6: Realizar casos de estudios para evaluar la factibilidad de la metodología y el optimizador

Para cumplir con este objetivo, inicialmente se plantearon 2 casos de estudio para la industria del mueble dentro de Baja California para ver su factibilidad, al ver resultados satisfactorios se tomó la decisión de aplicar la metodología a un caso de estudio completamente diferente, enfocado a la industria de la construcción, el cual también se logró cumplir con los requerimientos planteados por el cliente. Por lo tanto, la metodología planteada es factible no sólo para una industria específica, sino que también puede ser utilizada para otras industrias.

5.2 Recomendaciones

Es necesario aplicar la metodología en más casos de estudios y también para otros sectores de mercado, para generar una base de datos y facilitar el proceso de análisis de la metodología.

Es importante realizar prototipos físicos y lanzarlos al mercado para ver su comportamiento y validar la metodología con ventas y retroalimentación de los clientes.

5.3 Trabajo a futuro

En un trabajo posterior se pretende realizar los prototipos físicos de los productos, verificar el procedimiento de producción y la validación tanto del proceso como del mercado meta planteado en esta investigación.

Por otro lado, se pretende aplicar la metodología en donde el planteamiento y los requerimientos del cliente sean distintos para ver el comportamiento y comparar los resultados, entendiendo que la metodología planteada en este artículo tiene una estructura que se debe de seguir, pero es flexible en el sentido de la importancia que cada mercado les asigna a sus requerimientos

6 REFERENCIAS

- [1] M. Francisco, O. Canciglieri Junior, y Â. Sant'Anna, "Design for six sigma integrated product development reference model through systematic review", *Int. J. Lean Six Sigma*, vol. ahead-of-print, ene. 2020, doi: 10.1108/IJLSS-05-2019-0052.
- [2] Y. Tandiono y H. Rau, "An Enhanced Model Using the Kano Model, QFDE, and TRIZ with a Component-Based Approach for Sustainable and Innovative Product Design", *Sustainability*, vol. 15, núm. 1, Art. núm. 1, ene. 2023, doi: 10.3390/su15010527.
- [3] A. Z. Hameed, J. Kandasamy, S. Aravind Raj, M. A. Baghdadi, y M. A. Shahzad, "Sustainable Product Development Using FMEA ECQFD TRIZ and Fuzzy TOPSIS", *Sustainability*, vol. 14, núm. 21, Art. núm. 21, ene. 2022, doi: 10.3390/su142114345.
- [4] C. Politi, S. Roumeliotis, G. Tripepi, y B. Spoto, "Sample Size Calculation in Genetic Association Studies: A Practical Approach", *Life*, vol. 13, núm. 1, Art. núm. 1, ene. 2023, doi: 10.3390/life13010235.
- [5] U. A. Kirgizov y C. Kwak, "Quantification and integration of Kano's model into QFD for customer-focused product design", *Qual. Technol. Quant. Manag.*, vol. 19, núm. 1, pp. 95–112, ene. 2022, doi: 10.1080/16843703.2021.1992070.
- [6] H. Shi, L.-X. Mao, K. Li, X.-H. Wang, y H.-C. Liu, "Engineering Characteristics Prioritization in Quality Function Deployment Using an Improved ORESTE Method with Double Hierarchy Hesitant Linguistic Information", *Sustainability*, vol. 14, núm. 15, Art. núm. 15, ene. 2022, doi: 10.3390/su14159771.
- [7] P. Aspers y U. Corte, "What is Qualitative in Qualitative Research", *Qual. Sociol.*, vol. 42, núm. 2, pp. 139–160, jun. 2019, doi: 10.1007/s11133-019-9413-7.
- [8] C. N. Phellas, "Review: Keith F. Punch (2005). Introduction to Social Research—Quantitative & Qualitative Approaches", *Forum Qual. Sozialforschung Forum Qual. Soc. Res.*, vol. 7, núm. 2, Art. núm. 2, mar. 2006, doi: 10.17169/fqs-7.2.109.
- [9] C. Wang, Z. Wang, H. Hu, y L. Li, "Innovative Design and Kinematic Characteristics Analysis of Floating Mobile Chassis of Inspection Robot", *Machines*, vol. 11, núm. 1, Art. núm. 1, ene. 2023, doi: 10.3390/machines11010024.
- [10] C. Spreafico, "Can TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving) strategies improve material substitution in eco-design?", *Sustain. Prod. Consum.*, vol. 30, pp. 889–915, mar. 2022, doi: 10.1016/j.spc.2022.01.010.
- [11] B. Ge, C. Yang, y L. Tang, "Extension knowledge representation of evolutionary law of technological systems in TRIZ", *Procedia Comput. Sci.*, vol. 214, pp. 461–468, ene. 2022, doi: 10.1016/j.procs.2022.11.200.
- [12] F. Bousuge *et al.*, "Capturing simulation intent in an ontology: CAD and CAE integration application", *J. Eng. Des.*, vol. 30, núm. 10–12, pp. 688–725, 2019.
- [13] P. Kuna, A. Hašková, M. Palaj, M. Skačan, y J. Záhorec, "How to Teach CAD/CAE Systems", *Int. J. Eng. Pedagogy IJEP*, vol. 8, núm. 1, Art. núm. 1, feb. 2018, doi: 10.3991/ijep.v8i1.8185.
- [14] "03_IANCU.pdf". Consultado: el 19 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.utgjiu.ro/rev_mec/mecanica/pdf/2019-02/03_IANCU.pdf
- [15] C. Pretell-Vásquez *et al.*, "Optimization of ozone concentration and storage time in green asparagus (*Asparagus officinalis* L.) using response surface methodology", *Vitae*, vol. 28, núm. 3, dic. 2021, doi: 10.17533/udea.vitae.v28n3a346752.
- [16] E. D. Camacho y L. Guerra Torrealba, "Optimization model for the load assignment of academic load", en *2021 16th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, jun. 2021, pp. 1–5. doi: 10.23919/CISTI52073.2021.9476354.
- [17] K. Yang y B. El-Haik, *Design for Six Sigma: Roadmap to product development*, McGraw-Hill, 2nd Edition. 2008.

- [18] D. Lee, T. Kim, D. Lee, H. Lim, H. Cho, y K.-I. Kang, “Development of an advanced composite system form for constructability improvement through a Design for Six Sigma process”, *J. Civ. Eng. Manag.*, vol. 26, núm. 4, Art. núm. 4, abr. 2020, doi: 10.3846/jcem.2020.12188.
- [19] “Design for Six Sigma (DFSS) for additive manufacturing applied to an innovative multifunctional fan”. https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.springer-doi-10_1007-S12008-019-00548-9 (consultado el 19 de mayo de 2023).
- [20] J.-C. Jiang, C.-H. Hsu, T.-A.-T. Nguyen, y H.-S. Dang, *Investigating the designed parameters of Dual-Layer Micro-Channel Heat Sink by design for Six Sigma (DFSS)*. 2017, p. 1354. doi: 10.1109/ICASI.2017.7988155.
- [21] F.-M. Su y C.-T. Su, “TFT-LCD Contrast Ratio Improvement by Using Design for Six Sigma Disciplines”, *IEEE Trans. Semicond. Manuf.*, vol. 33, núm. 1, pp. 128–139, feb. 2020, doi: 10.1109/TSM.2019.2956511.
- [22] J.-C. Jiang, C.-H. Hsu, T.-A.-T. Nguyen, y H.-S. Dang, “Investigating the designed parameters of Dual-Layer Micro-Channel Heat Sink by design for Six Sigma (DFSS)”, *2017 Int. Conf. Appl. Syst. Innov. ICASI*, pp. 1351–1354, may 2017, doi: 10.1109/ICASI.2017.7988155.
- [23] K.-C. Yao, K.-Y. Li, J.-R. Xu, W.-S. Ho, y Y.-H. Shen, “Application of TRIZ Innovative System Method in Rapid Assembly of Folding Chairs”, *Sustainability*, vol. 14, núm. 22, Art. núm. 22, ene. 2022, doi: 10.3390/su142215482.
- [24] C. Boppana, M.-A. Richards, y T. Gokool, “Redesign of a Furniture Industry Component: A Sustainable Design Approach”, ene. 2019.
- [25] M. S. A. Karim y A. Z. A. Rashid, “Automated sports rim design in CAD system”, en *2018 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET)*, feb. 2018, pp. 1–3. doi: 10.1109/ICASET.2018.8376856.
- [26] N. Wang, C. Shi, y X. Kang, “Design of a Disinfection and Epidemic Prevention Robot Based on Fuzzy QFD and the ARIZ Algorithm”, *Sustainability*, vol. 14, núm. 24, Art. núm. 24, ene. 2022, doi: 10.3390/su142416341.
- [27] F. N. Puglieri *et al.*, “An Environmental and Operational Analysis of Quality Function Deployment-Based Methods”, *Sustainability*, vol. 12, núm. 8, Art. núm. 8, ene. 2020, doi: 10.3390/su12083486.
- [28] M. Kowalska, M. Pazdzior, y A. Krzton-Maziopa, “Implementation of QFD method in quality analysis of confectionery products”, *J. Intell. Manuf.*, vol. 29, núm. 2, pp. 439–447, 2018.
- [29] A. Gay, *El diseño industrial en la historia*. Tec, 2004.
- [30] M. C. C. Rodríguez y D. R. Rodríguez, “El concepto de calidad: Historia, evolución e importancia para la competitividad”.
- [31] C. Bustos Flores, “La producción artesanal”, *Visión Gerenc.*, vol. 8, núm. 1, Art. núm. 1, 2009.
- [32] M. C. Salcedo y E. S. Moliner, “Tecnologías de fabricación rápida. Optimización y mejora de la tecnología de mecanizado rápido-Coproinmold”, *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia*, núm. 36, pp. 7–20, 2006.
- [33] M. Marek, P. Kadlec, y M. Čapek, “FOPS: A new framework for the optimization with variable number of dimensions”, *Int. J. RF Microw. Comput.-Aided Eng.*, vol. 30, núm. 9, p. e22335, 2020, doi: 10.1002/mmce.22335.
- [34] “Clasificadores - Catálogo SCIAN”. <https://www.inegi.org.mx/app/scian/> (consultado el 25 de mayo de 2023).
- [35] “Industrias Manufactureras: Salarios, producción, inversión, oportunidades y complejidad”, *Data México*. <https://datamexico.org/es/profile/industry/manufacturing> (consultado el 30 de mayo de 2023).
- [36] “Industria-mueblera-Mexico.pdf”. Consultado: el 25 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www.ethic.com.mx/docs/Infografias/sectores/Industria-mueblera-Mexico.pdf>
- [37] “sector_Industria_Muebles.pdf”. Consultado: el 25 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/129438/sector_Industria_Muebles.pdf
- [38] “CenEconResDef2019_Nal.pdf”. Consultado: el 25 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/OtrTemEcon/CenEconResDef20>

- 19_Nal.pdf
- [39] “Industria manufacturera. Cuéntame de México”. <https://cuentame.inegi.org.mx/economia/secundario/manufacturera/default.aspx?tema=E> (consultado el 25 de mayo de 2023).
- [40] “La industria mueblera en México requiere de renovación a fondo – El Financiero”. Consultado: el 25 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.elfinanciero.com.mx/economia/la-industria-mueblera-en-mexico-requiere-de-renovacion-a-fondo/>
- [41] M. E. Porter, “Location, Competition, and Economic Development: Local Clusters in a Global Economy”, *Econ. Dev. Q.*, vol. 14, núm. 1, pp. 15–34, feb. 2000, doi: 10.1177/089124240001400105.
- [42] “Hay 38 clústeres mexicanos”. http://canieti.org/Comunicacion/noticias/vista/12-04-09/Hay_38_cl%C3%BAsteres_mexicanos.aspx (consultado el 25 de mayo de 2023).
- [43] “Sector mueblero pisa fuerte fuera del país | NTR Guadalajara”. https://www.ntrguadalajara.com/post.php?id_notas=76399 (consultado el 25 de mayo de 2023).
- [44] “Colección de estudios sectoriales y regionales. Conociendo la industria farmacéutica. 2022.”.
- [45] “Conociendo_la_industria_aeroespacial_23mar2018.pdf”. Consultado: el 25 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/315125/conociendo_la_industria_aeroespacial_23mar2018.pdf
- [46] “fs_Mueblera.pdf”. Consultado: el 25 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: https://iieg.gob.mx/contenido/Economia/fs_Mueblera.pdf
- [47] R. L. Vasquez y D. D. Avila, “La Mortandad de las MiPyMEs en Colombia y México”, *Visión Int. Cúcuta*, pp. 44–49, feb. 2020, doi: 10.22463/27111121.2788.
- [48] “Índices de competitividad”. <https://imco.org.mx/indices/> (consultado el 25 de mayo de 2023).
- [49] “La industria mueblera en México requiere de renovación a fondo – El Financiero”. <https://www.elfinanciero.com.mx/economia/la-industria-mueblera-en-mexico-requiere-de-renovacion-a-fondo/> (consultado el 25 de mayo de 2023).
- [50] A. C. González Estrada, B. A. Jacinto Sánchez, G. Salas Mónico, y V. A. Tapia Flores, “Análisis y proyección financiera de la industria de muebles en México”, may 2016, Consultado: el 25 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://tesis.ipn.mx/xmlui/handle/123456789/17260>
- [51] “Resurge gremio mueblero en Baja California”. <https://www.eleconomista.com.mx/estados/Resurge-gremio-mueblero-en-Baja-California-20120906-0163.html> (consultado el 25 de mayo de 2023).
- [52] F.-K. Wang, C.-T. Yeh, y T.-P. Chu, “Using the design for Six Sigma approach with TRIZ for new product development”, *Comput. Ind. Eng.*, vol. 98, pp. 522–530, ago. 2016, doi: 10.1016/j.cie.2016.06.014.
- [53] K. Jenab, C. Wu, y S. Moslehpour, “Design for six sigma: A review”, *Manag. Sci. Lett.*, vol. 8, pp. 1–18, ene. 2018, doi: 10.5267/j.msl.2017.11.001.
- [54] M. G. Francisco, O. Canciglieri Junior, y Â. M. O. Sant’Anna, “Design for six sigma integrated product development reference model through systematic review”, *Int. J. Lean Six Sigma*, vol. 11, núm. 4, pp. 767–795, ene. 2020, doi: 10.1108/IJLSS-05-2019-0052.
- [55] M. S. Carvalho, D. Sousa Magalhaes, M. L. Varela, J. O. Sa, y I. Gonçalves, “Definition of a collaborative working model to the logistics area using design for Six Sigma”, *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, vol. 33, núm. 4, pp. 465–475, ene. 2016, doi: 10.1108/IJQRM-11-2014-0190.
- [56] C.-C. Yang, Y.-T. Jou, M.-C. Lin, R. Silitonga, y R. Sukwadi, “The Development of the New Process of Design for Six Sigma (DFSS) and Its Application”, *Sustainability*, vol. 14, jul. 2022, doi: 10.3390/su14159294.
- [57] K. Selvi y R. Majumdar, “Six Sigma- Overview of DMAIC and DMADV”, *Six Sigma*, vol. 2, núm. 5, 2014.
- [58] K. M. Suresh, P. Asokan, y S. Vinodh, “Application of design for Six Sigma methodology to an automotive component”, *Int. J. Six Sigma Compet. Advant.*, vol. 10, núm. 1, pp. 1–23, ene. 2016,

- doi: 10.1504/IJSSCA.2016.080446.
- [59] *199 Preguntas sobre marketing*. Editorial Norma.
- [60] P. Kotler, “Fundamentos de Marketing”.
- [61] M. Aghdaie y M. Alimardani, “Target market selection based on market segment evaluation: A multiple attribute decision making approach”, *Int. J. Oper. Res.*, vol. 24, pp. 262–278, sep. 2015, doi: 10.1504/IJOR.2015.072231.
- [62] *Fundamentos del marketing | varios autores*. Consultado: el 8 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www.marcialpons.es/libros/fundamentos-del-marketing/9789701038253/>
- [63] J. J. Foullon Inzunza, “Segmentación de mercado”, abr. 2020, Consultado: el 8 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://148.202.167.116:8080/xmlui/handle/123456789/3432>
- [64] R. J. Boxwell, “Benchmarking para competir con ventaja”, *Biblioteca Hernán Malo González de la Universidad del Azuay*, 1995. <https://biblioteca.uazuay.edu.ec/buscar/item/27980> (consultado el 5 de junio de 2023).
- [65] L. Hosseini-Gerami *et al.*, “Benchmarking causal reasoning algorithms for gene expression-based compound mechanism of action analysis”, *BMC Bioinformatics*, vol. 24, núm. 1, p. 154, abr. 2023, doi: 10.1186/s12859-023-05277-1.
- [66] J. Barkun, P. Clavien, y T. M. Pawlik, “The Benefits of Benchmarking-A New Perspective on Measuring Quality in Surgery”, *JAMA Surg.*, vol. 158, núm. 4, pp. 341–342, abr. 2023, doi: 10.1001/jamasurg.2022.5831.
- [67] R. M. Salazar-de-la-Guerra, A. Santotomás-Pajarrón, V. González-Prieto, M. D. Menéndez-Fraga, y C. Rocha Hurtado, “Benchmarking en la identificación de pacientes: una oportunidad para aprender”, *Rev. Calid. Asist.*, vol. 32, núm. 2, pp. 97–102, mar. 2017, doi: 10.1016/j.cali.2016.10.003.
- [68] R. Marciniak, “Propuesta metodológica para la aplicación del benchmarking internacional en la evaluación de la calidad de la educación superior virtual”, *RUSC Univ. Knowl. Soc. J.*, vol. 12, núm. 3, Art. núm. 3, may 2015, doi: 10.7238/rusc.v12i3.2163.
- [69] R. Marciniak, “El «benchmarking» como herramienta de mejora de la calidad de la educación universitaria virtual. Ejemplo de una experiencia polaca”, *Educación*, vol. 53, núm. 1, Art. núm. 1, 2017.
- [70] D. S. Huerta, *ANÁLISIS FODA O DAFO*. Bubok, 2020.
- [71] E. B. Pineda, E. L. de Alvarado, F. H. de Canales, y O. P. de la Salud, “Metodología de la investigación: Manual para el desarrollo de personal de salud”, *Ser. PALTEX Para Ejecutores Programas Salud35*, 1994, Consultado: el 6 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/3132>
- [72] “Quantitative Methods in the Social Sciences | GSAS”. <https://www.gsas.columbia.edu/content/quantitative-methods-social-sciences> (consultado el 5 de junio de 2023).
- [73] P. L. López, “POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO”, *Punto Cero*, vol. 09, núm. 08, pp. 69–74, 2004.
- [74] O. J. Martinho, M. E. G. Graus, y J. J. F. Pérez, “Las funciones lineales a partir de las acciones mentales de la teoría de Galperin”, *Dilemas Contemp. Educ. Política Valores*, ene. 2017, Consultado: el 5 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://dilemascontemporaneoseduccionpoliticayvalores.com/index.php/dilemas/article/view/39>
- [75] T. Ferdous *et al.*, “The rise to power of the microbiome: power and sample size calculation for microbiome studies”, *Mucosal Immunol.*, vol. 15, núm. 6, pp. 1060–1070, nov. 2022, doi: 10.1038/s41385-022-00548-1.
- [76] H. Taherdoost, “Determining Sample Size; How to Calculate Survey Sample Size”. Rochester, NY, 2017. Consultado: el 5 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://papers.ssrn.com/abstract=3224205>
- [77] “From Voices to Results - Voice of Customer Questions, Tools and Analysis : Proven Techniques for Understanding and Engaging with Your Customers”. <https://web.s.ebscohost.com/ehost/ebookviewer/ebook/ZTAwMHh3d19fMTgwMTAyM19fQU41?sid=1663db71-0b24-49d7-87d2-ee9d08ecf207@redis&vid=7&format=EB&rid=1> (consultado el 6

- de junio de 2023).
- [78] W. Green, R. Cluley, y M. Gasparin, “Mobile Market Research Applications as a New Voice of Customer Method: Implications for Innovation and Design Management”, *Res. Technol. Manag.*, vol. 63, núm. 1, pp. 49–55, feb. 2020, doi: 10.1080/08956308.2020.1686297.
- [79] K. Sivasamy, C. Arumugam, S. R. Devadasan, R. Muruges, y V. M. M. Thilak, “Advanced models of quality function deployment: a literature review”, *Qual. Quant.*, vol. 50, núm. 3, pp. 1399–1414, may 2016, doi: 10.1007/s11135-015-0212-2.
- [80] H. R. Fazeli y Q. Peng, “Integrated approaches of BWM-QFD and FUCOM-QFD for improving weighting solution of design matrix”, *J. Intell. Manuf.*, vol. 34, núm. 3, pp. 1003–1020, mar. 2023, doi: 10.1007/s10845-021-01832-w.
- [81] H. Yamashina, T. Ito, y H. Kawada, “Innovative product development process by integrating QFD and TRIZ”, *Int. J. Prod. Res. - INT J PROD RES*, vol. 40, pp. 1031–1050, mar. 2002, doi: 10.1080/00207540110098490.
- [82] M. Sikorski, “ZASTOSOWANIE METODY QFD DO DOSKONALENIA JAKOŚCI UŻYTKOWEJ WYBRANEGO SERWISU WWW”, Consultado: el 6 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/3014707/ZASTOSOWANIE_METODY_QFD_DO_DOSKONALENIA_JAKO%C5%9ACI_U%C5%BBYTKOWEJ_WYBRANEGO_SERWISU_WWW
- [83] K. Yang y B. El-Haik, *Design for Six Sigma: Roadmap to product development*, McGraw-Hill, 2nd Edition. 2008.
- [84] H. Yamashina, T. Ito, y H. Kawada, “Innovative product development process by integrating QFD and TRIZ”, *Int. J. Prod. Res. - INT J PROD RES*, vol. 40, pp. 1031–1050, mar. 2002, doi: 10.1080/00207540110098490.
- [85] U. Mishra, “Introduction to the Concept of Ideality in TRIZ”. Rochester, NY, el 2 de junio de 2013. doi: 10.2139/ssrn.2273178.
- [86] “40412515010.pdf”. Consultado: el 1 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/404/40412515010.pdf>
- [87] V. Sojka y P. Lepsik, “Algorithm for Process Innovation by Increasing Ideality”, *Processes*, vol. 10, núm. 7, Art. núm. 7, jul. 2022, doi: 10.3390/pr10071283.
- [88] F. A. V. Bermúdez y G. A. T. Clavijo, “Marco de trabajo fundamentado en los principios de innovación TRIZ para la toma de decisiones en las PYMEs”, *Ing. Ind. Actual. Nuevas Tend.*, vol. V, núm. 19, pp. 89–104, 2017.
- [89] D. Mann, “An Introduction to TRIZ: The Theory of Inventive Problem Solving”, *Creat. Innov. Manag.*, vol. 10, núm. 2, pp. 123–125, jun. 2001, doi: 10.1111/1467-8691.00212.
- [90] S. O. Angrino, J. A. A. Zambrano, A. A. N. Newball, A. J. Ramírez, y L. H. Romero, “Diseño de un escenario educativo para museos con el uso de TRIZ y ACT”, *Pensam. Psicológico*, vol. 11, núm. 2, pp. 71–88, 2013.
- [91] R. Stegmaier *et al.*, *Generación de solución innovadora y sustentable: Uso de la metodología RCA y teoría inventiva TRIZ*. 2013. doi: 10.13140/RG.2.2.29893.58084.
- [92] W. C. Ames, “TRIZ, la herramienta del pensamiento e innovación sistemática”, *Contab. Negocios*, vol. 3, núm. 6, pp. 38–46, 2008.
- [93] J. A. García, L. C. Flórez, y O. F. Higuera, “Generación de perfiles de levas de disco y levas cilíndricas 3D en Solidworks mediante una aplicación de Visual Basic”, *Sci. Tech.*, vol. XIII, núm. 37, pp. 223–228, 2007.
- [94] “Solidworks destaca la nueva era de la ingeniería basada en la experiencia”, *Metalmecánica*. <https://www.metalmecanica.com/es/noticias/solidworks-destaca-la-nueva-era-de-la-ingenieria-basada-en-la-experiencia> (consultado el 2 de junio de 2023).
- [95] A. M, “¿Es SOLIDWORKS el software de diseño ideal para fabricación aditiva?”, *3Dnatives*, el 26 de octubre de 2022. <https://www.3dnatives.com/es/solidworks-software-de-diseno-fabricacion-aditiva-070520202/> (consultado el 2 de junio de 2023).
- [96] M. A. Díaz Cáceres y J. M. Martínez Gómez, “Modelo de análisis de ciclo de vida del producto

- asistido por herramientas informáticas, como soporte a las estrategias de enseñanza universitaria del ecodiseño”, *Arquetipo*, núm. 10, pp. 18–37, 2015.
- [97] Y. M. Arroyo Mayorga, “Evaluación de la sustentabilidad de materiales para el envasado de refrescos utilizando solidworks sustainability”, other, Universidad Autónoma de Nuevo León, 2022. Consultado: el 4 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://eprints.uanl.mx/25387/>
- [98] V. Lozano Román, “Optimización y simulación del moldeo por inyección de plásticos con el uso de SolidWorks Plastics”, jun. 2022, Consultado: el 4 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://idus.us.es/handle/11441/136713>
- [99] J. A. Andrade Wong, “Diseño y optimización de una bañera granelera de 42m usando los programas de ansys y solidworks”, 2015, Consultado: el 4 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/47012>
- [100] H. Gutiérrez Pulido y R. Salazar, *Análisis y Diseño de Experimentos*. 2012.
- [101] *Diseño estadístico de experimentos 2a Ed.* Universidad de Antioquia, 2009.
- [102] I. T. A. Upch, “Diseño y análisis de experimentos Douglas C. Montgomery”, Consultado: el 6 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/9101936/Dise%C3%B1o_y_an%C3%A1lisis_de_experimentos_Douglas_C_Montgomery
- [103] J. O. Adegbite, H. Belhaj, y A. Bera, “Investigations on the relationship among the porosity, permeability and pore throat size of transition zone samples in carbonate reservoirs using multiple regression analysis, artificial neural network and adaptive neuro-fuzzy interface system”, *Pet. Res.*, vol. 6, núm. 4, pp. 321–332, dic. 2021, doi: 10.1016/j.ptlrs.2021.05.005.
- [104] F. W. Breyfogle, *Implementing six sigma: smarter solutions using statistical methods*, 2nd ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2003.
- [105] M. Liu, “Simulation of Mathematical Model to Estimate the Cost of Large-Scale Hydraulic Engineering”, *Appl. Mech. Mater.*, vol. 602–605, pp. 3239–3242, 2014, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.602-605.3239.
- [106] M. Carvalho, D. Magalhaes, L. Varela, J. Oliveira e Sá, y I. Gonçalves, “Definition of a collaborative working model to the logistics area using design for Six Sigma”, *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, vol. 33, pp. 465–475, abr. 2016, doi: 10.1108/IJQRM-11-2014-0190.
- [107] C.-C. Yang, Y.-T. Jou, M.-C. Lin, R. M. Silitonga, y R. Sukwadi, “The Development of the New Process of Design for Six Sigma (DFSS) and Its Application”, *Sustainability*, vol. 14, núm. 15, Art. núm. 15, ene. 2022, doi: 10.3390/su14159294.
- [108] D. Francia, G. Donnici, G. M. Ricciardelli, y G. M. Santi, “Design for Six Sigma (DFSS) Applied to a New E-Segment Sedan”, *Sustainability*, vol. 12, núm. 3, Art. núm. 3, ene. 2020, doi: 10.3390/su12030787.
- [109] S. Koziółek y D. Derlukiewicz, “Method of assessing the quality of the design process of construction equipment with the use of DFSS (design for Six Sigma)”, *Autom. Constr.*, vol. 22, pp. 223–232, mar. 2012, doi: 10.1016/j.autcon.2011.07.006.
- [110] K. M. Suresh, P. Asokan, y S. Vinodh, “Application of design for Six Sigma methodology to an automotive component”, *Int. J. Six Sigma Compet. Advant.*, vol. 10, núm. 1, pp. 1–23, ene. 2016, doi: 10.1504/IJSSCA.2016.080446.
- [111] T. T. Allen, *Introduction to Engineering Statistics and Lean Six SIGMA: Statistical Quality Control and Design of Experiments and Systems*. New York, NY, 2018.
- [112] T. Ferdous *et al.*, “The rise to power of the microbiome: power and sample size calculation for microbiome studies”, *Mucosal Immunol.*, vol. 15, núm. 6, pp. 1060–1070, nov. 2022, doi: 10.1038/s41385-022-00548-1.
- [113] J. M. Padilla-Atondo *et al.*, “The Impact of Hydrogen on a Stationary Gasoline-Based Engine through Multi-Response Optimization: A Desirability Function Approach”, *Sustainability*, vol. 13, núm. 3, Art. núm. 3, ene. 2021, doi: 10.3390/su13031385.
- [114] H. G. Pulido, “Análisis y diseño de experimentos”.
- [115] A. Chandrakasan, S. Kumanan, y N. Sivakumaran, “Application of grey based Taguchi method in

- multi-response optimization of turning process”, *Adv. Prod. Eng. Manag.*, vol. 5, pp. 171–180, ene. 2010.
- [116] “40 Inventive Principles for Business”, *The Triz Journal*. <https://the-trizjournal.com/40-inventive-business-principles-examples/> (consultado el 28 de junio de 2023).
- [117] “Standard Specification for Loadbearing Concrete Masonry Units”. <https://www.astm.org/c0090-22.html> (consultado el 19 de mayo de 2023).
- [118] “Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units”. https://www.astm.org/c0140_c0140m-22b.html (consultado el 19 de mayo de 2023).
- [119] “NMX C 010 | PDF | Ladrillo | Hormigón”, *Scribd*. <https://es.scribd.com/document/111641054/NMX-C-010> (consultado el 19 de mayo de 2023).
- [120] M. C. Maldonado, R. O. Monterrubio, y E. R. Arzate, *TRIZ, la metodología más moderna para inventar o innovar tecnológicamente de manera sistemática*. Panorama Editorial, 2005.
- [121] E. I. M. González, “Introduccion al Analisis de Regresion Lineal Tercera Edicion Montgomery Peck Vining”, Consultado: el 19 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/42811449/Introduccion_al_Analisis_de_Regresion_Lineal_Tercera_Edicion_Montgomery_Peck_Vining
- [122] S. Buriakovskiy, A. Maslii, D. Pomazan, V. Panchenko, L. Overianova, y H. Omelianenko, “Multi-criteria Quality Evaluation of Energy Storage Devices for Rolling Stock Using Harrington’s Desirability Function”, en *2020 IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS)*, may 2020, pp. 158–163. doi: 10.1109/ESS50319.2020.9160105.
- [123] S. S. Islam y M. Luchfi, “Define and Optimize the Competitive Advantage Value Using DMADV Approach: A Case Study at PT Telkom Indonesia”, en *2022 International Conference on Computational Modelling, Simulation and Optimization (ICCMO)*, dic. 2022, pp. 207–213. doi: 10.1109/ICCMO58359.2022.00050.
- [124] D. M. Wu, C. K. P. Luk, y W. Z. Fei, “Quality control of low-cost electric machines for electric vehicles by DOE assisted six sigma DMADV method”, en *2017 7th International Conference on Power Electronics Systems and Applications - Smart Mobility, Power Transfer & Security (PESA)*, dic. 2017, pp. 1–8. doi: 10.1109/PESA.2017.8277740.
- [125] admin, “Tianjin Daxue Xuebao / Issues:08”, *tianjindaxuexuebao*. <https://tianjindaxuexuebao.com/0493-2137-tju-v54-i08/> (consultado el 20 de mayo de 2023).
- [126] H. G. Pulido, “Análisis y diseño de experimentos”.

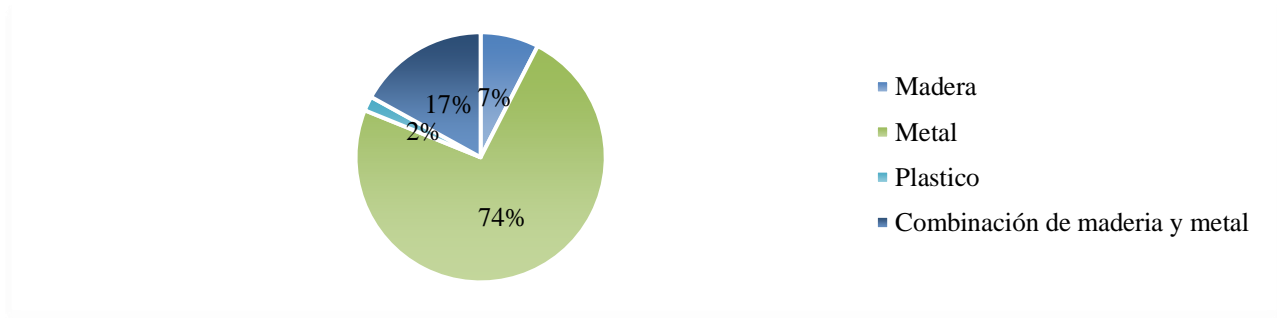
7 ANEXOS

7.1 ANEXO 1. Encuesta para bases de piso

Estudio de mercado para el diseño de bases de piso para decoración de eventos.

El siguiente formulario es para desarrollar un proyecto de tesis como estudio de caso, para validar una metodología enfocada en el diseño de nuevos productos desarrollada en la Universidad Autónoma de Baja California.

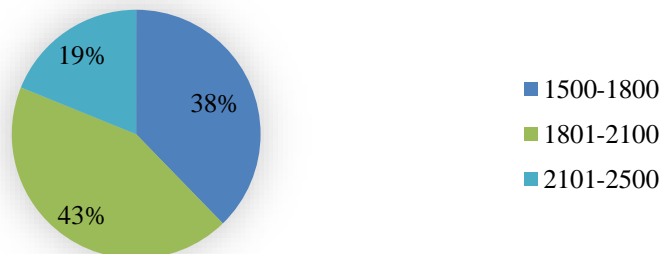
1. ¿Qué material prefieres utilizar en las bases de piso?



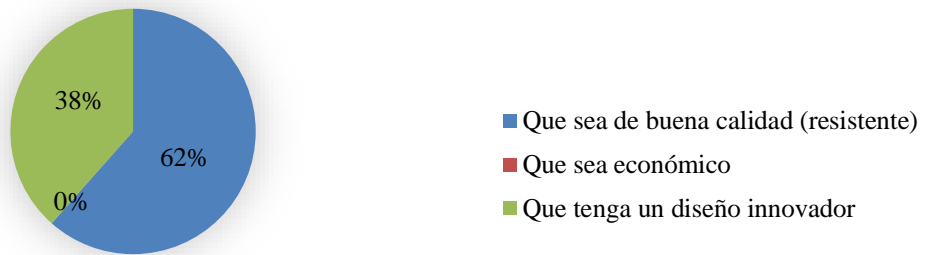
2. Con base en la respuesta anterior, ¿Por qué razón prefiere el material en comparación con los otros?



3. ¿Cuánto estarías dispuesto a pagar por un juego de 3 bases de piso para postres?



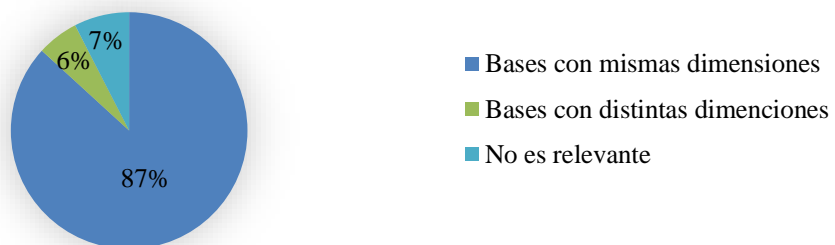
4. ¿Qué característica del producto te parece que es la más importante



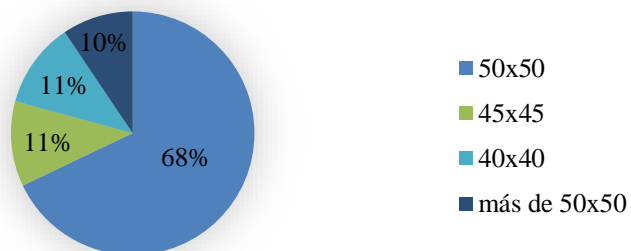
5. ¿Qué característica es la que más le desagrada de las bases actuales?



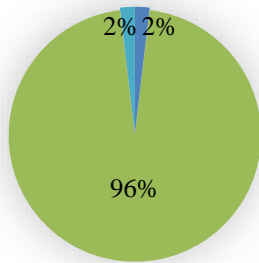
6. Respecto al ancho y largo de las bases, ¿Qué característica te gustaría más?



7. ¿Qué dimensión te gustaría que tuvieran las bases de largo y ancho (en cm)?

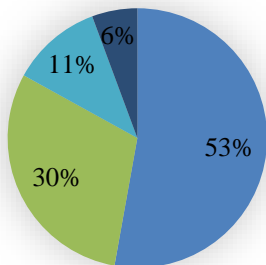


8. Respecto a la altura de las bases ¿Qué característica te gustaría más?



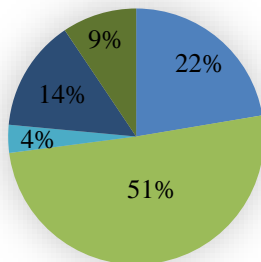
- Que las 3 bases tengan la misma altura
- Que las 3 bases tengan alturas diferentes
- No es relevante

9. ¿Cuánta diferencia de tamaño te gustaría que hubiera entre bases?(independientemente de tu respuesta anterior)



- 1-5 cm
- 6-10 cm
- 11-15 cm
- 16-20 cm

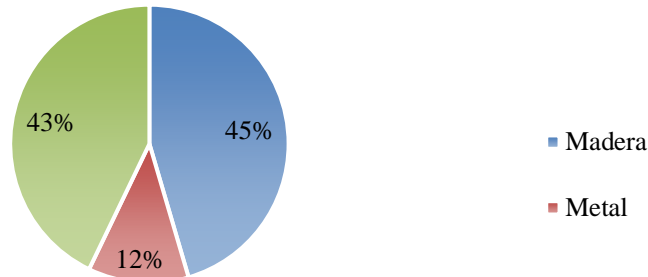
10. Elige los 3 colores que prefieres en las bases



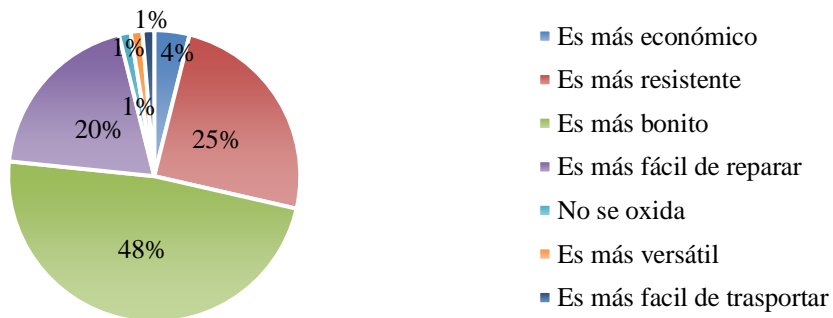
- Blanco
- Dorado
- Plateado
- Café amaderado

1.2 Anexo 2. Encuesta mampara para decoración

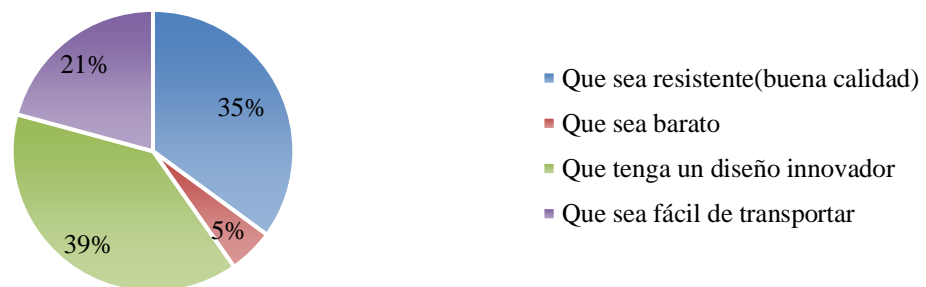
1. ¿Qué material prefieres utilizar en las mamparas para fondo de decoración?



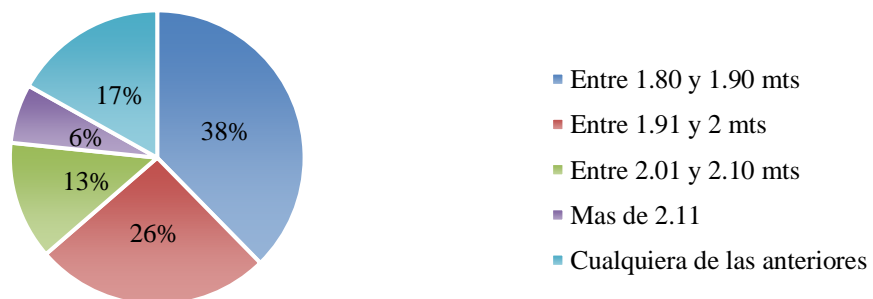
2. Con base en la respuesta anterior, ¿por qué razón prefiere el material en comparación con los otros?



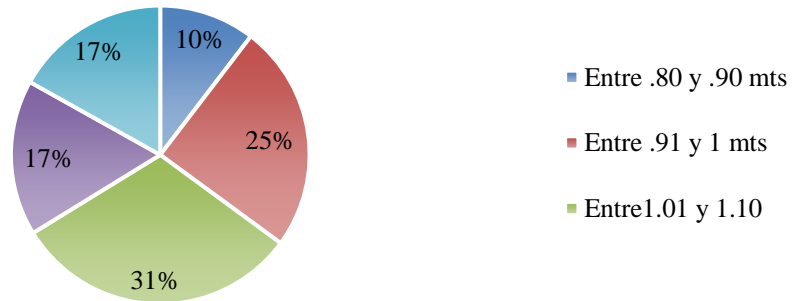
3. ¿Qué característica del producto te parece que es la más importante?



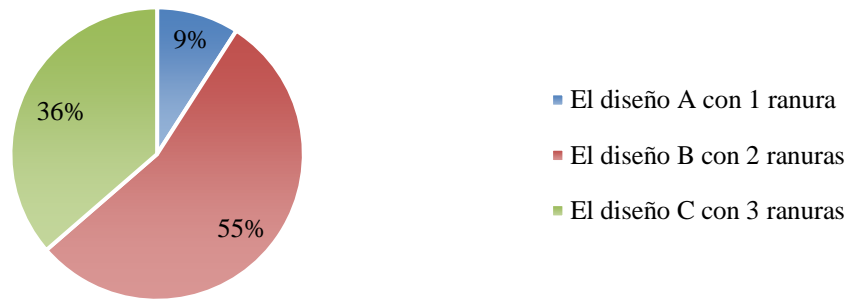
4. Respecto al largo de la mampara, ¿Qué medida en metros considera que es la más adecuada?



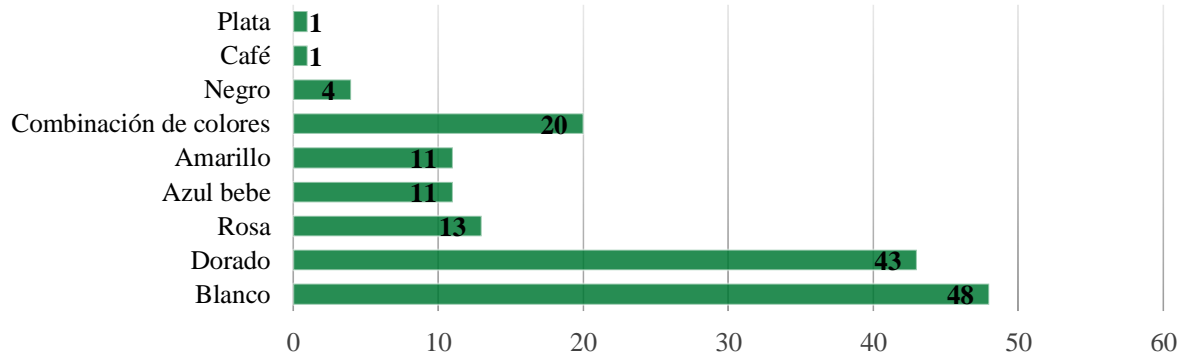
5. Respecto al Ancho de la mampara, ¿Qué medida en metros considera que es la más adecuada?



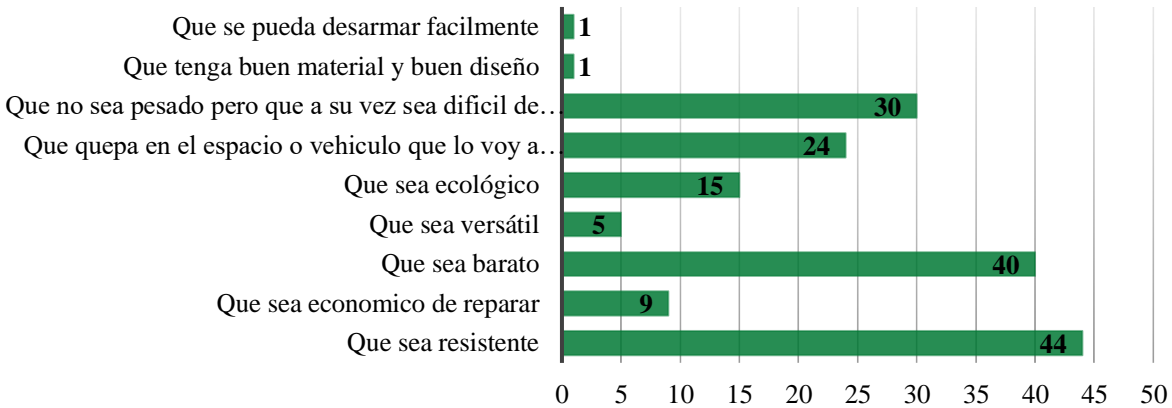
6. ¿Cuál de los siguientes diseños te gustaría más?



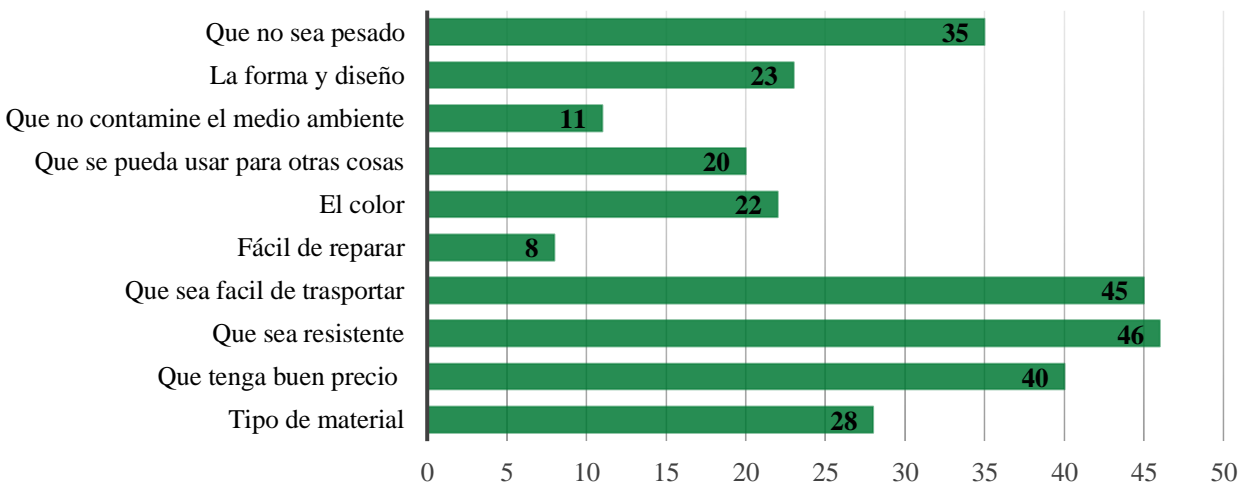
7. Elige los 3 colores que prefieres en la mampara



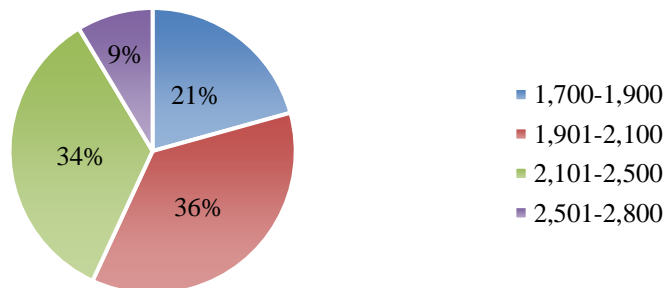
2. De las siguientes características elige las 3 que mejor definen que una mampara tenga calidad para ti



3. Selecciona las 3 principales características que mas te importan de las mamparas para fondo de decoración

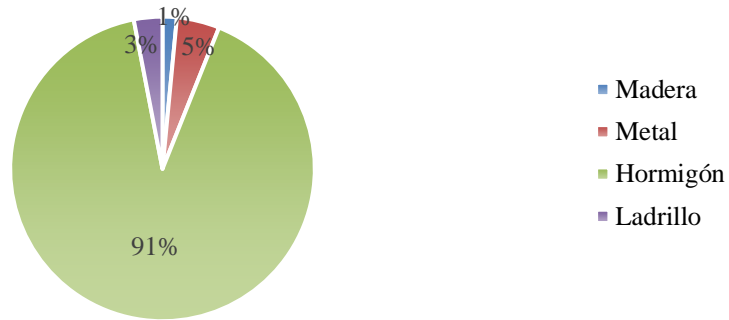


4. ¿Cuánto estarías dispuesto a pagar por una mampara para decoración (pesos)?

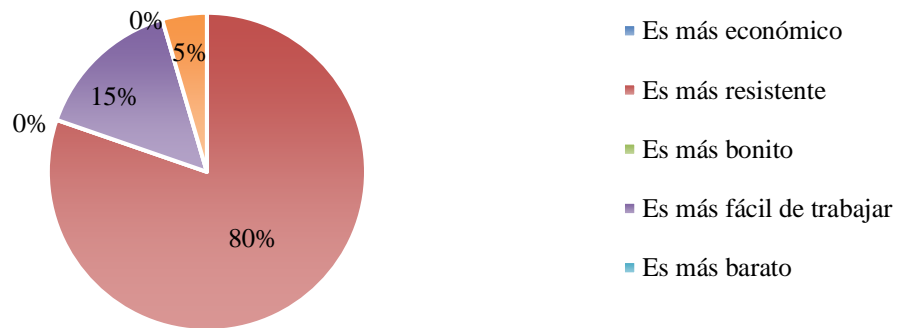


7.3 Anexo 3. Encuesta bloque de hormigón

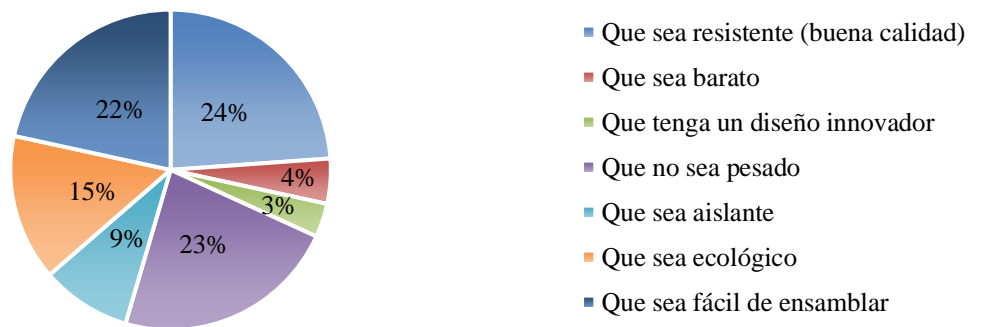
1. ¿Qué material prefieres utilizar en las construcciones para paredes o muros?



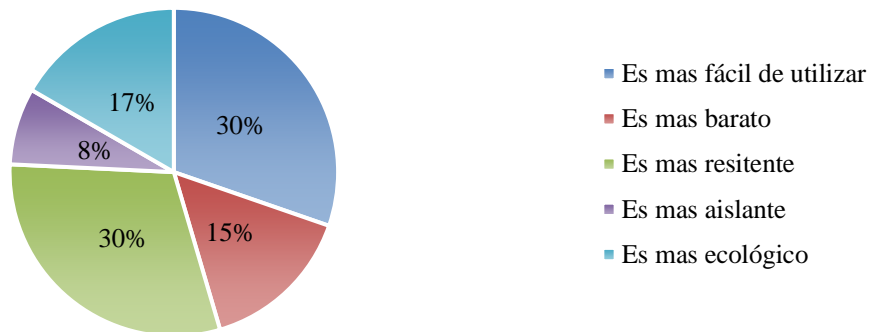
2. Con base en la respuesta anterior, ¿Por qué razón prefiere el material en comparación con los otros?



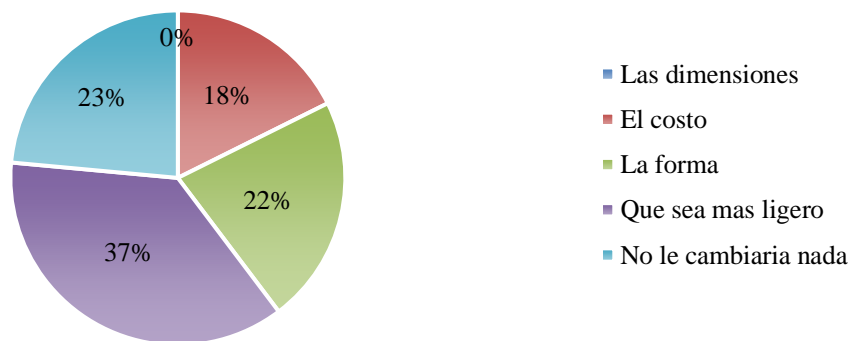
3. Selecciona las 3 principales características de un producto para la construcción que creas que son las más importantes?



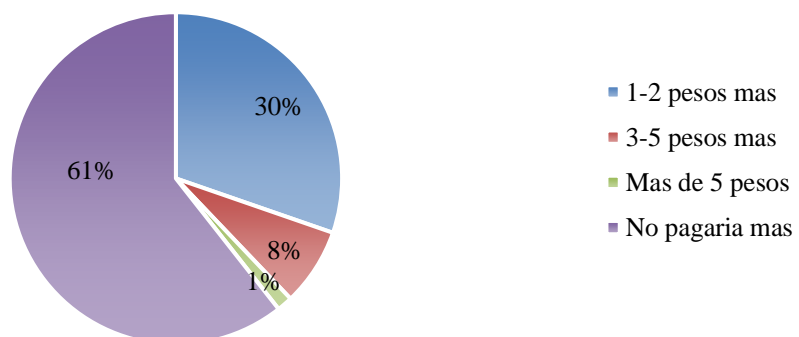
4. ¿Por qué razón estarías dispuesto a cambiar de material?



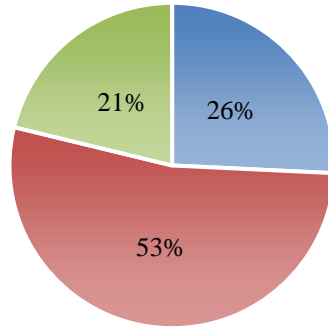
5. ¿Qué características cambiarías del bloque convencional?



6. ¿Cuánto estarías dispuesto a pagar por un bloque con mejores características?



7. ¿Estarías dispuesto a realizar la compra de un producto más ecológico para la construcción?



- Si, es importante el cuidado del medio ambiente
- Si, siempre y cuando no disminuya la calidad
- No, estoy comodo con los productos actuales