

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY

DIVISION DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA



APLICACION DE LA METODOLOGIA QTC EN EL
DISEÑO DE UNA MAQUINA DESESPINADORA
DE NOPAL

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD EN SISTEMAS DE MANUFACTURA

JAIME TARCISIO ALVAREZ RAMIREZ

DICIEMBRE DE 1998

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS MONTERREY**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA**



**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA QTC EN EL DISEÑO DE UNA
MÁQUINA DESESPINADORA DE NOPAL**

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD EN SISTEMAS DE MANUFACTURA**

JAIME TARCISIO ÁLVAREZ RAMÍREZ

DICIEMBRE 1998

DEDICATORIA

A mis padres

Elia y Jaime

A mis hermanos

Antonio, Eugenia y Laura

Y a Todos los que están conmigo siempre.

AGRADECIMIENTOS

- Al Dr. Noel León Rovira, por la oportunidad de trabajar con él, aprender de él, y por hacerme sentir orgulloso de ser ingeniero.
- Al Dr. Eugenio García Gardea, por su apoyo e interés en el proyecto y por sus apreciables consejos.
- Al Dr. Alberto Hernández Luna, por las valiosas lecciones que me impartió, tanto académicas como profesionales.
- A mis queridos papás, hermanos, tías y demás familiares, por su apoyo incondicional.
- A mis Mejores Amigos y a Deyanira, gracias.

RESUMEN

En la presente tesis se propone un Modelo del Proceso de Diseño de Nuevos Productos Manufacturados sustentado en la Metodología QTC (QFD-TRIZ-CAD), la cual integra las herramientas Despliegue de la Función de Calidad (QFD, por sus siglas en inglés), Teoría de la Solución de Problemas de Inventiva (TRIZ) y Diseño Asistido por Computadora (CAD). Se presenta una descripción de éstas y otras herramientas auxiliares de diseño involucradas en el modelo. Se exponen los resultados derivados de la aplicación de la metodología QTC en el proceso de diseño de una máquina desespinaadora de nopal. Los planos y descripciones a detalle de este desarrollo tecnológico se muestran parcialmente por cuestiones de confidencialidad.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Resumen	v
Lista de Figuras	ix
Lista de Tablas	x
PARTE I. INTRODUCCIÓN A LA PROBLEMÁTICA Y AL PROCESO DE DISEÑO MECÁNICO APOYADO EN LA METODOLOGÍA QTC	
Capítulo 1. Introducción	1
1.1 Introducción General	1
1.2 Antecedentes	2
1.2.1 El Nopal	2
1.2.2 Planteamiento del Problema	3
1.3 Hipótesis	4
1.4 Estructura de la Tesis	4
Capítulo 2. Introducción al Proceso de Diseño Mecánico y la Metodología QTC	7
2.1 Definición del Proceso de Diseño y sus Fases	7
2.2 La Metodología QTC	11
2.3 Conclusiones	15
PARTE II. CASO DE ESTUDIO DE APLICACIÓN DE QTC: DISEÑO DE UNA MÁQUINA DESESPINADORA DE NOPAL	
Capítulo 3. Fase de Determinación de Especificaciones	17
3.1 Cuestionario de Situación Innovativa (ISQ)	18
3.1.1 Información acerca del Sistema	18
3.1.2 Recursos Disponibles	19
3.1.3 Información acerca de la Situación del Problema	19
3.1.4 Cambios en el Sistema	20
3.1.5 Criterios para seleccionar conceptos de solución	20
3.1.6 Historia de Intentos por solucionar el Problema	20
3.2 Cuestionario de Situación Innovativa: Caso de estudio Nopalito'z	21
3.3 Conclusiones del Cuestionario de Situación Innovativa	27
3.4 Despliegue de la Función de Calidad (QFD)	28
3.5 Despliegue de la Función de Calidad (QFD): Caso de estudio Nopalito'z	32

3.6	Conclusiones del Despliegue de la Función de Calidad	35
3.7	Análisis Estadístico de la penca de nopal	36
3.7.1	Variedad de Nopal <i>Milpa Alta</i>	37
3.7.2	Variedad de Nopal <i>Jardín</i>	38
3.8	Análisis Estadístico de la penca de nopal: Caso de estudio Nopalito'z	39
3.9	Conclusiones del Análisis Estadístico de la penca de nopal	44
3.10	Conclusiones de la Fase de Determinación de Especificaciones	45
Capítulo 4. Fase de Diseño Conceptual		47
4.1	Análisis Funcional	47
4.2	Análisis Funcional: Caso de estudio Nopalito'z	51
4.3	Conclusiones del Análisis Funcional	54
4.4	Investigación de Patentes	54
4.5	Investigación de Patentes: Caso de estudio Nopalito'z	56
4.6	Conclusiones de la Investigación de Patentes	57
4.7	TRIZ – Diagrama SUH	58
4.8	Diagrama SUH: Caso de estudio Nopalito'z	60
4.9	Conclusiones del Diagrama SUH	70
4.10	TRIZ – Análisis Campo-Sustancia	71
4.11	Análisis Campo-Sustancia: Caso de estudio Nopalito'z	73
4.12	Conclusiones del Análisis Campo-Sustancia	79
4.13	TRIZ – Análisis de Contradicciones	80
	4.13.1 Tabla de Contradicciones Técnicas	81
	4.13.2 Contradicciones Físicas y Principios de Separación	83
4.14	Análisis de Contradicciones: Caso de estudio Nopalito'z	85
4.15	Conclusiones del Análisis de Contradicciones	88
4.16	Matriz Morfológica	89
4.17	Matriz Morfológica: Caso de estudio Nopalito'z	91
4.18	Conclusiones de la Matriz Morfológica	94
4.19	Conclusiones de la Fase de Diseño Conceptual	95
Capítulo 5. Fase De Diseño Detallado		97
5.1	Diseño Asistido por Computadora	97
5.2	Diseño Asistido por computadora: Caso de estudio Nopalito'z	98
5.3	Conclusiones del Diseño Asistido por Computadora	108
5.4	Conclusiones de la Fase de Diseño Detallado	108
Capítulo 6. Resultados de la Aplicación de QTC en Funciones Auxiliares de la Máquina Desespinaadora		110
6.1	Sistema de Lavado y Desinfección	110
6.2	Sistema de Desorillado de Pencas	115
6.3	Sistema de Extracción de Espinas Removidas	117
6.4	Conclusiones de los Resultados de la Aplicación de QTC en Funciones Auxiliares de la Máquina	119

Capítulo 7. Conclusiones Generales	121
7.1 Conclusiones Generales	121
7.2 Recomendaciones y Perspectivas a Futuro	125
Apéndices	129
APÉNDICE A. Tabla de Contradicciones Técnicas	130
APÉNDICE B. Los 40 principios de Inventiva y la Tabla de contradicciones	136
APÉNDICE C. Las 76 soluciones estándar	145
Anexos	157
ANEXO 1. Patente No. 5,427,568	158
ANEXO 2. Patente No. 5,196,036	160
ANEXO 3. Patente No. 5,062,210	163
ANEXO 4. Patente No. 5,318,472	165
ANEXO 5. Patente no. 3,911,530	167
ANEXO 6. Patente No. 5,318,472	169
ANEXO 7. Patente no. 5,312,419	171
ANEXO 8. Patente No. 5,544,414	172
ANEXO 9. Vistas del Prototipo del Mecanismo Desespador	173
Referencias Bibliográficas	175
VITA	179

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
2.1 Proceso de desarrollo de nuevos productos sin la utilización de TRIZ en la fase conceptual	12
2.2 Proceso de desarrollo de nuevos productos con la adición de TRIZ en la fase conceptual	12
2.3 Aplicación de las herramientas de la Metodología QTC a lo largo del proceso de diseño	13
3.1 Esquema de la máquina desespinaadora original	22
3.2 Los elementos del QFD	29
3.3 Valor de los símbolos de relación entre <i>que's</i> y <i>cómo's</i>	31
3.4 Valor de los símbolos de relación en la matriz de Correlación	32
3.5 Matriz de QFD para la máquina desespinaadora actual	35
3.6 Penca de nopal de la variedad Milpa Alta	37
3.7 Detalle de la penca de nopal de la variedad Milpa Alta	38
3.8 Penca de nopal de la variedad Jardín	38
3.9 Detalle de la penca de la variedad Jardín	39
3.10 Distribución del tamaño del Nopal (variedad Jardín)	41
3.11 Distribución del tamaño del Nopal (variedad Milpa Alta)	42
3.12 Comportamiento del espesor a lo largo de la penca (variedad Milpa Alta)	43
3.13 Comportamiento del espesor a lo ancho de la penca (variedad Milpa Alta)	43
3.14 Comportamiento del espesor a lo largo de la penca (variedad Jardín)	44
3.15 Comportamiento del espesor a lo ancho de la penca (variedad Jardín)	44
4.1 La transformación de energía, materiales e información	48
4.2 Representación del Árbol Funcional de un sistema	50
4.3 Representación de la Estructura Funcional de un sistema	50
4.4 Árbol funcional de la máquina desespinaadora actual	51
4.5 Estructura funcional de la máquina desespinaadora actual	52
4.6 Árbol funcional de la máquina desespinaadora deseada	53
4.7 Flujo de las preguntas a partir de una Función Útil	59
4.8 Flujo de las preguntas a partir de una Función Perjudicial	60
4.9 Diagrama SUH de la descomposición funcional del proceso de desespinado de la máquina existente	61
4.10 Modelo del diagrama Campo-Sustancia	71
4.11 Modelo SUH de la máquina desespinaadora existente	74

4.12 Mecanismo existente de desorillado de nopal	88
4.13 Estructura de la Matriz Morfológica	90
4.14 Estructura de la Matriz de Decisión o de Pugh	90
4.15 Matriz Morfológica de la función de desespinado	93
4.16 Matriz de Decisión del concepto desespinaador	94
4.17 Esquema del concepto de navaja con seguidor	95
5.1 Concepto de navaja montada en seguidor	
5.2 Primer diseño de mecanismo desespinaador	
5.3 Segundo diseño de mecanismo desespinaador	
5.4 Arreglo desfasado entre los mecanismos desespinaadores	
5.5 Diseño original del desespinaador con movimiento mediante pernos y guías	
5.6 Diseño modificado del mecanismo desespinaador	
5.7 Vistas diversas del mecanismo desespinaador	
5.8 Fotografía del prototipo del mecanismo desespinaador montado en la máquina actual	
5.9 Fotografías del mecanismo durante su operación	
5.10 Fotografía de una tira de nopal después de pasar por el mecanismo desespinaador	
5.11 Problema identificado durante las pruebas	
5.12 Mecanismo desespinaador rediseñado	
5.13 Vistas del mecanismo desespinaador	
6.1 Concepto de solución para lavado y desinfección (vista lateral)	
6.2 Funcionamiento del sistema de lavado (vista lateral)	
6.3 Funcionamiento del sistema de desinfección (vista de planta)	
6.4 Evolución del concepto para las rampas	
6.5 Vista isométrica del sistema de lavado y desinfección	
6.6 Mecanismo anterior para desorillado de nopal	
6.7 Rediseño del mecanismo desorillador	
6.8 Rediseño del mecanismo desorillador (detalle)	
6.9 Vista isométrica del sistema de extracción de espinas	

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
3.1 Resumen de resultados del análisis estadístico	40
3.2 Distribución del Tamaño del Nopal (Variedad Milpa Alta, n=120)	41
3.3 Distribución del Tamaño del Nopal (Variedad Jardín, n=120)	41
4.1 Los 39 Parámetros de Altshuller	81
4.2 Los 40 Principios de inventiva	82

4.12 Mecanismo existente de desorillado de nopal	88
4.13 Estructura de la Matriz Morfológica	90
4.14 Estructura de la Matriz de Decisión o de Pugh	90
4.15 Matriz Morfológica de la función de desespinado	93
4.16 Matriz de Decisión del concepto desespinaador	94
4.17 Esquema del concepto de navaja con seguidor	95
5.1 Concepto de navaja montada en seguidor	
5.2 Primer diseño de mecanismo desespinaador	
5.3 Segundo diseño de mecanismo desespinaador	
5.4 Arreglo desfasado entre los mecanismos desespinaadores	
5.5 Diseño original del desespinaador con movimiento mediante pernos y guías	
5.6 Diseño modificado del mecanismo desespinaador	
5.7 Vistas diversas del mecanismo desespinaador	
5.8 Fotografía del prototipo del mecanismo desespinaador montado en la máquina actual	
5.9 Fotografías del mecanismo durante su operación	
5.10 Fotografía de una tira de nopal después de pasar por el mecanismo desespinaador	
5.11 Problema identificado durante las pruebas	
5.12 Mecanismo desespinaador rediseñado	
5.13 Vistas del mecanismo desespinaador	
6.1 Concepto de solución para lavado y desinfección (vista lateral)	
6.2 Funcionamiento del sistema de lavado (vista lateral)	
6.3 Funcionamiento del sistema de desinfección (vista de planta)	
6.4 Evolución del concepto para las rampas	
6.5 Vista isométrica del sistema de lavado y desinfección	
6.6 Mecanismo anterior para desorillado de nopal	
6.7 Rediseño del mecanismo desorillador	
6.8 Rediseño del mecanismo desorillador (detalle)	
6.9 Vista isométrica del sistema de extracción de espinas	

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
3.1 Resumen de resultados del análisis estadístico	40
3.2 Distribución del Tamaño del Nopal (Variedad Milpa Alta, n=120)	41
3.3 Distribución del Tamaño del Nopal (Variedad Jardín, n=120)	41
4.1 Los 39 Parámetros de Altshuller	81
4.2 Los 40 Principios de inventiva	82

PARTE I INTRODUCCIÓN A LA PROBLEMÁTICA Y AL PROCESO DE DISEÑO MECÁNICO APOYADO EN LA METODOLOGÍA QTC

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se describe de forma global la motivación del presente trabajo de tesis. Primeramente, se presentan antecedentes del nopal y la importancia económica de la industria que lo comercializa, así como una descripción de la situación problemática que generó la necesidad de diseñar una máquina para desespinarlo. Se explican las contribuciones y el producto resultante de la investigación. Finalmente se exponen la hipótesis, el objetivo y la estructura de la presente tesis.

1.1 Introducción General

Los factores que influyen en las decisiones de las empresas están cambiando cada vez más rápidamente. Los valores y estructura de las sociedades, el progreso tecnológico, la demanda de productos y servicios y la estructura de las economías, determinan las condiciones en las que las empresas deben de competir por recuperar, mantener y conquistar los mercados a los que desean satisfacer [Hitomi, 1979].

Es un hecho que las organizaciones, en un intento por responder a las dinámicas demandas de los mercados, buscan constantemente nuevas formas de mejorar la calidad de sus productos y -paralelamente- reducir los costos de producción y el tiempo requerido para introducirlos al mercado. Es entonces cuando se hace notar la gran importancia de la etapa de diseño en el ciclo de vida de un producto, pues de esta actividad depende en su mayor parte tanto el desempeño funcional del producto como su manufacturabilidad. En términos económicos, la relevancia de la etapa de diseño se refleja en que ésta representa un 70-80% del costo total de un producto.

A lo largo de la historia de la industria manufacturera y en la constante búsqueda por aumentar la productividad, han surgido diversas filosofías, metodologías y herramientas que permiten mejorar la calidad, costo y tiempo de desarrollo de los productos. El presente trabajo, a través de un caso de estudio, documenta el resultado de la integración práctica de TRIZ, QFD y CAD, tres importantes herramientas utilizadas para apoyar las fases de diseño de un producto. El despliegue de la función de la Calidad (QFD), la Teoría de la Solución de Problemas de Inventiva (TRIZ) y el Diseño asistido por computadora (CAD), son conceptos que han probado su éxito en el apoyo al proceso de diseño de productos y que son utilizados actualmente en empresas de todo el mundo que persiguen asegurar la creación de un producto acorde con las necesidades presentes y futuras del mercado.

La principal aportación del trabajo descrito en esta tesis consiste en el diseño de una máquina desespinaadora de nopal mediante la metodología QTC (QFD-TRIZ-CAD), desarrollada en el CSIM [León, 1998] y que es resultado de la integración de las tres herramientas de diseño antes mencionadas, apoyadas por otras de carácter auxiliar. Se describe especialmente el proceso de diseño del mecanismo desespinaador. Sin embargo, se documenta la evolución conceptual de los sistemas de lavado y desinfección, desorillado de penca y succión de espinas, todos ellos creados utilizando la misma metodología. Se pretende además que este caso de estudio contribuya al esfuerzo del Área de Desarrollo e Innovación Tecnológica del Centro de Sistemas Integrados de Manufactura por investigar, analizar, mejorar, implementar y enseñar las metodologías y herramientas de diseño más exitosas y novedosas a nivel internacional.

1.2 Antecedentes

1.2.1 El Nopal

El nopal (*Opuntia spp*) ha sido, en el desarrollo histórico de los mexicanos, uno de los elementos bióticos más relevantes y de mayor significado cultural [Granados, 1991]. Es utilizado como alimento -ya sea como verdura o fruto-, bebida alcohólica, dulce,

forraje, producto industrial, cerco vivo, etc. Su valor cultural ha quedado plasmado en códices, pinturas y bibliografías de antiguas sociedades mexicanas y su significado histórico es evidente, bastando que se encuentra en el escudo de la bandera mexicana, en donde es uno de los símbolos nacionales más característicos.

La planta de nopal se distribuye en América, donde México es el país con mayor abundancia de especies, constituyendo un centro de origen y diversidad de esta especie. Debido a sus características morfológicas, el nopal puede considerarse un vegetal de zonas áridas y semiáridas, las cuales abarcan de 50% a 70% del territorio mexicano [Granados, 1991], debido a lo cual esta cactácea -junto con el maíz y el maguey- es considerada como elemento base de la agricultura estable entre los mexicanos. Su cultivo solamente en el estado de Nuevo León, representa cuantiosos ingresos a este sector, alcanzando ingresos por su exportación de 40 millones de dólares para 1998, siendo Japón su principal comprador.

1.2.2 Planteamiento del problema

El creciente interés de los consumidores por conservar la salud, principalmente mediante hábitos alimenticios saludables, ha provocado un constante incremento en la demanda del nopal en sus diferentes presentaciones como son a granel, enlatado, empacado en bolsa, cápsulas, licuados, etc., por lo que las empresas que lo procesan han advertido la necesidad de elevar sus capacidades productivas. Debido a esto, la automatización de su procesamiento se ha convertido en una estrategia eficaz para hacer frente a los requerimientos de este producto.

Operaciones comunes a las que se somete el nopal son el lavado, desinfección, secado, machacado, corte y desespinado. Generalmente, estas actividades se llevan a cabo de forma manual, ya que los esfuerzos por automatizarlas han alcanzado resultados satisfactorios únicamente en las cinco primeras tareas. Particularmente en el desespinado, los resultados obtenidos han sido limitados debido a que la morfología, composición y comportamiento durante manejo del nopal, obstaculizan la remoción de

sus espinas y la protuberancia en que se asienta mediante conceptos mecánicos comunes utilizados en el procesamiento de otros productos alimenticios como tuna, papa, pescado, pollo, etc. Debido a esta situación, la empresa Productos GERMA, S.A. de C.V. solicitó al área de Diseño e Innovación Tecnológica del CSIM-ITESM el desarrollo de una máquina desespinaadora de nopal, específicamente de las variedades Milpa Alta y Jardín.

Dentro del proyecto que engloba el desarrollo de esta tesis, se analiza la máquina desespinaadora con la que actualmente cuenta la empresa y se plantea el diseño de una nueva que lleve a cabo su función con mejor desempeño. Para ello, el diseño deberá incluir funciones adicionales (lavado, desinfección y extracción de espinas removidas) con el fin de incrementar la capacidad del cliente a nivel general.

1.3 Hipótesis

"La metodología QTC (QFD-TRIZ-CAD) desarrollada en el CSIM, apoyada con otras herramientas de diseño, constituye una herramienta integral que, a lo largo de las fases del proceso de desarrollo de productos, asegura la creación de diseños adecuados a los requerimientos del cliente y permite generar conceptos creativos de diseño. Esta metodología aplicada al desarrollo de una máquina de desespinar nopal permitirá alcanzar resultados superiores a los obtenidos hasta el presente".

1.4 Estructura de la Tesis

La primera parte (primeros dos capítulos), constituye el marco de referencia teórico del modelo del proceso de diseño que ocupa este trabajo de tesis. En el presente capítulo se presenta una introducción al tema de la tesis y se proporciona una descripción general de la situación que generó el área de oportunidad para elaborar este trabajo de desarrollo, así como la importancia que tiene el nopal dentro de la cultura y economía mexicana. Finalmente, se establece la hipótesis de la tesis.

En el capítulo 2 se presenta una introducción al proceso de diseño. Se incluyen las definiciones de varios autores acerca de este proceso y las fases que lo componen. Posteriormente se propone un modelo del proceso de diseño apoyado en la metodología QTC, describiendo brevemente las herramientas que la componen.

Con el capítulo 3 comienza la segunda parte de la tesis, que documenta el proceso de diseño de la máquina desespinaadora de nopal. Este capítulo presenta la Fase de Desarrollo de Especificaciones, donde se tratan más a fondo las herramientas Despliegue de Función de la Calidad (QFD) y Cuestionario de Situación Innovativa (ISQ). Al final de la descripción teórica de cada herramienta, se expone su aplicación práctica en el caso de estudio. Se incluye además un breve análisis estadístico realizado a la penca de nopal.

El capítulo 4 describe la Fase de Diseño Conceptual. Se explican teórica y prácticamente el Análisis Funcional, la Investigación de Patentes, TRIZ (tres de sus herramientas) y las matrices Morfológica y de Decisión. Es el capítulo más extenso de la tesis, ya que es esta la etapa más importante del proceso de diseño, pues de su resultado depende completamente el éxito en la funcionalidad del producto.

El capítulo 5 expone la tercera fase del proceso de desarrollo del sistema: El Diseño Detallado. Durante esta etapa se definen todas las características del producto que permiten su fabricación, tales como dimensiones, materiales, tolerancias y procesos de manufactura. A lo largo del capítulo se documenta la evolución que sufrió el diseño a lo largo de esta etapa.

En el capítulo 6 se incluyen los resultados alcanzados de la aplicación de la metodología QTC en las funciones de lavado y desinfección, desorillado de pencas y succión de espinas. Se relata esencialmente la evolución conceptual de los diseños y se presentan los dibujos detallados más importantes.

El séptimo y último capítulo presenta las conclusiones generales de la tesis. Se presentan reflexiones acerca de la metodología QTC, tanto de los resultados obtenidos a través de la aplicación, como de su utilidad y perspectivas a futuro como herramienta de diseño. Finalmente se proponen recomendaciones para futuros trabajos de investigación relacionados con esta poderosa metodología.

CAPÍTULO 2. INTRODUCCIÓN AL PROCESO DE DISEÑO MECÁNICO Y A LA METODOLOGÍA QTC.

En este capítulo se exponen diversas definiciones del proceso de diseño con el objetivo de presentar la concepción de diversos autores. Se concluye posteriormente, que en esencia se compone de tres fases: Determinación de Especificaciones, Diseño Conceptual y Diseño Detallado. Se describe además el modelo del proceso de diseño que se sustenta en la metodología QTC y es apoyado por herramientas auxiliares.

2.1 Definición del Proceso de Diseño y sus Fases

En la presente tesis se aborda el concepto de diseño como el proceso de desarrollo o mejora de un sistema técnico o mecánico. A continuación se presentan algunas definiciones de diseño dentro este contexto, así como las fases que lo componen.

Priest [Priest, 1988] afirma que el Diseño de Ingeniería es “El proceso establecido de consolidar recursos e información limitados en un producto utilizable, que satisfaga las necesidades de un número determinado de usuarios”. Las fases que lo componen son:

- (1) Definición de Requerimientos: Consiste en identificar las necesidades generales del usuario y definir los objetivos del producto.
- (2) Diseño Conceptual: Evaluar diferentes alternativas de solución y tecnologías que sean capaces de satisfacer todos los requerimientos de desempeño, manufacturabilidad, confiabilidad y costos.
- (3) Diseño Detallado: Comienza en el punto en que los diseñadores desarrollan un concepto de solución que puede responder a todos los requerimientos.

- (4) Pruebas y Evaluación: Su objetivo es optimizar el diseño del producto al identificar problemas potenciales y áreas de oportunidad antes de su producción.
- (5) Producción e Ingeniería de Soporte: Contempla la fabricación del producto, así como el análisis ingenieril de su comportamiento desde su producción hasta su desecho.

Ertas y Jones [Ertas y Jones, 1993] presentan al Diseño de Ingeniería como “El proceso de idear un sistema, componente o proceso para satisfacer las necesidades deseadas”. Dicho proceso se compone de 5 actividades:

- (1) Reconocimiento: Se identifica y clarifica la necesidad que puede ser satisfecha por el producto.
- (2) Conceptualización: Persigue la generación de soluciones viables al problema de diseño.
- (3) Evaluación de Factibilidad: Consiste en analizar el potencial de éxito del concepto elegido.
- (4) Diseño Preliminar: Se determina la estructura general del diseño.
- (5) Diseño Detallado: Se genera el diseño del producto de forma completa y definitiva.

Clausing [Clausing, 1994] se refiere al desarrollo de productos como Desarrollo de Calidad Total, el cual “...es la forma moderna de desarrollar nuevos productos que serán competitivos en la economía global”. Se compone de tres etapas:

- (1) Concepto: Contempla la transformación de las necesidades de los clientes en un concepto de diseño satisfactorio.
- (2) Diseño: Desarrollar el concepto del producto en un diseño detallado y listo para su producción.
- (3) Preparación de la Producción: persigue completar las tareas necesarias para llevar el diseño a su producción.

Hubka [Hubka, 1982] define al diseño de ingeniería como “El proceso de transformar información a partir de los requerimientos del cliente hasta llegar a una descripción completa del sistema técnico propuesto”. Las etapas del modelo del proceso de diseño de Hubka son:

- (a) Elaboración o Clarificación del problema asignado: Consisten en analizar el problema y sus requerimientos, así como preparar y planear el proceso de diseño.
- (b) Diseño Conceptual: Contempla el establecimiento de la estructura funcional del sistema y la generación y evaluación de conceptos de solución.
- (c) Definición del *Lay-Out* del sistema: Se define la distribución del sistema de forma preliminar y posteriormente en detalle.

Pahl y Beitz [Pahl y Beitz, 1996] conciben al diseño como “El intento intelectual para satisfacer de la mejor manera posible determinadas demandas, contribuyendo así en la aplicación del conocimiento científico para la solución de problemas técnicos, para entonces optimizar dicha solución dentro de las limitaciones de material, tecnológicas y económicas”. Para estos autores, el diseño de ingeniería se compone de 4 fases:

- (a) Planeación del Producto y Clarificación de la Tarea: Consiste en la búsqueda de ideas para productos con potencial de éxito y la definición del producto que debe desarrollarse.
- (b) Diseño Conceptual: Se elabora la ruta de una solución básica a través de un concepto de solución.
- (c) Diseño de Materialización: Se desarrolla el concepto en base a criterios técnicos y económicos.
- (d) Diseño Detallado: Pretende definir en detalle la estructura del producto, así como documentos de producción.

Pugh [Pugh, 1991] presenta al Proceso de Desarrollo del Producto (PDP), como una “Una actividad intermedia entre las actividades de definición de la

necesidad del mercado y la venta del producto”; Pugh nombra a todo el conjunto de actividades como Diseño Total (*Total Design*). El PDP se compone por:

- (a) Formulación de Especificaciones del Producto: Esta fase consiste en definir los requerimientos que debe satisfacer el diseño del producto.
- (b) Diseño Conceptual: La fase conceptual del proceso de diseño persigue la generación de soluciones para satisfacer los requerimientos establecidos en la formulación de especificaciones.
- (c) Diseño a Detalle: Durante esta fase se detalla el diseño de los conceptos generados que se evaluaron como la mejor solución, de manera que su entendimiento se incremente, y al mismo tiempo se asegure su compatibilidad.

Ullman [Ullman, 1992] define al Proceso de Diseño de Ingeniería como “La ruta que indica cómo llegar desde de la necesidad de un objeto específico hasta un producto final”. Divide a este proceso en tres fases:

- (a) Fase 1: Planeación y Desarrollo de Especificaciones: Su objetivo consiste en establecer claramente los requerimientos del producto en términos de especificaciones que permitan entender completamente la necesidad que debe satisfacer.
- (b) Fase 2: Diseño Conceptual: Durante esta fase se generan ideas preliminares y no desarrolladas sobre cómo debe verse y funcionar el producto.
- (c) Fase 3: Diseño del Producto: Esta fase parte de los conceptos generados en la etapa anterior y finaliza con la concepción de un producto final listo para manufacturarse.

En base a los conceptos sobre el proceso de diseño aquí expuestos, se concluye que el proceso de diseño se compone básicamente de tres fases:

1. Determinación de Especificaciones. Consiste en la conversión de los requerimientos del mercado (cliente) en especificaciones de ingeniería

para comenzar el diseño del producto [Al-Ashaab, 1998]. En esta etapa la voz del cliente debe ser representada y el problema de diseño completamente entendido.

2. Diseño Conceptual. Involucra la propuesta de diversos conceptos de solución que satisfagan los requerimientos antes definidos. Se establece además –de forma aproximada- el diseño de dichas soluciones.
3. Diseño Detallado. Durante esta fase el producto obtiene su forma definitiva [Al-Ashaab, 1998], se realizan análisis detallados de sus características críticas, se fijan las especificaciones, tolerancias y métodos de manufactura.

2.2 La Metodología QTC

QTC (QFD-TRIZ-CAD) consiste en una metodología estructurada, que actualmente se desarrolla en el CSIM y que integra algunas de las mejores técnicas de diseño del mundo a lo largo de las tres fases que componen el proceso de desarrollo de un producto. En la parte central de esta metodología se encuentran las herramientas Despliegue de la función de Calidad (QFD), Teoría de la Solución de Problemas de Inventiva (TRIZ) y Diseño Asistido por Computadora (CAD); las cuales tienen la función de apoyar respectivamente a cada una de las tres etapas del proceso de diseño descrito anteriormente.

El Despliegue de la Función de Calidad y el Diseño asistido por Computadora son poderosas herramientas que se han sumado exitosamente al proceso de diseño desde hace más de una década. Sin embargo, en la fase conceptual del desarrollo de productos por lo general se han utilizado herramientas limitadas de generación de conceptos como la Lluvia de ideas y el de Prueba y error, con lo que –con dichas herramientas- el proceso global de diseño se encuentra equitativamente asistido (figura 2.1).

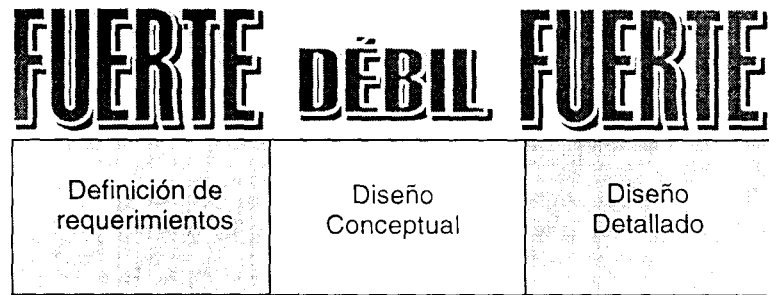


Figura 2.1 Proceso de desarrollo de nuevos productos sin la utilización de TRIZ en la fase conceptual (Adaptado de León [León, 1998]).

Con la suma de la Teoría de la Solución de Problemas de Inventiva (TRIZ) al proceso de diseño, se mejora sustancialmente el la parte innovativa y conceptual del diseño. TRIZ constituye un proceso sistemático para resolver problemas de inventiva, facilitando la generación de una exhaustiva familia de soluciones creativas y mutuamente distintas a problemas no resueltos. De esta forma, incorporando TRIZ al proceso de diseño, éste se fortalece significativamente (figura 2.2).

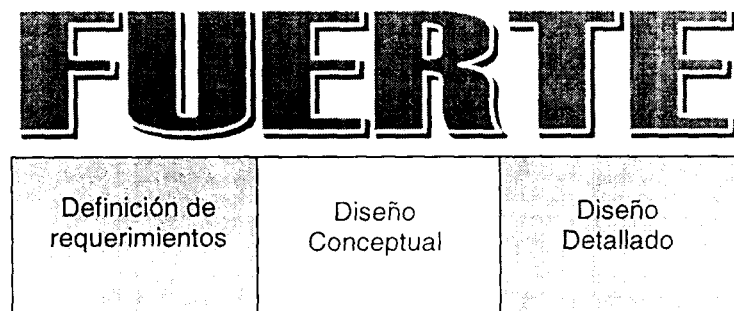


Figura 2.2 Proceso de desarrollo de nuevos productos con la adición de TRIZ en la fase conceptual (Adaptado de [León, 1998]).

Dentro de la metodología QTC, QFD, TRIZ y CAD son herramientas apoyadas por otras de carácter auxiliar, conformando así un modelo del proceso de diseño que se representa en la siguiente figura (figura 2.3).

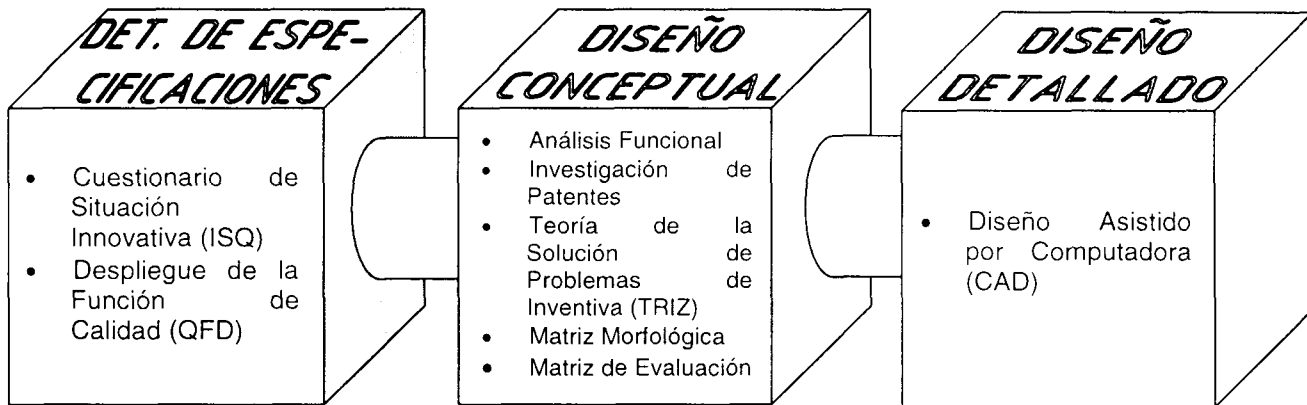


Figura 2.3 Aplicación de las herramientas de la Metodología QTC a lo largo del proceso de diseño.

A continuación se describen brevemente las herramientas que componen a la metodología QTC:

1. Fase de Determinación de Especificaciones:

(A) Cuestionario de Situación Innovativa (ISQ): El objetivo de esta herramienta –que forma parte de TRIZ– es forzar al diseñador a documentar el problema, recursos disponibles, posibles soluciones, limitaciones, etc. Es una forma estructurada de reducir la probabilidad de pasar por alto aspectos importantes del problema o los recursos con que se cuenta [Terninko, 1995].

(B) Despliegue de la Función de Calidad (QFD): Es una herramienta que permite establecer un proceso sistemático que ayuda a comprender e integrar los requerimientos del cliente en los productos [Akao, 1990], enfocando así los esfuerzos de desarrollo en satisfacer estas necesidades. Facilita además llevar a cabo un análisis de factibilidad de los requerimientos desde el punto de vista del conocimiento disponible en la empresa y sienta una base para analizar posibles problemas de inventiva en el desarrollo del producto [Aguayo, 1997].

2. Fase de Diseño Conceptual

- (A) **Análisis Funcional:** Esta herramienta se basa en la concepción de un artefacto técnico como un sistema, que a su vez puede ser dividido en subsistemas. De esta “estructura anatómica” [Hubka, 1980] depende la capacidad de un sistema técnico para transformar adecuadamente las entradas del sistema (materiales, energía e información) en efectos útiles que cumplan con los requerimientos de funcionalidad. Dividiendo al problema (sistema) en subproblemas, se clarifican las funciones específicas que debe realizar el sistema, y a partir de las cuales se pueden hacer análisis causa-efecto y generar conceptos de solución, mediante herramientas de TRIZ que se presentarán más adelante.
- (B) **Investigación de Patentes:** Una fuente importante de conceptos de solución son las bases de datos de patentes, a partir de las cuales se permite indagar el estado del arte del producto que se desea diseñar y las maneras en que otras personas han resuelto problemas. El acceso a registros de patentes por medio de Internet, aunado a las funciones de búsqueda que éstas integran, facilitan enormemente el esfuerzo de investigación del diseñador.
- (C) **TRIZ (Teoría de la Solución de Problemas de Inventiva):** Consiste en una metodología estructurada para resolver problemas tecnológicos que requieran un alto grado de creatividad e inventiva [León, 1998]. TRIZ se sustenta en la premisa de que los problemas de inventiva pueden ser codificados, clasificados y resueltos metódicamente, de la misma manera que otros problemas de ingeniería [Kaplan, 1994]. TRIZ está compuesto por diversas herramientas, por lo que la elección de las más adecuadas a determinado problema depende de su conocimiento y experiencia. Primeramente, el modelo de diseño propuesto en esta tesis contempla la utilización de los Diagramas SUH, el Análisis Campo-Sustancia y la Tabla de Contradicciones. Las dos primeras herramientas pertenecen a la categoría de herramientas analíticas de TRIZ, en las que la generación de soluciones se deriva de la declaración y estructuración del problema. La

Tabla de Contradicciones pertenece a las herramientas de síntesis basadas en el conocimiento, pues extraen la información registrada en patentes con el fin de ponerlo al alcance del diseñador.

- (C) Matriz Morfológica: Consiste principalmente en apoyarse en las funciones identificadas en el análisis funcional para generar ideas a cada una de éstas [Ullman, 1992]. El propósito es primeramente encontrar tantos conceptos para cada solución como sean posibles. Posteriormente será posible combinar y evaluar los conceptos individuales para definir un sistema general que cumpla con los requerimientos funcionales.
- (D) Matriz de Decisión: Permite evaluar, mediante la comparación en base a los requerimientos del cliente, los diferentes conceptos de solución propuestos al problema de diseño. Consiste en una valiosa oportunidad de analizar las ideas propuestas y ponderar tanto sus fortalezas como debilidades.

3. Fase de Diseño Detallado

- (A) Diseño asistido por computadora (CAD): Significa la utilización de paquetes computacionales que permitan modelar, visualizar, registrar y recuperar la geometría de un producto y/o los componentes que lo integran [Ullman, 1992].

2.3 Conclusiones

En este capítulo se presentó un resumen bibliográfico del proceso de diseño mecánico y las fases que lo componen, a las cual se integran diversas herramientas de diseño que conforman en conjunto a la metodología QTC. Se expusieron los fundamentos básicos de dichas herramientas, cuya utilización se describirá más ampliamente la segunda parte de la presente tesis mediante la documentación del proceso de diseño de una máquina desespinaadora de nopal.

El proyecto de desarrollo, debido a características particulares tanto del nopal como del mismo sistema técnico, requiere la utilización de herramientas originalmente no contempladas dentro de la metodología QTC. En el siguiente capítulo se documenta un Análisis Estadístico de la pencas de nopal, que brindó importantes resultados para el proceso de diseño.

PARTE II CASO DE ESTUDIO DE APLICACIÓN DE QTC: DISEÑO DE UNA MÁQUINA DESESPINADORA DE NOPALES

CAPÍTULO 3. FASE DE DETERMINACIÓN DE ESPECIFICACIONES

Este capítulo presenta la aplicación de la metodología QTC dentro de la primera fase del proceso de diseño. Se presentan más ampliamente las herramientas ISQ y QFD y la manera de utilizarlas mediante la descripción del caso de estudio ya mencionado. Se documenta además el uso de un análisis estadístico de las pencas de nopal, necesario para los objetivos de este proyecto en particular.

Con la fase de Determinación de Especificaciones comienza el proceso de desarrollo de un producto. La primera actividad formal que debe llevarse a cabo es la definición de los integrantes que participarán en el proyecto de diseño [Ullman, 1992]. Por lo general, cualquier proceso de diseño requiere una cantidad considerable de horas-hombre, así como de conocimientos de distintas áreas de la ciencia. Debido a estas razones, normalmente se requiere integrar un equipo de personas para cubrir los diversos roles presentes en la actividad de diseño de productos, donde para casos de proyectos pequeños, un individuo puede cubrir varios roles. El número de integrantes del equipo de diseño dependerá de la complejidad del sistema que se requiere desarrollar.

A continuación se presenta la necesidad de comprender cabalmente el problema de diseño a resolver, dentro del cual es debe identificarse puntualmente la problemática principal. En muchas ocasiones, ésta no es precisada con facilidad, lo que puede generar grandes desperdicios de recursos enfocados incorrectamente en la situación que debe tratarse [Ullman, 1992]. Para llevar a cabo dicha actividad, la metodología QTC propone la utilización del Cuestionario de Situación Innovativa y el Despliegue de la Función de Calidad.

3.1 Cuestionario de Situación Innovativa (ISQ)

Un problema bien definido es un problema 50% resuelto. ISQ Forma parte de la metodología TRIZ, la cual se tratará de forma más amplia en el siguiente capítulo. El objetivo de esta herramienta es apoyar al diseñador en la comprensión detallada del sistema que debe ser elaborado, mediante una descripción exhaustiva del problema y la definición tanto de las restricciones a las que está sujeto como de los recursos disponibles [Terninko, 1995]. El ISQ fue desarrollado por Boris Zlotin y Alla Zuzman, discípulos de Genrich Altshuller, creador de TRIZ. Este cuestionario consta de 19 preguntas, comprendidas en las siguientes seis divisiones:

3.1.1 Información acerca del sistema (producto o proceso) que se desea mejorar/crear y su ambiente

- 1) *Mencione el nombre del sistema tecnológico (producto o proceso) que le gustaría mejorar o crear y la industria a la que pertenece. Aquí se recomienda utilizar el nombre estándar del sistema, si es que lo tiene.*
- 2) *Identifique la Función Útil Primaria (FUP) que desempeña o es implementada por el sistema. Esta función debe establecerse utilizando un verbo activo que describa además el objeto sobre el que recae la acción. Palabras como “proveer” y “producir” no son verbos activos.*
- 3) *Describa la estructura actual o deseada del sistema. La estructura debe describirse cuando el sistema no esté operando, es decir, en su estado estático. Se requiere además acompañar la descripción con un esquema.*
- 4) *Describa cómo funciona el sistema. Se refiere a cómo trabaja el sistema durante la ejecución de su función útil primaria y cómo*

interactúan sus subsistemas y elementos secuencialmente entre ellos.

- 5) *Describa el medio ambiente del sistema.* Esta definición debe incluir aquellos sistemas con los que interactúa directamente y los que pudiera relacionarse o lo hace indirectamente debido a su proximidad, así como super-sistemas de los cuales el sistema primario es un componente y el ambiente natural que rodea al sistema primario.

3.1.2 Recursos Disponibles

- 6) *Describa los recursos con que cuenta el sistema.* Recursos típicamente disponibles son: (a) Recursos de sustancia, (b) recursos de campo, (c) recursos funcionales, (d) recursos de información, (e) recursos de tiempo y (f) recursos de espacio.

3.1.3 Información acerca de la situación del problema

- 7) *Mencione la problemática que le gustaría resolver y que representa la esencia del problema.* Identifique las causas que provocan el problema (Un problema se considera como algo que no se desea en el sistema).
- 8) *Describa el mecanismo que provoca el efecto negativo, si se conoce.* Deben mencionarse además las condiciones y circunstancias bajo las cuales el efecto aparece. Esta información es crítica para el proceso de *Formulación*, que se explica en el capítulo siguiente.
- 9) *¿Después de qué eventos o pasos en el desarrollo del sistema apareció esta situación?* Se describen los eventos históricos que condujeron al problemas y las causas que se creen que los motivaron.
- 10) *¿Es posible regresar y modificar la dirección de desarrollo y cambiar los eventos que condujeron a la situación*

problemática? Esto puede provocar nuevas desventajas, pero podrían ser más fáciles de resolver que el problema original.

3.1.4 Cambios en el sistema

- 11) *Evalúe y describa el grado de posibles cambios que pueden lograrse como resultado del proceso de diseño.* Los cambios pueden referirse al producto, tecnología, procesos de fabricación, etc.
- 12) *Indique qué puede y qué no puede ser cambiado en el sistema.* Se describen las técnicas y económicas que deben permanecer constantes, sin incrementarse o decrementarse.

3.1.5 Criterios para seleccionar conceptos de solución

- 13) *Mencione las características tecnológicas deseadas.*
- 14) *Mencione las características económicas deseadas.*
- 15) *Mencione programación deseada.* Se definen requerimientos que tienen que ver con el tiempo.
- 16) *Mencione el grado esperado de novedad.*
- 17) *Mencione otros criterios.*

3.1.6 Historia de intentos por solucionar el problema

- 18) *Indique intentos previos por solucionar el problema.* Es necesario describir además la razón por la que fallaron.
- 19) *Mencione otros sistemas en los que se haya presentado el mismo problema.* Se indica si el problema se resolvió en esos casos, y si es posible aplicar dicha solución al problema actual; en caso de que no se haya logrado, se deben expresar además las limitaciones.

3.2 Cuestionario de Situación Innovativa (ISQ): CASO DE ESTUDIO NOPALITO'Z

Pregunta 1.- Mencione el nombre del sistema tecnológico (producto o proceso) que le gustaría mejorar o crear y la industria a la que pertenece.

R.- Máquina desespinaadora de nopales, perteneciente a la industria procesadora de alimentos.

Pregunta 2.- identifique la Función Útil Primaria (PUF) que desempeña o es implementada por el sistema.

R.- Quitar la espina de pencas de nopal, y el montículo sobre el cual está asentada, de las variedades Milpa Alta y Castilla y en sus seis lados (coletilla, punta, lado 1, lado 2, borde 1 y borde 2). El propósito de remover las espina es para picarlo, empacarlo y venderlo como producto para consumo humano. Funciones adicionales: recibir el nopal, recolectar las espinas, transportarlo, entregarlo desespinado, etc.

Pregunta 3.- Describa la estructura actual o deseada del sistema.

R.- En la figura 3.1 se muestra un bosquejo de la máquina desespinaadora con que la empresa contaba originalmente, y que era preciso modificar o rediseñar.

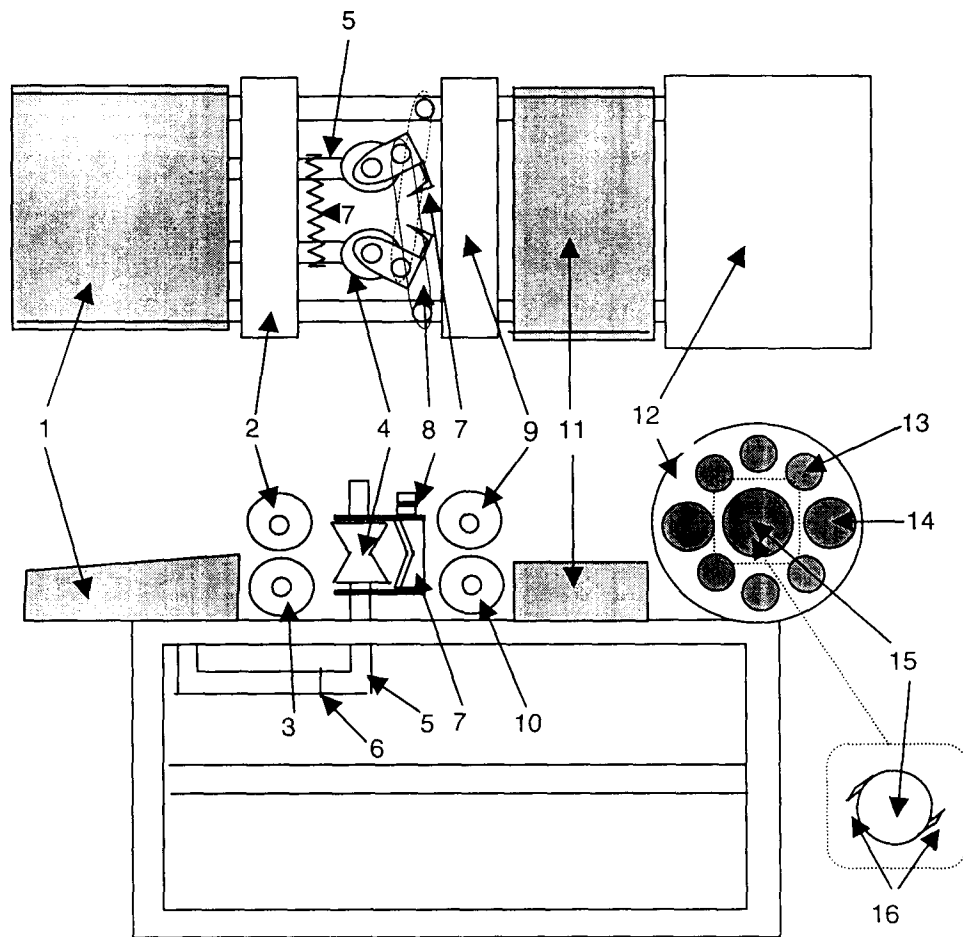


Figura 3.1 Esquema de la máquina desespinaadora original (vista superior y lateral)

La máquina tiene una charola de entrada (1), seguida de un rodillo de PVC (2) y uno más con discos de hule (3), los rodillos están junto a un par de rodillos en forma de mariposa (4) que están suspendidos sobre un par de brazos móviles (5) unidos por un resorte (6). Los rodillos de mariposa están unidos con unas navajas (7) colocadas sobre ellos y tensadas con unas ligas (8). Enseguida de ellos hay otro rodillo de PVC (9) y otro con discos de hule (10). Todos los rodillos de PVC, los de discos de hule y los de mariposa giran conectados mediante cadenas. La máquina tiene una

charola intermedia (11) y luego un carrusel de rodillos (12). El carrusel tiene seis rodillos de discos de hule (13) y dos rodillos de esponja (14) en toda la periferia y en el centro se encuentra un tambor cortador (15) hueco, sobre el cual se montan dos navajas en unas ranuras longitudinales (16).

Pregunta 4.- Describa cómo funciona el sistema.

R.- El nopal se empuja manualmente en la charola de entrada (1) hacia el rodillo de PVC (2) y el de discos de hule (3), los cuales al estar girando, accionado por las cadenas empujan el nopal hacia los rodillos de mariposa (4), los cuales también giran y empujan el nopal hacia las navajas (7) que le cortan la orilla. El nopal sale de las navajas a través de otros dos rodillos (9) y (10) y llega a la charola intermedia (11). De la charola intermedia el nopal se empuja manualmente hacia el carrusel (12), entre dos rodillos de discos de hule (13), los cuales empujan el nopal para que pase entre un rodillo de esponja (14) y el rodillo cortador (15 y 16). Así el nopal se desespina de un lado y sale por el otro extremo del carrusel, de donde se vuelve a introducir para desespinarlo del otro lado.

Pregunta 5.- Describa el medio ambiente que rodea al sistema.

R.- Cuartos cerrados refrigerados, 1 ó 2 operadores de confianza, materia prima en cajas de plástico, cajas de plástico para recolectar el nopal. tuberías de agua, luz y aire comprimido.

Pregunta 6.- Describa los recursos con que cuenta el sistema.

R.- Dos máquinas desespadoras anteriores, corriente eléctrica trifásica de 220 volts, aire comprimido, agua, refrigeración, tres motores de 3 amperes, sub-estaciones eléctricas, espacio del cuarto refrigerado, espacio del cuarto de máquinas.

Pregunta 7.- Mencione la situación que le gustaría resolver y que representa la esencia del problema

R.- La máquina actual es difícil de limpiar, tiene muchos espacios pequeños por donde no se puede meter un trapo o escobeta, el material (neopreno) de los rodillos se mancha de verde, el rodillo se llena de espinas, el agua se acumula en los baleros y se oxidan. Es fácil además que, al limpiar la máquina, caiga agua sobre el motor, cadenas y sprockets. Hay otras piezas que se oxidan en la máquina. Para limpiarla es necesario desarmar muchos tornillos, tuercas, rondanas y componentes. Hay que desinfectar las llaves para desarmar la máquina.

Al funcionar la máquina, el nopal se impregna de espinas debido al aire de limpieza, que avienta espinas hacia todos lados. Además se atora con los rodillos, las navajas del cilindro se desajustan con facilidad, cuando están salidas las navajas el nopal se atora. No pela al 100% (máximo 70%) y en ocasiones lo cortaba por la mitad. La máquina se llena de mucílago ("baba" del nopal), es lenta, el proceso requiere de muchos pasos, es muy ruidosa, procesa solo hasta 100 Kg por hora con una persona eficiente. Es necesario re TRABAJAR el nopal y e requiere volver a pasar cada penca para desespinar su otro lado.

Pregunta 8.- Describa el mecanismo que causa el efecto negativo.

R.- El mecanismo que provoca el problema principal en la máquina actual es el que corta las espinas. Este mecanismo consiste en un cilindro que contiene navajas que se desajustan con facilidad, además de que cortan siempre a una misma altura. Además los rodillos se ensucian y limpiarlos constantemente es muy difícil por su textura en la que se atorán las espinas y porque hay que desarmar la parte donde se encuentran. Sin embargo, toda la máquina en general es problemática, pues en todas sus partes se atorán espinas y mucílago, y son difíciles de desarmar.

Pregunta 9.- ¿Después de qué eventos o pasos en el desarrollo del sistema apareció esta situación?

R.- La máquina original en un principio funcionaba adecuadamente, es decir, durante las primeras 50 horas de funcionamiento. De esto hace 8 meses (finales de 1996), por lo que comenzó a fallar muy pronto.

Pregunta 10.- ¿Es posible regresar y modificar la dirección de desarrollo y cambiar los eventos que condujeron a la situación problemática?

R.- Se puede reajustar la máquina a un punto óptimo e idear la manera de que no se desajuste nuevamente. Puede diseñarse un nuevo mecanismo desespinaador.

Pregunta 11.- Evalúe y describa el grado de posibles cambios que pueden lograrse como resultado del proceso de diseño.

R.- Se puede diseñar un mecanismo nuevo y montarlo sobre la máquina actual, o diseñar una máquina nueva utilizando el mayor número de piezas posibles de la máquina actual, tratando de disminuir la pérdida económica que represento su compra. En caso de conseguir financiamiento, se puede diseñar una máquina más costosa.

Pregunta 12.- Indique qué puede y qué no puede ser cambiado en el sistema.

R.- El proceso de lavado y desinfectado no puede cambiar en su esencia. Siempre será necesario remover la punta, coletilla y contorno del nopal. El desespinado del nopal nunca deberá lastimar al nopal visiblemente, ni sacrificar tiempo de vida en anaquel, en todo caso, se desea incrementar éste.

Pregunta 13.- Indique las características tecnológicas deseadas.

R.- * Se desea una capacidad de desespinado de 10 Ton de nopal por turno de 8 Hr.

* Se desea facilidad de ensamble y desensamble.

* Se desea seguridad para los operadores.

* Se desea intensidad de ruido moderada.

* Se requiere que sea 100% lavable.

* Se requiere que no se oxiden las piezas.

Pregunta 14.- Indique las características económicas deseadas.

R.- * Se desea un costo moderado.

Pregunta 15.- Indique la programación deseada.

R.- * El tiempo de desarrollo es abierto, pues depende de recursos económicos de la empresa y financiamientos obtenidos.

Pregunta 16.- Indique las características tecnológicas deseadas.

R.- * El tipo de concepto de solución puede ser el que sea, siempre y cuando satisfaga estos requerimientos.

Pregunta 17.- Indique otros criterios.

R.- * Se requiere absoluta confidencialidad por parte de las personas participantes en el proyecto.

Pregunta 18.- Indique intentos previos por solucionar el problema.

R.- Hay otros prototipos. Uno de ellos cortan las espinas en tiras, tienen varias navajas, pero era muy pesado el brazo y lastimaba el nopal porque la banda que movía las navajas presionaba el nopal. Las navajas eran muy rápidas y batían el nopal. Otro prototipo en el CIATEJ, otro en Mizquihuala, los cuales tiene una capacidad de procesamiento muy baja,

que no hace rentable la inversión. Existen máquinas peladoras de tunas, chayotes, etc.

Pregunta 19.- Mencione otros sistemas en los que se haya presentado el mismo problema.

R.- No se conocen otros sistemas con problema similar.

3.3 Conclusiones del Cuestionario de Situación Innovativa (ISQ)

Mediante la aplicación de esta valiosa herramienta se comenzó la comprensión del panorama general del sistema, su ambiente y la problemática existente en él. Primeramente, se hizo notar que la función útil primaria de la máquina, que consiste en desespinar pencas de nopal, se lleva a cabo de manera muy deficiente principalmente porque su mecanismo desespinator no se adapta a las diferencias de espesor del nopal, por lo que en el tramo donde el nopal es angosto, las navajas no alcanzan a tocar las espinas, y al aumentar el espesor de aquel, llega un momento en que las cuchillas se ajustan correctamente, cortando las espinas sin dañar la epidermis. Finalmente, en el tramo más ancho de la penca, la altura de la superficie del nopal rebasa a aquella a la que las navajas están ajustadas, por lo que el mecanismo corta toda la superficie con la que tiene contacto, removiendo partes en las que no se encontraban espinas y por ende contribuyendo a la merma resultante del proceso.

La problemática de la máquina se incrementa debido a su alta complejidad, ya que cuenta con un número muy alto de piezas y componentes que dificultan el acceso a aquellas partes que requieren limpieza constante. Por otra parte, muchas de estas piezas son susceptibles de oxidarse, lo que obliga a engrasarlas regularmente. Esto requiere desarmar algunos de los componentes, tarea sumamente complicada y tediosa. El trabajo de Peña [Peña, 1998] complementa el proyecto de esta tesis, ya que mientras aquí se persigue desarrollar un producto con un desempeño funcional satisfactorio, aquél tiene

como objetivo optimizar su eficiencia desde el punto de vista de Diseño para Ensamble y Manufactura (DFM y DFA, respectivamente), con el fin de asegurar y facilitar su producción en serie.

A partir de los datos obtenidos mediante el Cuestionario de Situación Innovativa, se obtiene lo que se conoce como “la voz del cliente”, valiosa información que conforma la guía que el diseñador debe observar durante todo el proceso de diseño, y que ahora es necesario traducir en parámetros de ingeniería, mediante la herramienta conocida como Despliegue de la Función de Calidad (QFD).

3.4 Despliegue de la Función de Calidad (QFD)

Con la llegada a América del movimiento de la Administración de la Calidad Total (TQM), se incrementó el énfasis en la necesidad de reducir los ciclos de desarrollo y manufactura de los productos. Esta situación motivó la creación de herramientas para ayudar a las empresas a enfrentar el reto de mejorar continuamente sus productos y procesos. Una técnica particularmente útil es el Despliegue de la Función de Calidad, conocida mundialmente como QFD.

El concepto de QFD fue propuesto por Yoji Akao en Japón, en 1966. Su primera documentación apareció en 1972, en un artículo titulado “Desarrollo de Aseguramiento de Calidad de Nuevos Productos: Un Sistema de Despliegue de Calidad” en la publicación mensual Estandarización y Control de Calidad [Akao, 1990]. En aquel año comenzó su aplicación al introducirse en la empresa astillera Mitsubishi Heavy Industries Ltd.

El despliegue de la función de calidad, también conocido como “la Casa de la Calidad”, consiste en un proceso sistemático que transforma las demandas de los clientes en características de calidad, mediante el desarrollo de las

relaciones existentes entre las demandas de los consumidores y los parámetros del producto [Akao, 1990]. Las premisas básicas de su utilización son las siguientes [Shillito, 1994]:

1. Se enfoque en los requerimientos del cliente.
2. Utilice el ambiente competitivo y el potencial de mercadeo para priorizar las metas de diseño.
3. Requiera y fortalezca el trabajo de equipo interfuncional.
4. Genere documentación flexible y fácil de asimilar.
5. Traduzca los requerimientos del cliente en parámetros medibles, de manera que los productos adecuados sean introducidos al mercado más rápida y eficazmente a la primera vez.

La aplicación de esta herramienta dentro de un esquema de administración de la calidad, ha resultado en diversos casos de éxito en empresas de diferentes ramas de la industria. Un claro ejemplo de esto fue Toyota [Ullman, 1992], organización que fue capaz de reducir los costos de introducción de un nuevo modelo de automóvil en un 60%, disminuyendo además en 1/3 el tiempo requerido para su desarrollo.

Los nueve elementos principales del QFD son los siguientes (figura 3.2):

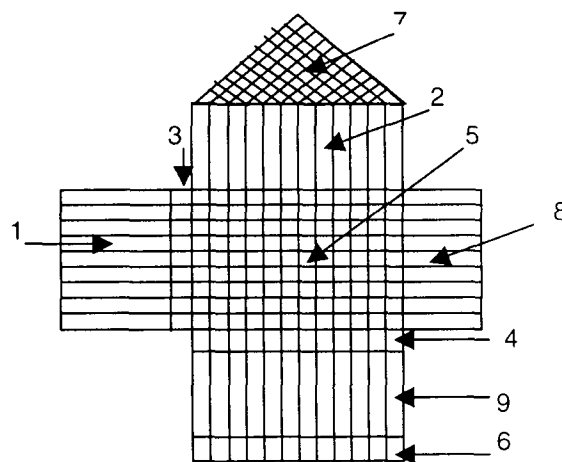


Figura 3.2 Los elementos del QFD.

1. Voz del Consumidor (VOC): La conforma una lista también conocida como *requerimientos del cliente, atributos del cliente o calidad solicitada*. Ésta contiene características del producto deseadas por el consumidor, y expresadas con sus propias palabras, por lo que están descritos con de forma general, vaga y difícil de implementar directamente [ASI, 1989]. Cada uno de estos *que's* son agrupados por afinidad en categorías superiores más globales, las cuales finalmente pertenecen a una supra-categoría que contiene el deseo general que el cliente tiene del producto.
2. Requerimientos de Diseño (*atributos de ingeniería, características de calidad substitutas, características globales del producto*): Son la medida que determina el grado de satisfacción de las demandas del cliente [Shillito, 1994]. Esta lista de *parámetros* se obtienen a partir de los *requerimientos del cliente*, lo cual es similar a cuando el departamento de mercadotecnia de una empresa dicta al de ingeniería qué hacer y éste, a su vez, establece cómo hacerlo.
3. Importancia de las Necesidades de los Clientes: No sólo es necesario conocer qué es lo que el cliente requiere, sino además qué tan importante es para él [Shillito, 1994]. El grado de importancia del *qué* se establece con base en la *evaluación del consumidor*. Es expresado como una escala relativa (típicamente 1-5 ó 1-10), donde los números más altos indican mayor importancia para el consumidor. Es necesario hacer énfasis en que esta parte debe ser generada por parte del cliente, para evitar así introducir puntos de vista propios de los ingenieros que la elaboran.
4. Objetivos Técnicos (cuánto): Consiste en las medidas objetivos de los parámetros [Cohen, 1995]. Estos valores objetivo deben representar la eficiencia que debe lograrse para satisfacer al consumidor, y no necesariamente los niveles de desempeño actuales. Los *cuánto's*

proporcionan objetivos específicos que guían al diseño y paralelamente, miden objetivamente su progreso.

5. Relaciones: Esta matriz contiene un símbolo que indica el grado en que cada *requerimiento de diseño* afecta a cada *requerimiento del cliente*. Según las siguientes equivalencias (figura 3.3).

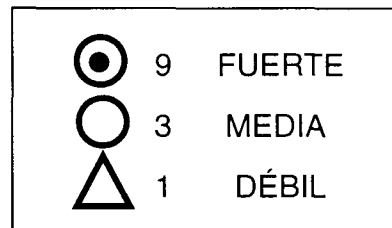


Figura 3.3 Valor de los símbolos de relación entre *que's* y *como's*.

6. Importancia de los Requerimientos de Diseño: Presenta el grado de importancia relativa que tiene cada uno de éstos en el logro de los *que's*. Ésta se calcula sumando los productos de la importancia de los *qué's* y las relaciones entre *qué's* y los parámetros.
7. Matriz de Correlación: Consiste en una tabla triangular regularmente unida a los parámetros, estableciendo la correlación entre cada elemento de éstos. El propósito de esta estructura con forma de "techo", es identificar aquellas áreas en donde decisiones de cambios e investigación pueden ser requeridas, ya que nos indica que la consecución óptima de un parámetro afectará perjudicialmente a otro. Al igual que en la Matriz de Relaciones, la intensidad entre relaciones se describe mediante símbolos, así como el tipo de relación. Siendo los casos negativos y fuertemente negativos a los cuales se debe prestar especial atención. Los símbolos comúnmente utilizados son los siguientes (figura 3.4).

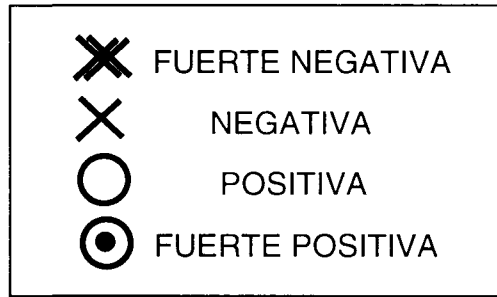


Figura 3.4 Valor de los símbolos de relación en la matriz de correlación.

8. Evaluación del Cliente: Se refiere a la posición competitiva con la que el cliente califica a los productos de la competencia [Cohen, 1995], por lo que está hecha en base a los *qué's*.
9. Evaluación de Ingeniería: Es similar a la del cliente, pero en base a cómo califican los productos de la competencia respecto a los parámetros de ingeniería.

3.5 Despliegue de la Función de Calidad (QFD): CASO DE ESTUDIO NOPALITO'Z

En base a la información generada por el Cuestionario de Situación Innovativa, se elaboró la siguiente lista de requerimientos del cliente para la máquina desespinaadora.

- (a) Que quite las espinas de los seis lados
- (b) Que procese dos tipos de nopal
- (c) Que procese nopal grueso/delgado y largo/corto
- (d) Que haya poca merma de nopal
- (e) Que produzca 10 Ton por turno
- (f) Que no se oxide

- (g) Que la máquina no se llene de babas
- (h) Que no aviente espinas para todos lados
- (i) Que el proceso no tenga muchos pasos
- (j) Que no sea ruidosa
- (k) Que no requiera más de 2 operadores
- (l) Que se recolecten las espinas
- (m) Que sea segura
- (n) Que el nopal no se impregne de espinas
- (o) Que el nopal salga limpio
- (p) Que el nopal no se atore
- (q) Que no se maltrate la epidermis
- (r) Que el nopal se deposite vaciado en la máquina
- (s) Que el producto final caiga en cajas
- (t) Que quite la coletilla y punta
- (u) Que sea fácil de limpiar
- (v) Que no caiga agua en los motores
- (w) Que no haya que desarmar para limpiar
- (x) Que sea 100% lavable
- (y) Que los mecanismos desespinadores estén ocultos

A partir de dichas necesidades del cliente, y siguiendo los pasos descritos en la sección 3.4, se construye el diagrama de QFD que se muestra en la figura 3.5 (página 34).

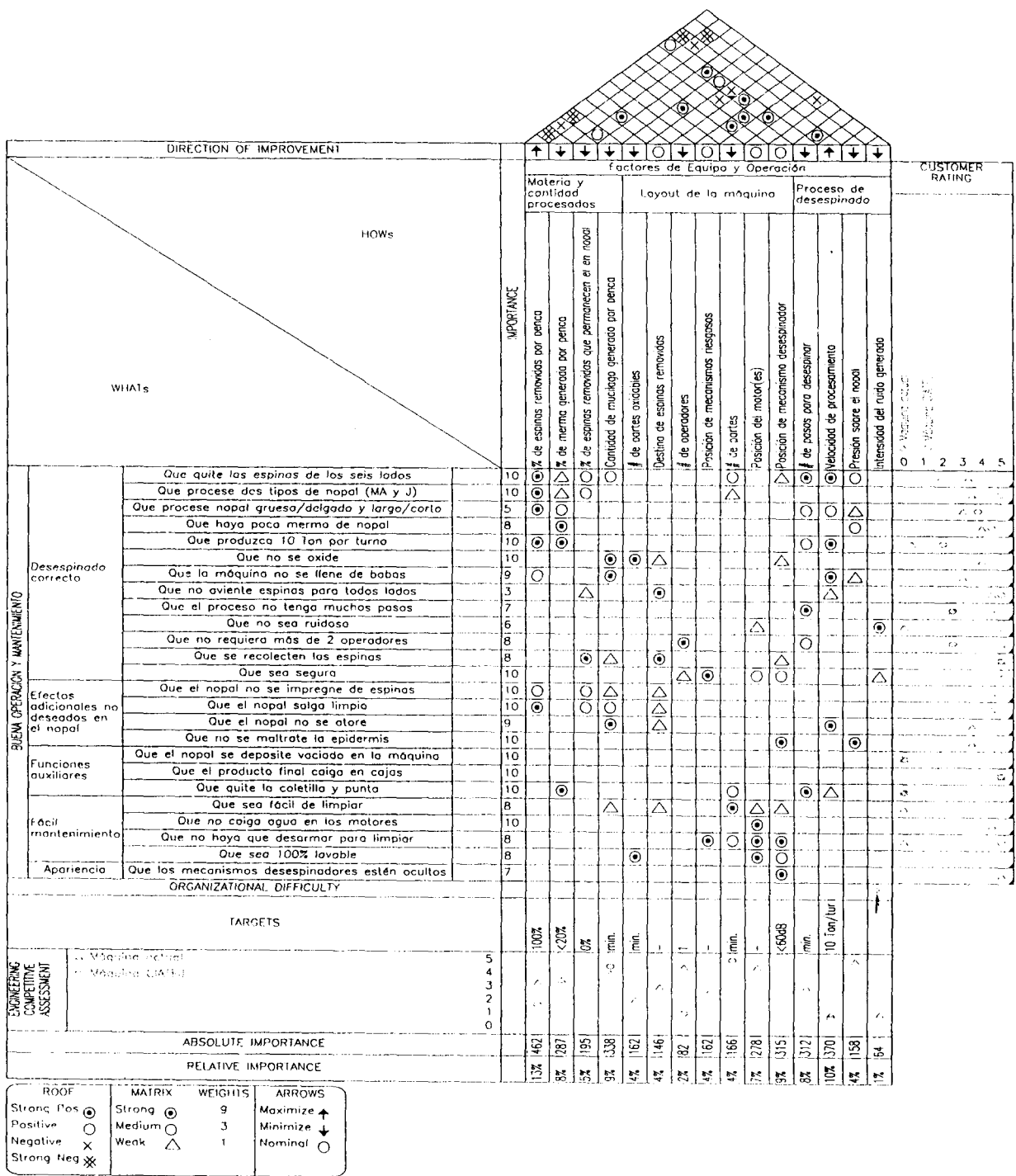


Figura 3.5 Matriz de QFD para la máquina desespinaadora de nopal

3.6 Conclusiones del Despliegue de la Función de Calidad

Analizando la importancia de cada uno de los cómos, se hace notar que el más relevante es *porcentaje de espinas removidas por penca*, lo que es congruente debido a que este parámetro es el que determina el desempeño de la función útil primaria de la máquina desespinadora. Casi con igual magnitud destaca *velocidad de procesamiento*, parámetro importante debido a que una de las principales problemáticas de las máquinas desarrolladas anteriormente, era su baja capacidad de procesamiento. Otros parámetros tienen importancias considerables; sin embargo, no representan grandes dificultades desde el punto de vista técnico.

La parte superior -o techo- de “la casa de la calidad” nos indica las diversas relaciones que existen entre los parámetros de ingeniería. Atendiendo a los conflictos fuertemente negativos presentes en el QFD, se identifican los siguientes:

- (a) Porcentaje de espinas removidas por penca y porcentaje de merma generada por penca. Estos dos parámetros se encuentran en oposición debido a que para asegurar un desespinado adecuado, se incurre en mayor cantidad de merma, pues es mayor la cantidad de nopal removido.
- (b) Porcentaje de espinas removidas por penca y cantidad de mucílago por penca generado. Entre más espinas se remuevan, la cantidad de mucílago que se generará será mayor, lo que dificulta el objetivo de minimizar su presencia.
- (c) Porcentaje de espinas removidas por penca y velocidad de procesamiento. Aumentar la velocidad de procesamiento hará más difícil maximizar la cantidad de espinas removidas, debido a que el tiempo para hacerlo será menor. Esta conclusión se determina en base a la experiencia del diseñador, sin embargo, no hay que dejar de

lado la posibilidad de beneficiar la remoción de espinas con la velocidad.

Porcentaje de merma generada por penca y presión sobre el nopal. Suponiendo que se requeriría hacer contacto sobre el nopal, al hacerlo la merma aumentaría debido a la posibilidad de lastimarlo, haciéndolo poco atractivo para el consumidor y reduciéndose su tiempo de vida en anaquel.

Como se tratará en el siguiente capítulo, es necesario ahora traducir estos conflictos a características conocidas como *parámetros de Altshuller* (G.S. Altshuller, creador de la herramienta TRIZ), que son aquellos contenidos en la Tabla de Contradicciones de TRIZ, para definir así contradicciones técnicas y/o Físicas en caso de abstraer el problema de diseño de forma más amplia. Sin embargo, antes de proceder con la siguiente fase del proceso de diseño (Diseño Conceptual), es necesario conocer de manera más precisa al elemento más importante dentro del ambiente del sistema a diseñar: la penca de nopal. Mediante un análisis estadístico se pretende cuantificar algunas características morfológicas del nopal para conocerlo de manera más exacta.

3.7 Análisis Estadístico de la Penca de Nopal

Mediante un breve análisis estadístico de cada una de los dos tipos de nopal procesados por el cliente se pretende identificar las siguientes características:

- Longitud media
- Ancho medio
- Espesor medio
- Densidad de espinas
- Diferencias de espesor a lo largo
- Diferencias de espesor a lo ancho

Primeramente se presenta un conjunto de observaciones de las variedades Milpa Alta y Jardín, con el propósito de mostrar primeramente un panorama general de cada tipo de nopal.

3.7.1 Variedad de Nopal *Milpa Alta*

Como lo indica su nombre, este es originario de la delegación de Milpa Alta, ubicada en el sur del Distrito Federal. Es de color verde oscuro y posee una alta densidad de espinas, las cuales son visibles a simple vista y alcanzan una longitud de alrededor de 1 cm (fig. 3.5 y 3.6). Su penca es mayormente plana, aunque con el paso de los días tiende a “curvarse” o doblarse, debido a su deshidratación. Posee además un 90% de agua y es el nopal con más demanda en su presentación a granel.

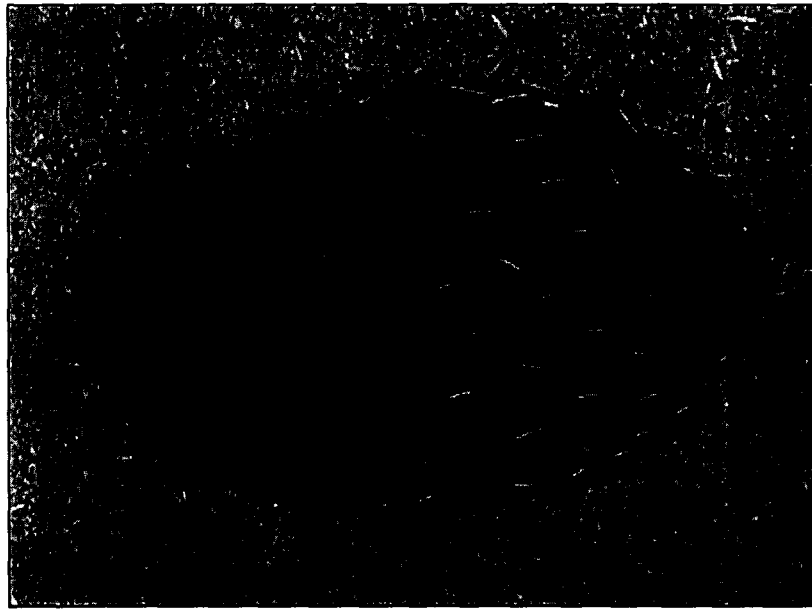


Figura 3.6 Penca de nopal de la variedad Milpa Alta



Figura 3.7 Detalle de la penca de nopal de la variedad Milpa Alta

3.7.2 Variedad de Nopal Jardín

La variedad Jardín de nopal es originaria de Nuevo León. Se caracteriza por tener un color más claro que el de Milpa Alta y una densidad de espinas visiblemente menor que éste (fig. 3.7 y 3.8), impresión acentuada por el hecho de que sus espinas no son vistas fácilmente a simple vista. Sin embargo, las molestias que éstas causan al enterrarse en la piel son importantes, lo que obliga a quien los manipula a utilizar guantes.



Figura 3.8 Penca de nopal de la variedad Jardín

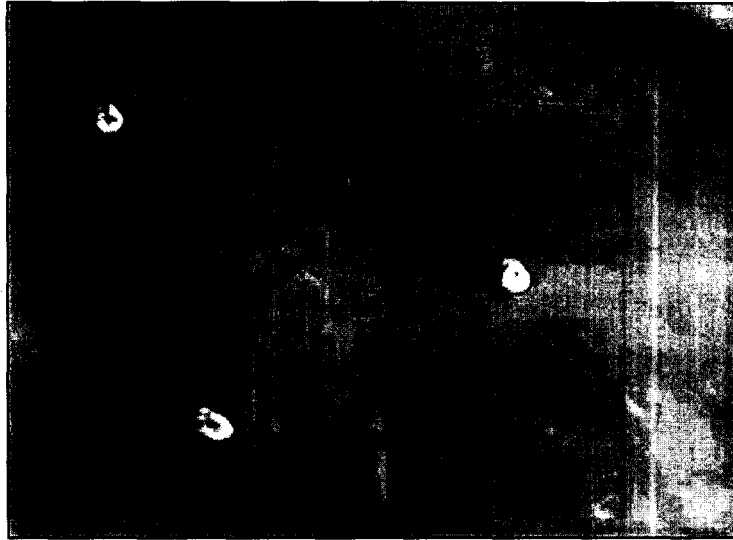


Figura 3.9 Detalle de la penca de la variedad Jardín

La penca del nopal Jardín , si bien son planas, en las proximidades de la coletilla (la base de la penca) se presentan protuberancias que asemejan a “nervios”. Presenta también la misma característica de curverse al perder agua.

3.8 Análisis Estadístico: CASO DE ESTUDIO NOPALITO'Z.

A partir de una muestra de 120 nopales, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Largo medio
- Ancho medio
- Espesor medio
- Cantidad de espinas
- Diferencias de espesor a lo largo
- Diferencias de espesor a lo ancho

Parámetro	Procedimiento de cálculo	Resultado en Nopal Milpa Alta	Resultado en Nopal Jardín
Largo medio de la penca	$(\text{largo}_1 + \text{largo}_2 + \dots + \text{largo}_{120})/120$	25.5 cm	20.6 cm
Ancho medio de la penca	$(\text{ancho}_1 + \text{ancho}_2 + \dots + \text{ancho}_{120})/120$	11.8 cm	8.9 cm
Espesor medio de la penca	$(\text{espesor}_1 + \text{espesor}_2 + \dots + \text{espesor}_{120})/120$	0.64 cm	0.51 cm
Promedio de espinas de la penca	$(\# \text{espinas}_1 + \# \text{espinas}_2 + \dots + \# \text{espinas}_{120})/120$	130 espinas	42 espinas

Tabla 3.1 Resumen de resultados del análisis estadístico.

A continuación se presentan los histogramas elaborados con la frecuencia del largo de las pencas de nopal. Se presentan demás algunos datos para su construcción.

Largo cm	Frecuencia	Media Largo cm	Media Ancho cm
10,0	1,0	10,0	8,5
11,0	0,0	0,0	0,0
12,0	0,0	0,0	0,0
13,0	0,0	0,0	0,0
14,0	0,0	0,0	0,0
15,0	0,0	0,0	0,0
16,0	0,0	0,0	0,0
17,0	0,0	0,0	0,0
18,0	3,0	18,2	8,6
19,0	7,0	19,3	9,6
20,0	10,0	20,4	9,9
21,0	11,0	21,2	10,7
22,0	12,0	22,3	10,2
23,0	22,0	23,2	11,4
24,0	6,0	24,2	11,3

(continúa)

25,0	15,0	25,3	11,3
26,0	9,0	26,3	11,7
27,0	10,0	27,2	12,9
28,0	4,0	28,4	12,2
29,0	4,0	29,1	12,9
30,0	1,0	30,2	12,0
31,0	0,0	0,0	0,0
32,0	0,0	0,0	0,0
33,0	0,0	0,0	0,0
34,0	1,0	34,7	13,0
35,0	0,0	0,0	0,0
36,0	3,0	36,4	15,3
37,0	1,0	37,0	19,0

Tabla 3.2 Distribución del Tamaño del Nopal (Variedad Milpa Alta, n=120).

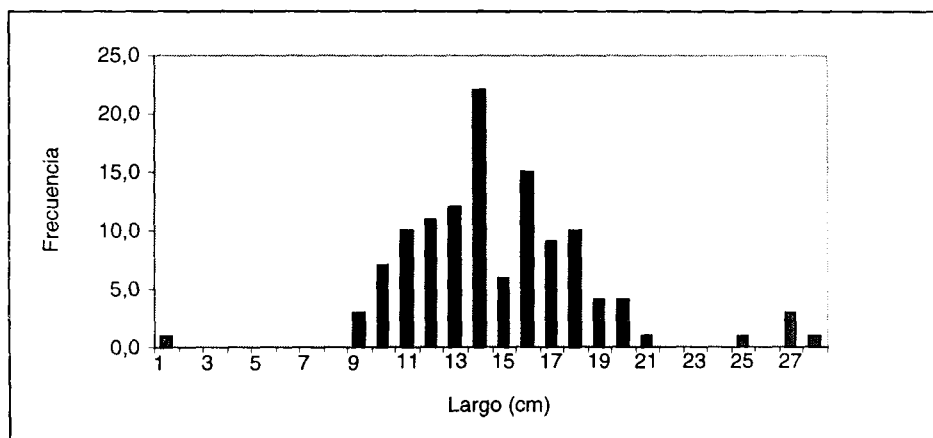


Figura 3.10 Distribución del Tamaño del Nopal (Variedad Milpa Alta, n=120).

Largo cm	Frecuencia	Media Largo cm	Media Ancho cm
11	1	11,9	6,0
12	2	12,5	6,7
13	5	13,3	6,5
14	2	14,1	9,4
15	7	15,4	7,3
16	7	16,4	7,3
17	10	17,3	8,2

(continúa)

18	14	18,3	8,3
19	13	19,2	8,4
20	11	20,4	8,3
21	10	21,2	8,6
22	13	22,3	9,0
23	11	23,3	8,8
24	8	24,2	8,6
25	3	25,0	9,2
26	0	0,0	0,0
27	0	0,0	0,0
28	1	28,0	11,0
29	1	29,0	10,0
30	1	30,0	10,0

Tabla 3.3 Distribución del Tamaño del Nopal (Variedad Jardín, n=120)

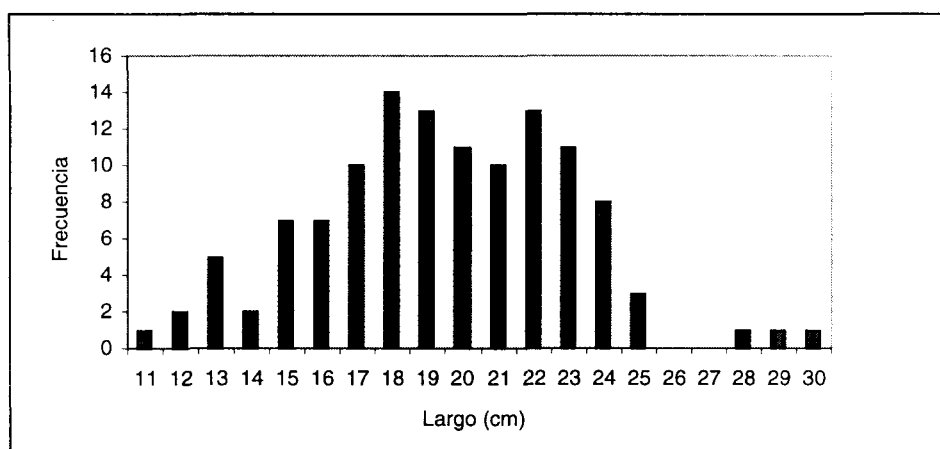


Figura 3.11 Distribución del Tamaño del Nopal (Variedad Jardín, n=120).

Para completar los resultados del estudio, es necesario conocer el comportamiento del espesor a lo largo y ancho de la penca. Para este fin, se tomaron 20 muestras de nopales que correspondieran a las dimensiones promedio de cada una de las variedades de nopal, y a continuación se presentan los resultados. Una vez separadas las 20 muestras de cada variedad, se dividieron en 10 partes iguales para el largo y en 5 para el ancho (es decir, se checó el espesor cada 10% del largo y 20% del ancho de las pencas).

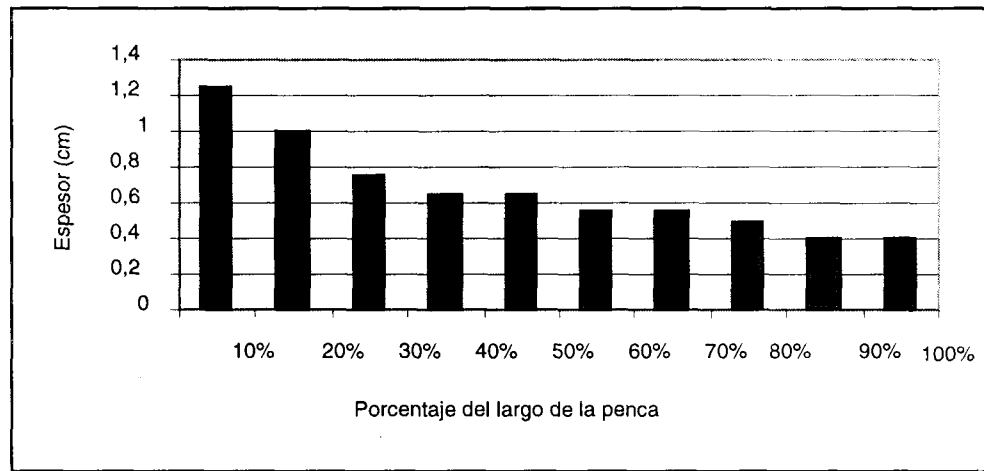


Figura 3.14 Comportamiento del espesor a lo largo de la penca (Variedad Jardín)

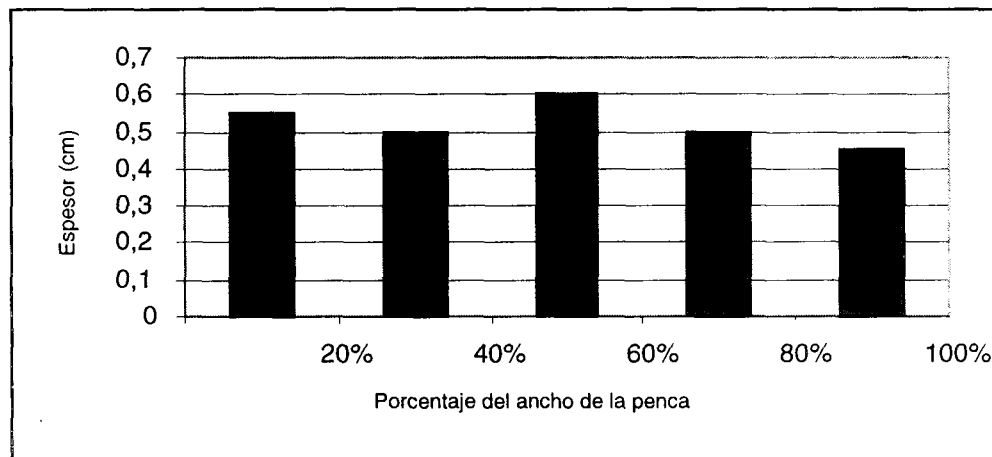


Figura 3.15 Comportamiento del espesor a lo ancho de la penca (Variedad Jardín)

3.9 Conclusiones del Análisis Estadístico

Estudiar cuantitativamente las características de las pencas de nopal de las dos variedades generó valiosa información para el proceso de diseño, ya que permite conocer más precisamente el grado de dificultad de desespinado para

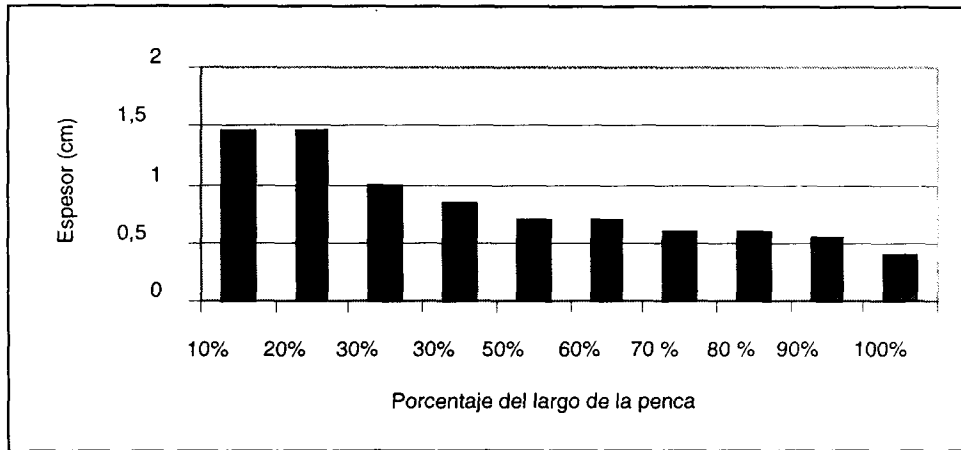


Figura 3.12 Comportamiento del espesor a lo largo de la penca (Variedad Milpa Alta)

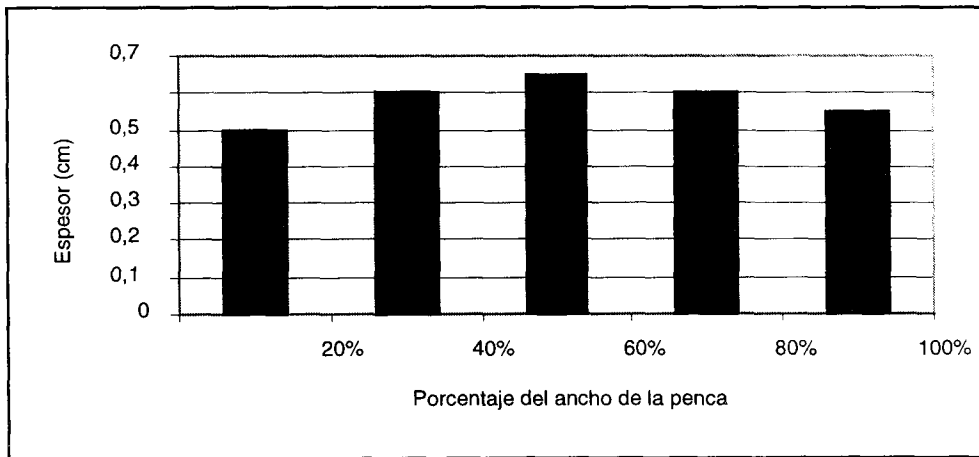


Figura 3.13 Comportamiento del espesor a lo ancho de la penca (Variedad Milpa Alta)

cada variedad. La distribución de su tamaño permite afirmar que será necesario evitar pencas de nopal de longitud pequeña, aún no se puede afirmar qué tanto, ya que será hasta las pruebas del prototipo cuando se podrá decidir. Las longitudes promedio permiten ahora estimar la velocidad a la que debe procesarse cada nopal para satisfacer el requerimiento del cliente de 10 Ton por turno, que es un nopal por segundo. Esto justifica la importancia de parámetros como la velocidad de procesamiento, la cual consistirá en aproximadamente un nopal por segundo, tomando en cuenta la media en el largo de éstos.

El comportamiento de su espesor a lo largo y ancho del nopal permite concluir que es altamente difícil intentar desespinar con un mismo mecanismo toda la superficie del nopal a la vez. De esta observación se deriva la necesidad de cortarlo en tiras a lo largo, de manera que la diferencia de espesor a lo ancho de cada tira sea mucho menor que la diferencia a lo ancho de la penca entera. Se designó cortarlo en tiras de 1 pulgada de ancho con el fin de estandarizar dimensiones, ya que se comprobó que existe una diferencia de 1 mm en el espesor cada 2.5 cm a lo ancho de la hoja.

3.10 Conclusiones de la Fase de Determinación de Especificaciones

Durante esta fase del proceso de diseño se elaboró un documento que describe extensamente el problema a resolver (ISQ), con la información obtenida se determinó lo que se conoce como la "Voz del Cliente" la cual, mediante un diagrama de QFD, se tradujo a parámetros de ingeniería cuantificables, estableciendo además sus relaciones, ponderaciones e importancias. Un aspecto particularmente especial para la siguiente fase (Diseño Conceptual) lo conforman los conflictos identificados en el "techo" de esta herramienta, ya que representan aquellas dificultades que requerirán mayor investigación y/o inventiva.

Por otra parte, fue necesario la inclusión del análisis estadístico de la penca del nopal debido a que era necesario ahondar más en la cuantificación de sus características morfológicas. La realización de esta tarea motivó la generación de una solución: cortar al nopal en tiras para disminuir la diferencia de espesor presente. Sin embargo, existe un compromiso por parte del cliente, para proveerse de pencas de nopal relativamente planas.

Con la consecución de esta fase, el problema a resolver se encuentra adecuadamente comprendido, cuantificado y documentado, con lo que es ahora factible comenzar con la fase de generación de conceptos de solución, la cual se presenta en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 4. FASE DE DISEÑO CONCEPTUAL

El presente capítulo documenta la fase conceptual del proceso de diseño. Se explican los fundamentos y utilización de las herramientas Análisis Funcional, Matriz Morfológica, TRIZ e Investigación de Patentes. El objetivo de estas herramientas es la generación de conceptos que llevan al desarrollo de un producto de calidad [Priest, 1988]. Un “concepto” es una idea que puede ser representada mediante un simple bosquejo o con notas, en otras palabras, una abstracción de algo que en el futuro será un producto [Ullman, 1992].

4.1 Análisis Funcional

La Descomposición Funcional es una herramienta fuertemente basada en el Enfoque de Sistemas. Un sistema se caracteriza por estar conformado por un conjunto de elementos interrelacionados entre sí, y que además se relacionan con su ambiente exterior mediante entradas y salidas [Pahl y Beitz, 1988].

A partir de la definición anterior, es posible representar a un artefacto técnico como un sistema y concebir a su función como la relación entre sus entradas y salidas [Hubka, 1980] cuyo propósito final es llevar a cabo una tarea [Pahl y Beitz, 1988]. Mediante esta perspectiva, el Análisis Funcional persigue descomponer un sistema técnico en subsistemas más pequeños y más fácilmente manejables, de manera que puedan entenderse las diversas funciones del artefacto y tratarse a éstas de manera separada [Ullman, 1992]. La identificación de subfunciones facilita además la subsecuente búsqueda de soluciones.

Importante contribución a los fundamentos de la descomposición funcional la aportó Witzsäcker, quien afirma que dentro de un sistema (llámese planta, equipo, máquina, ensamble o componente), ocurren procesos técnicos

en los que *energía*, *materiales* (materia) y *señales* (información) son canalizados o transformados [Hubka, 1980] (Fig. 4.1). Esto es, las funciones pueden ser descritas en términos del flujo de energía, materiales e información [Ullman, 1992]. Ejemplos de energía son: mecánica, térmica, eléctrica, química, óptica, nuclear, etc., además de fuerza, corriente, calor, etc. Materiales pueden ser líquidos, sólidos, gases, polvos, etc., junto con materia prima, muestras de pruebas, piezas de trabajo, componentes, productos terminados, etc.; e información lo son magnitudes, impulsos de control, datos, etc.

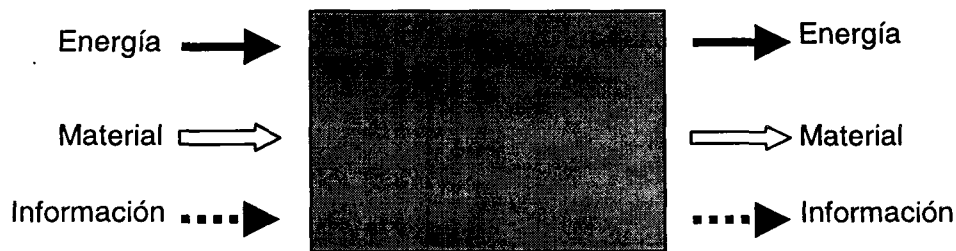


Figura 4.1 La transformación de energía, materiales e información

La energía puede ser convertida en diversas formas. Un motor eléctrico convierte energía eléctrica en energía mecánica y térmica, un motor de combustión convierte la energía química en mecánica y térmica, una estación nuclear la convierte de nuclear a térmica, etc. Pahl y Beitz afirman que no puede existir una transformación de material o información sin transformación de energía, por muy pequeñas que sean aquellas [Pahl y Beitz, 1988].

Los materiales pueden sufrir transformaciones como el mezclado, separado, secado, bañado, empacado, transportado o formado., mientras que la información puede ser recibida, preparada, comparada, combinada, transmitida, desplegada, grabada, etc. En un proceso técnico, un tipo de transformación (de energía, material o información) puede prevalecer sobre los demás, dependiendo del problema o de su solución. En ese caso, aquella conversión se considera la conversión o transformación principal.

Es necesario considerar los siguientes puntos para llevar a cabo una descomposición funcional:

- a. Identificar la función principal del sistema que se analiza. Esto es, la tarea que realiza la planta, equipo, máquinas, ensambles o componentes; en base a los requerimientos del cliente. Se representa mediante un rectángulo que contiene un simple y conciso enunciado, generalmente compuesto por un verbo y un sustantivo.
- b. Para desarrollar la estructura funcional se divide la función principal en subfunciones, que consisten en subtareas que desempeña el sistema. Las subfunciones se relacionan mediante flujos de energía, material y información, que deben ser coherentes entre cada salida y entrada de las éstas, ya que para satisfacer una subfunción, será necesario que se complete la anterior. Las subfunciones se representan mediante un verbo y un sustantivo, dentro de rectángulos numerados (1.0, 2.0, 3.0, etc.).
- c. En caso de que así se requiera (según la complejidad del sistema), se puede dividir las subfunciones en otras de segundo nivel. Así, la subfunción 1.0 puede dividirse en tres subfunciones, la 1.1, 1.2 y 1.3. Es conveniente subdividir el sistema tantos niveles como sea necesario para lograr un claro entendimiento del problema, pero no más.
- d. Según la complejidad del sistema y las necesidades del diseñador, la descomposición funcional del sistema puede expresarse mediante un Árbol Funcional, donde se aprecian funciones y subfunciones de forma jerárquica (figura 4.2); o a través de la Estructura Funcional, con la cual se identifican los flujos de materiales, energía e información (figura 4.3).

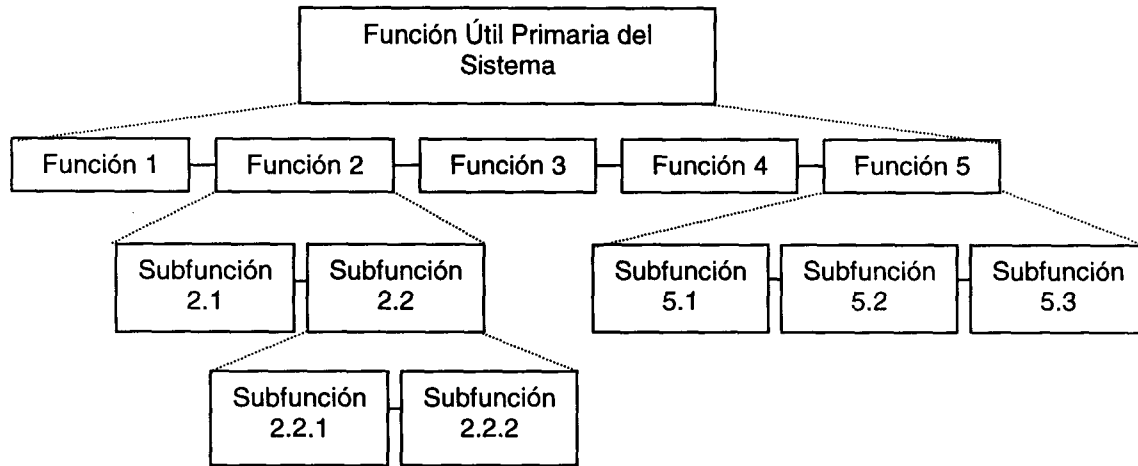


Figura 4.2 Representación del Árbol Funcional de un sistema

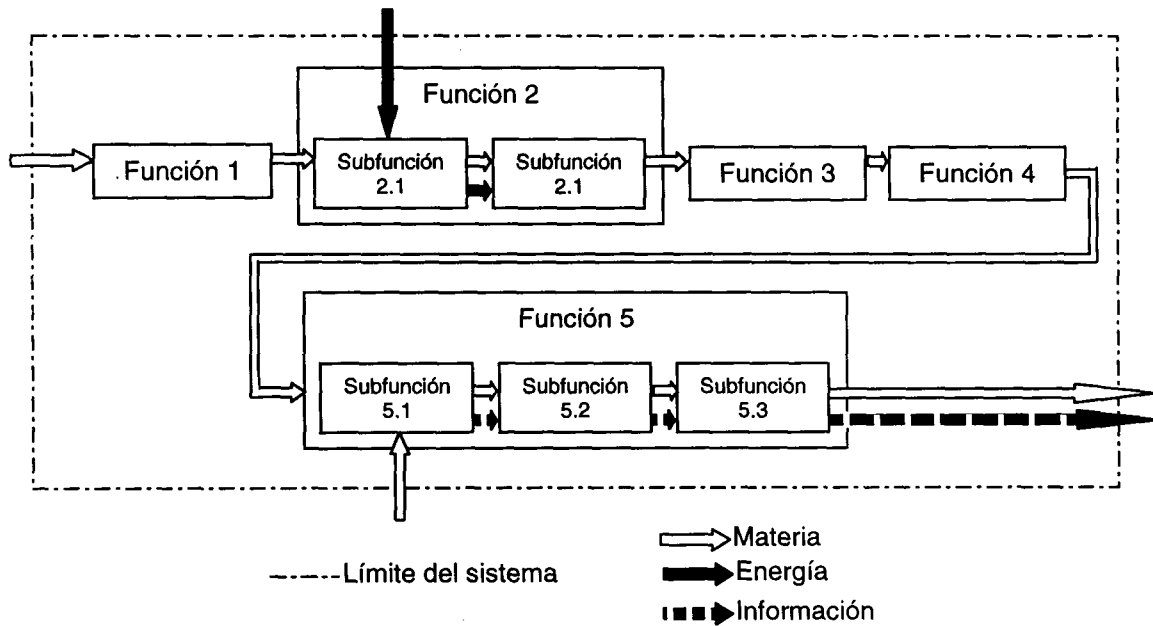


Figura 4.3 Representación de la Estructura Funcional de un sistema

- e. Incluir funciones y subfunciones auxiliares en caso de ser necesario, éstas consisten en aquellas que contribuyen a la realización de la función principal de forma indirecta.

4.2 Análisis Funcional: CASO DE ESTUDIO NOPALITO'Z

El proyecto Nopalito'z es un caso de diseño que se conoce como diseño original, el cual consiste en elaborar un principio de solución original (distinto al actual) para el sistema [Pahl y Beitz, 1988]. Sin embargo, es necesario primeramente llevar a cabo la descomposición funcional del sistema para identificar problemas y definir que funciones pueden continuarse utilizando, y cuales es necesario diseñar. A continuación se muestra el árbol funcional de la máquina desespinaadora existente (figura 4.4).

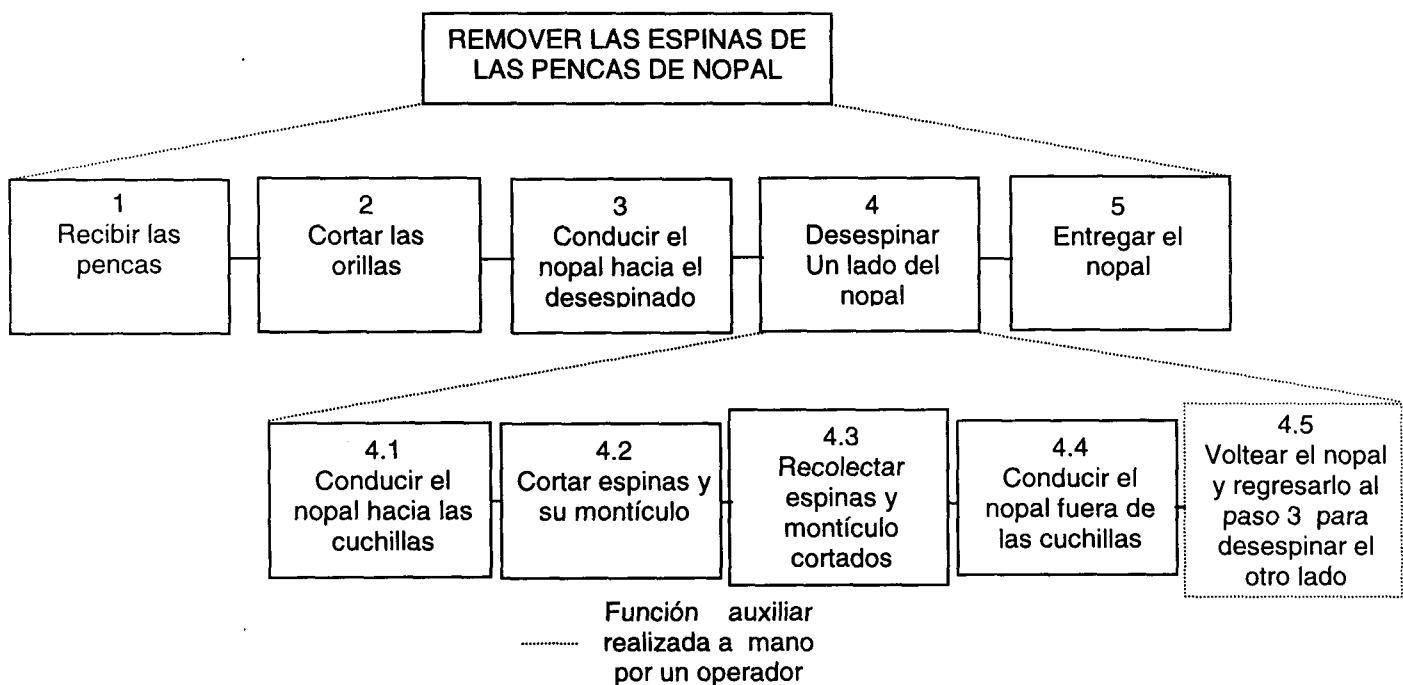


Figura 4.4 Árbol Funcional de la máquina desespinaadora actual

Tomando en cuenta los flujos de energía, material e información, la estructura funcional de la máquina desespinaadora queda de la forma mostrada en la figura 4.5.

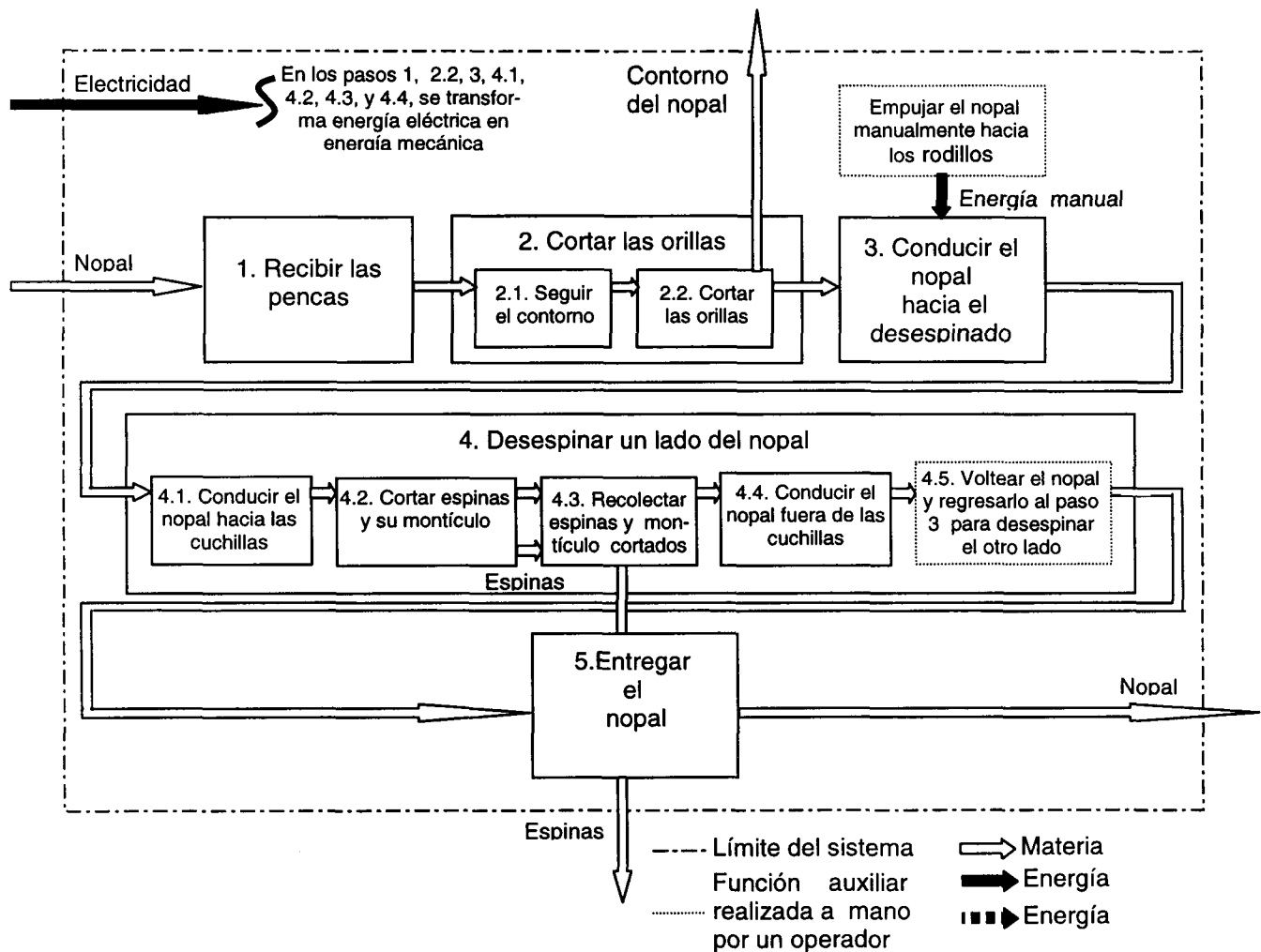


Figura 4.5 Estructura funcional de la máquina desespinadora actual

Como se aprecia en las figuras 4.4 y 4.5, la función útil primaria que lleva a cabo la máquina es la remoción de las espinas de nopal. A partir de ella se derivan las demás funciones, de las cuales, el desespinado se ha descompuesto nuevamente en sus diversas subfunciones, ya que es la tarea que representa el mayor reto innovativo y que requiere un más profundo análisis.

Llevar a cabo el análisis funcional de la máquina desespinadora actual es una actividad útil debido a que posteriormente se facilitará el llevar a cabo un análisis de los efectos útiles y perjudiciales que provoca cada una de las subfunciones identificadas. Sin embargo, es necesario realizar el análisis

funcional para el sistema deseado, el cual será siempre más general que el anterior debido a que aún no se cuenta con conceptos de solución específicos. El objetivo primordial de este nuevo análisis es definir las funciones (como se acaba de mencionar, subfunciones aún no) que deberá ejecutar el sistema técnico a diseñar. De esta manera, los esfuerzos de investigación pueden enfocarse en aquellas que representen un problema de diseño más significativo.

El árbol funcional de la máquina desespinaadora deseada se presenta en la figura 4.6.

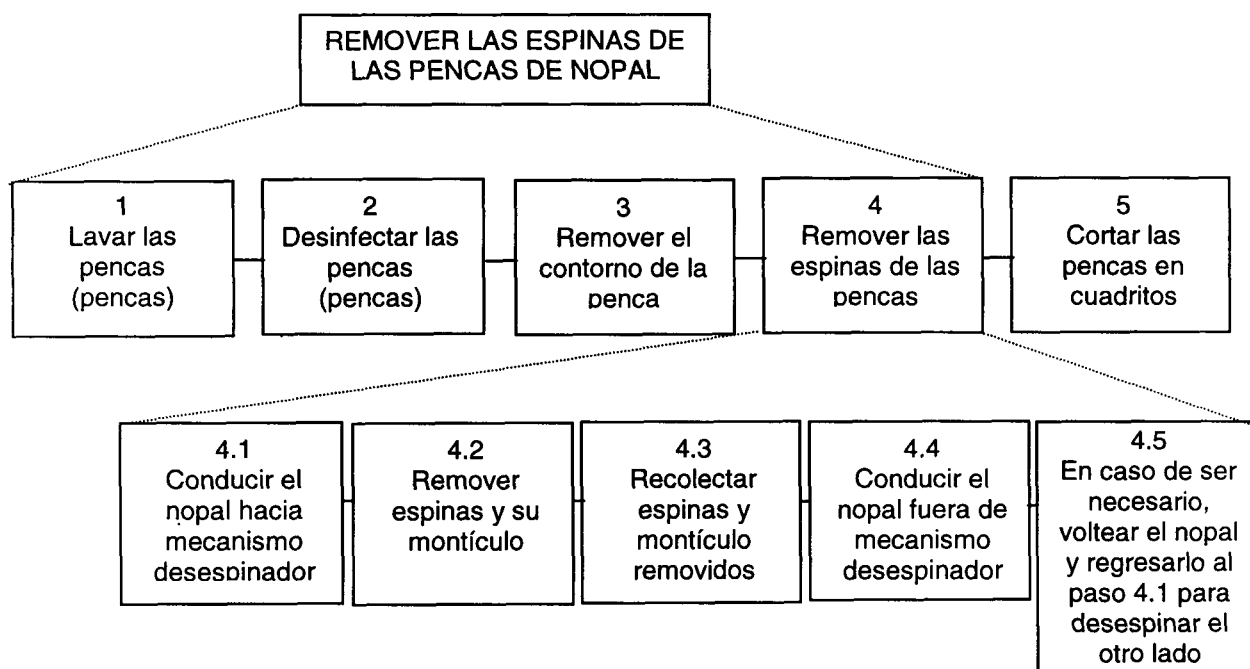


Figura 4.6 *Árbol Funcional de la máquina desespinaadora deseada*

El árbol funcional anterior contiene las funciones básicas que se pretende que lleve a cabo la nueva máquina desespinaadora. Las funciones se expresan de la manera más general posible, con el fin de si bien explican la tarea que debe realizarse, no pretenden predisponer al diseñador hacia algún tipo de concepto en particular.

Como puede notarse en este último árbol funcional, se han agregado las funciones de lavado, desinfectado y desorillado de pencas. Lo anterior se debe a que si el desespinado brindaría una nueva capacidad de procesamiento a la empresa, los demás procesos manuales se deberían automatizar para correr a la par de dicho crecimiento. Sin embargo, es necesario precisar que se pretende mantener un alto grado de independencia entre ellas, mediante la división de la máquina en 4 módulos (módulo de lavado, módulo de desinfectado, módulo de desorillado y módulo de desespinado). Por conveniencia se seguirá denominando al sistema técnico como máquina desespinaadora, ya que fue esta función la que motivó el desarrollo del proyecto y porque se considera que es esta tarea, el “corazón” o parte principal del sistema

4.3 Conclusiones del Análisis Funcional

Mediante el análisis funcional de la máquina desespinaadora actual ha sido posible identificar por separado cada una de las subfunciones que desempeña para llevar a cabo su tarea principal. Una vez establecida la estructura del sistema, será posible llevar a cabo una Investigación de Patentes con el fin de comenzar la búsqueda de soluciones conceptuales al problema. Posterior o paralelamente a esto comienzan los análisis de TRIZ a través de el Diagrama SUH y los análisis Campo-Sustancia y de Contradicciones. Posteriormente, las alternativas de solución generadas son asentadas en una Matriz Morfológica para su posterior evaluación.

4.4 Investigación de Patentes

El primer paso en la búsqueda de conceptos de solución para un problema de diseño es investigar si el problema ya ha sido resuelto competitivamente en otras partes del mundo. Existen millones de patentes registradas, cada una de ellas contiene diversos diagramas y reclamos. Es por esto que para analizar un número razonable de ellas, es necesario llevar a cabo

una intensa tarea de búsqueda [Ullman, 1992]. Esto es, todas aquellas patentes relacionadas a una determinada idea deben ser revisadas.

Actualmente diversas bases de datos de patentes han sido puestas a disposición del público a través de internet. Llevar a cabo la búsqueda de forma electrónica facilita enormemente una tarea que mediante manuales y catálogos impresos consumiría un amplio número mayor de horas-hombre. Se considera que uno de los registros de patentes más importantes y completos es el de los Estados Unidos, ya que es un país con una fuerte legislación en materia de propiedad intelectual. La investigación de patentes llevada a cabo para el propósito de el proyecto se realizó en la base de datos en internet de la Oficina Patentes y Marcas Registradas de los Estados Unidos (USPTO) [USPTO, 1998]. Las partes esenciales de una patente son [McCracken, 1983]:

- **Abstract:** Consiste en un breve párrafo que describe la idea de manera general. Contiene información esencial acerca de la patente, de manera que permite al lector enterarse de sus aspectos básicos y decidir así si profundiza o no en el resto.
- **Antecedentes:** Contiene breves descripciones de otros trabajos dentro del campo de la patente, números de patentes relacionadas o publicaciones. Se incluye cómo se llegó a la concepción de la idea [Capsey, 1973].
- **Resumen de la Invención:** Incluye el objetivo del invento y una descripción de sus componentes y su función en particular.
- **Reclamos:** Se definen aquellas partes, componentes, funciones, procesos y características en general que el inventor declara como propias.
- **Esquemas de la Invención:** Se incluyen tantos dibujos del sistema y de sus subensambles y componentes como sean necesarios para describir completamente el invento.
- **Descripción de Dibujos:** Se lleva a cabo una descripción detallada de cada figura y de cada número designado a un componente del sistema. En caso de ser necesario, se especifica la forma de operar el artefacto.

La mayoría de las bases de datos con registros de patentes en Internet cuentan con opciones de búsqueda, entre las cuales las más comunes son:

- Búsqueda por número de patente
- Búsqueda por palabra clave en el título
- Búsquedas avanzadas por palabra(s) clave(s) en los distintos campos de la patente (título, autor, *abstract*, etc.).

Por otra parte existe además la posibilidad de limitar la búsqueda por fechas e incluso mediante operadores (AND, OR, AND NOT, etc.). Sin embargo, es recomendable llevar a cabo intentos con palabras diversas que tienen relación con el sistema a diseñar o bien con acciones exactas o análogas a las requeridas.

Primeramente deben realizarse búsquedas con palabras estrechamente vinculadas al sistema, o con frases similares al nombre del sistema. Esto permite el estudio de diseños que tengan exactamente la misma función que el que se desea desarrollar. Si no se cuenta con amplios registros de patentes en ese campo, se procede con una búsqueda de inventos cuya función puede ser análoga al sistema, tratando así de incursionar en otros campos que pueden aportar alternativas de solución al problema propio.

4.5 Investigación de Patentes: CASO DE ESTUDIO NOPALITO'Z

Para la búsqueda de desespinares de nopal patentados, se llevó a cabo una búsqueda avanzada con las siguientes palabras clave (originalmente en idioma inglés):

- Cactus
- Espina
- Nopal

Como resultado de la búsqueda con estas palabras, se encontraron las siguientes patentes:

- (1) Patente No. 5427568 (Anexo 1): Método y aparato para desespinar cactus: Consiste en una cámara cilíndrica dentro de la cual las pencas son impulsadas de forma centrífuga hacia unas paredes en las que se encuentran filos que mediante corte las desespinan.
- (2) Patente No. 5196036 (Anexo 2): Aparato desespinaador para remover espinas de la penca de nopal: Es una herramienta manual conformada por una barra en forma de "U" que sujeta una cuchilla. La apertura de la barra es regulada por un seguro, permitiendo así controlar el grado de flexión de la cuchilla. Esta patente registra además otros tres diseños de herramientas manuales, que consisten en diversas formas de cuchillas montadas en un mango.
- (3) Patente No. 5062210 (Anexo 3) Herramienta desespinaadora de nopal: La patente reside en una herramienta compuesta por dos pivotes dentro de los cuales se monta una navaja para rasurar, la cual se flexiona hacia el exterior.

Continuando con la búsqueda de conceptos de diseño, se analizaron patentes para desescamar pescado (Anexo 4), desplumar pollos (Anexo 5), pelar papas (Anexo 6), depilar vello (Anexo 7) y rasuradoras (Anexo 8).

4.6 Conclusiones de la Investigación de Patentes

Las búsquedas realizadas a través de Internet, ofrecieron resultados que permiten afirmar que no existe aún un sistema de desespinado de nopal eficaz, ya que únicamente se encontró una máquina desespinaadora que –intuitivamente- se encuentra limitada en cuanto a capacidad de procesamiento y a trato amable a las pencas y de la cual no se tiene conocimiento en la industria procesadora de nopal. El resto de las patentes sólo contienen

herramientas manuales, que si bien facilitan la remoción de espinas, no brindan un concepto útil para la automatización del proceso.

4.7 TRIZ – Diagrama SUH

Una vez establecidas las subfunciones que lleva a cabo la máquina desespinadora, es necesario construir una estructura causa-efecto que exprese las relaciones entre las funciones y los efectos útiles y perjudiciales que generan, esto se logra mediante la herramienta de TRIZ conocida como Diagrama SUH (Sistema - Efecto Útil/Efecto Perjudicial). El fin de la creación de dicha estructura es el formular el problema posteriormente mediante *operadores*, a partir de los cuales se formulan direcciones de innovación.

Para comenzar, es necesario identificar las relaciones entre las funciones. En el contexto de TRIZ, la palabra “función” describe “algo que se desea que suceda” , por lo que incluye también a eventos. Existen tres relaciones entre funciones útiles (UF) y perjudiciales (HF) [Terninko, 1995]:

1. UF_n causa \Longrightarrow HF_n
2. UF_n se introduce para eliminar $\xrightarrow{|}$ HF_n
3. UF_n es requerida para \longrightarrow UF_{n+1}

Estas tres relaciones conducen a ocho cuestionamientos, cuatro relacionados a una función útil y cuatro a una función perjudicial. A continuación se muestran diagramas de flujo de las 8 preguntas, los cuales permiten guiar al diseñador a la construcción de su diagrama SUH (figuras 4.7 y 4.8).

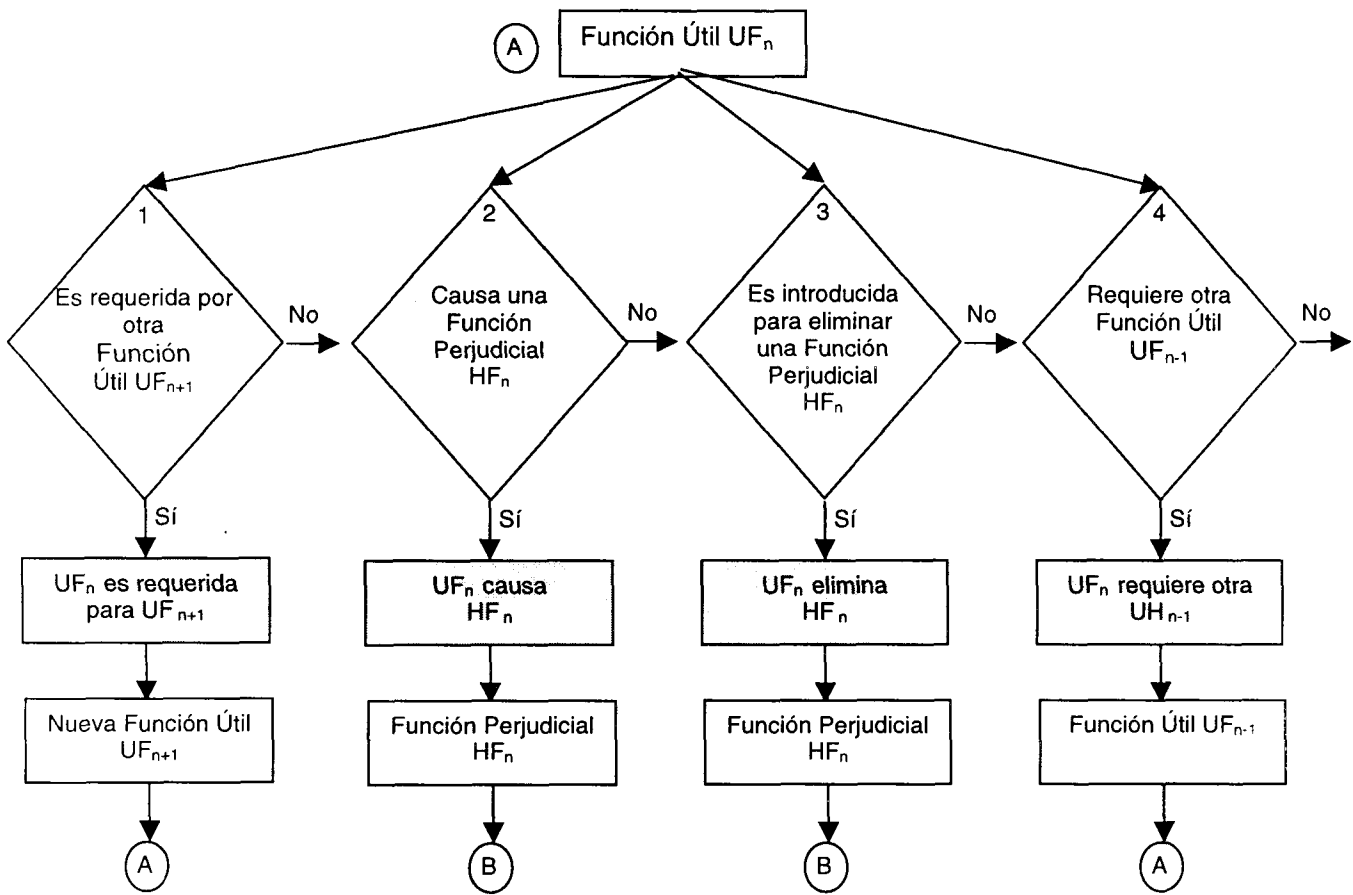


Figura 4.7 Flujo de las preguntas a partir de una Función Útil [Terninko, 1995].

Los rectángulos grises en estas figuras corresponden a los enunciados que se formulan al identificar la relación entre las funciones útiles y perjudiciales. La relación entre el Análisis Funcional y el Diagrama SUH radica en que una vez definidas las funciones del sistema técnico, el Diagrama SUH permite llevar a cabo una análisis causa-efecto de cada una de estas funciones, comprendiendo así de manera mejor y por separado, las ventajas y desventajas que trae consigo cada una de las funciones a la función útil primaria del sistema.

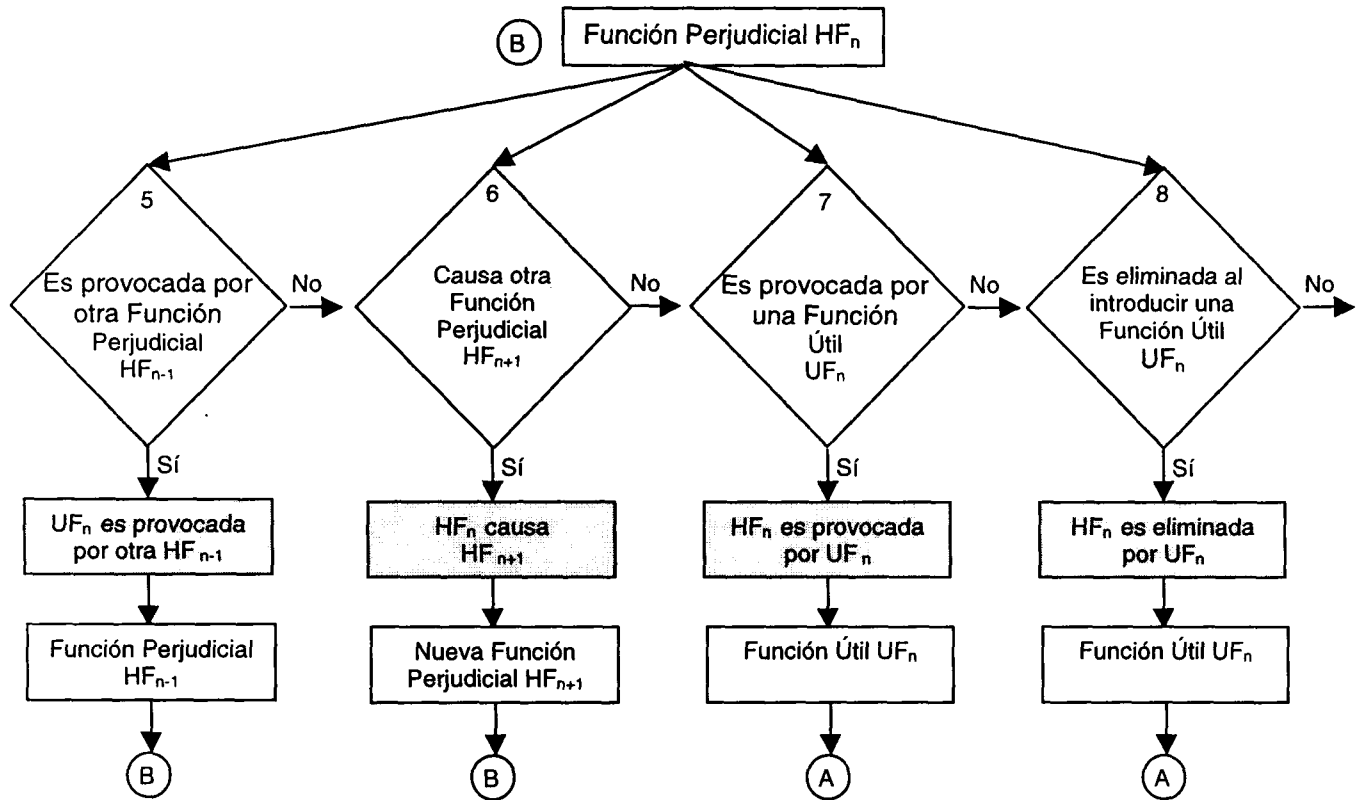


Figura 4.8 Flujo de las preguntas a partir de una Función Perjudicial [Terninko, 1995].

Una vez que se ha completado el proceso de modelación de los efectos, se debe proceder a la formulación de direcciones de innovación, los cuales de igual manera están compuestos por operadores. El programa computacional “*Innovation Workbench System*”[®] realiza este proceso de manera automática, como se ejemplifica en el caso de estudio.

4.8 TRIZ – Diagrama SUH: CASO DE ESTUDIO NOPALITO’Z

Para analizar los efectos provocados por las funciones de la máquina desespadora actual, a continuación se grafica el Diagrama SUH derivado del Árbol Funcional, específicamente de la parte del desespado, la cual representa el corazón del sistema y que es el que presenta el mayor problema (figura 4.7).

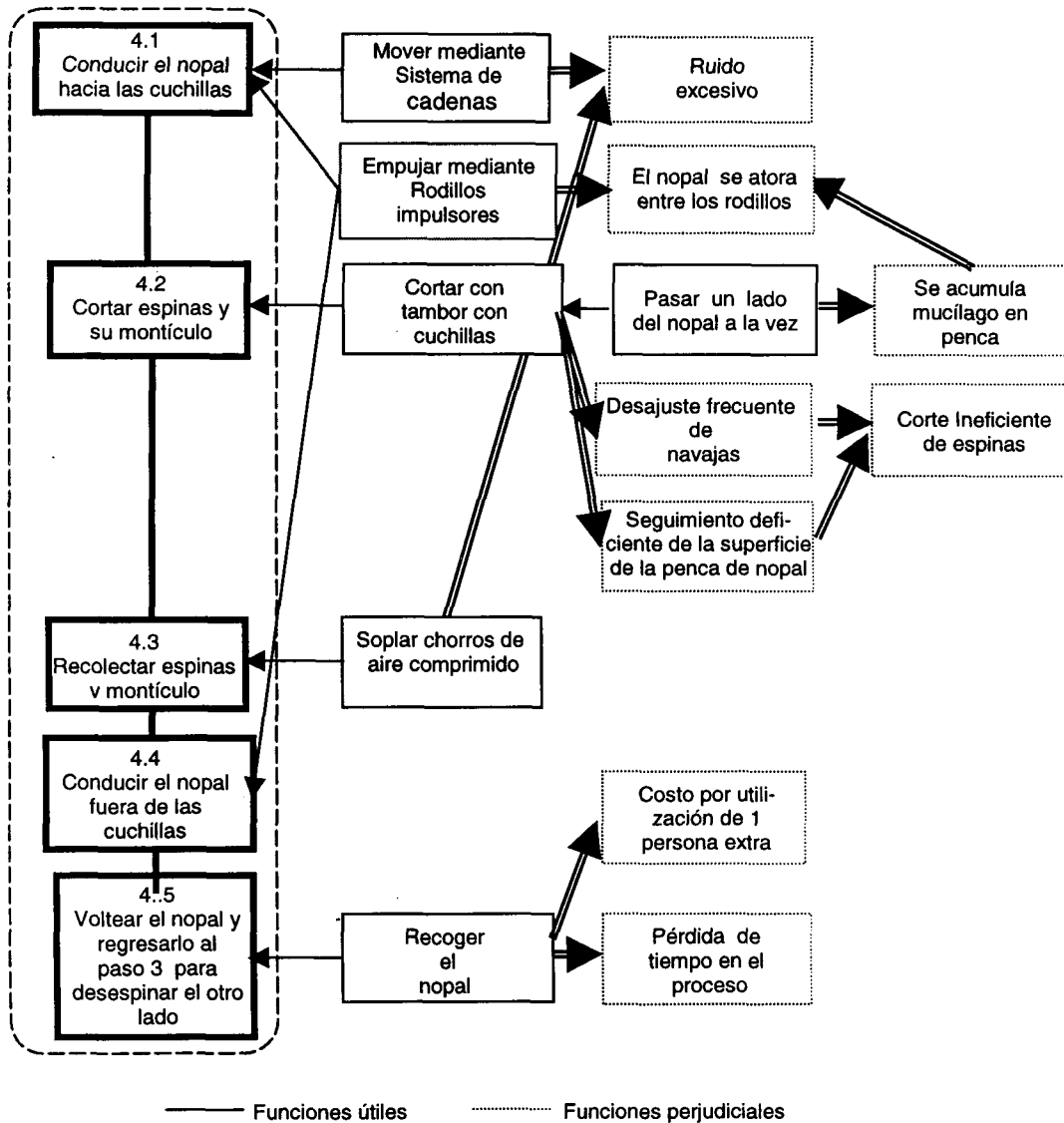


Figura 4.9 Diagrama SUH de la descomposición funcional del proceso de desespinado de la máquina existente

La gráfica anterior puede ser expresada en enunciados utilizando los operadores (rectángulos grises) de la figura 4.7. De esta manera se obtienen los siguientes enunciados:

1. Conducir el nopal hacia las cuchillas *requiere* mover mediante sistema de cadenas.

2. Mover mediante sistema de cadenas *causa* ruido excesivo.
3. Conducir el nopal hacia las cuchillas *requiere* empujar mediante rodillos impulsores.
4. Empujar mediante rodillos impulsores *causa* que el nopal se atore entre los rodillos.
5. Cortar espinas y su montículo *requiere* cortar con tambor con cuchillas.
6. Cortar con tambor con cuchillas *requiere* pasar un lado del nopal a la vez.
7. Pasar un lado del nopal a la vez *causa* que se acumule mucílago en la penca y los rodillos.
8. Que se acumule mucílago en la penca y los rodillos *causa* que el nopal se atore entre los rodillos.
9. Cortar con tambor con cuchillas *causa* desajuste frecuente de navajas.
10. El desajuste frecuente de las navajas *causa* corte ineficiente de espinas.
11. Cortar con tambor con cuchillas *causa* seguimiento deficiente de la superficie de la penca de nopal.
12. Seguimiento deficiente de la superficie de la penca de nopal *causa* corte ineficiente de espinas.
13. Recolectar espinas y montículo cortados *requiere* soplar con chorros de aire comprimido.
14. Soplar con chorros de aire comprimido *causa* ruido excesivo.
15. Conducir el nopal fuera de cuchillas *requiere* empujar mediante rodillos impulsores.
16. Voltear el nopal y regresarlo al paso 3 para desespinar el otro lado *requiere* recoger el nopal con la mano.
17. Recoger el nopal con la mano *causa* pérdida de tiempo en el proceso.

A partir de la definición de las relaciones ya definidas entre funciones y/o efectos útiles y perjudiciales. El software *Innovation Workbench*[®] genera dos

tipos de enunciados: los preventivos para las funciones dañinas y los alternativos para funciones útiles. Asimismo el software contempla la posibilidad de beneficiarse de una función/efecto perjudicial o de reforzar el efecto/función útil. A continuación se presenta una parcial de las alternativas de solución propuestas por el paquete computacional.

1. Find an alternative way to obtain [the] (4.1 Conducir el Nopal hacia cuchillas), that provides or enhances [the] (4.2 Cortar espinas y su montículo), and does not require [the] (Utilizar sistema de cadenas) and (Utilizar rodillos impulsores).
2. Find a way to enhance [the] (4.1 Conducir el Nopal hacia cuchillas).
3. Find a way to do without [the] (4.1 Conducir el Nopal hacia cuchillas) for obtaining [the] (4.2 Cortar espinas y su montículo).
4. Find an alternative way to obtain [the] (4.2 Cortar espinas y su montículo), that provides or enhances [the] (4.3 Recolectar espinas y su montículo), and does not require [the] (4.1 Conducir el Nopal hacia cuchillas) and (Cortar con tambor con cuchillas).
5. Find a way to enhance [the] (4.2 Cortar espinas y su montículo).
6. Find a way to do without [the] (4.2 Cortar espinas y su montículo) for obtaining [the] (4.3 Recolectar espinas y su montículo).
7. Find an alternative way to obtain [the] (4.3 Recolectar espinas y su montículo), that provides or enhances [the] (4.4 Conducir el nopal fuera de cuchillas), and does not require [the] (4.2 Cortar espinas y su montículo) and (Utilizar chorros de aire comprimido).
8. Find a way to enhance [the] (4.3 Recolectar espinas y su montículo).
9. Find a way to do without [the] (4.3 Recolectar espinas y su montículo) for obtaining [the] (4.4 Conducir el nopal fuera de cuchillas).
10. Find an alternative way to obtain [the] (4.4 Conducir el nopal fuera de cuchillas), that does not require [the] (4.3 Recolectar espinas y su montículo) and (Utilizar rodillos impulsores).
11. Find a way to enhance [the] (4.4 Conducir el nopal fuera de cuchillas).
12. Find an alternative way to obtain [the] (4.5 Regresar y voltear nopal), that does not cause [the] (Costo de utilización de personal) and (Pérdida de tiempo).
13. Find a way to enhance [the] (4.5 Regresar y voltear nopal).
14. Find an alternative way to obtain [the] (Utilizar sistema de cadenas), that provides or enhances [the] (4.1 Conducir el Nopal hacia cuchillas), and does not cause [the] (Ruido excesivo).
15. Find a way to enhance [the] (Utilizar sistema de cadenas).
16. Find a way to resolve the contradiction: [the] (Utilizar sistema de cadenas) should exist to obtain [the] (4.1 Conducir el Nopal hacia cuchillas), and should not exist in order to avoid [the] (Ruido excesivo).

17. Find a way to do without [the] (Utilizar sistema de cadenas) for obtaining [the] (4.1 Conducir el Nopal hacia cuchillas).
18. Find a way to eliminate, reduce or prevent [the] (Ruido excesivo), under the condition of [the] (Utilizar sistema de cadenas) and (Utilizar chorros de aire comprimido).
19. Find an alternative way to obtain [the] (Utilizar rodillos impulsores), that provides or enhances [the] (4.1 Conducir el Nopal hacia cuchillas) and (4.4 Conducir el nopal fuera de cuchillas), and does not cause [the] (El nopal se atora entre los rodillos).
20. Find a way to enhance [the] (Utilizar rodillos impulsores).
21. Find a way to resolve the contradiction: [the] (Utilizar rodillos impulsores) should exist to obtain [the] (4.1 Conducir el Nopal hacia cuchillas) and (4.4 Conducir el nopal fuera de cuchillas), and should not exist in order to avoid [the] (El nopal se atora entre los rodillos).
22. Find a way to do without [the] (Utilizar rodillos impulsores) for obtaining [the] (4.1 Conducir el Nopal hacia cuchillas) and (4.4 Conducir el nopal fuera de cuchillas).
23. Find a way to eliminate, reduce or prevent [the] (El nopal se atora entre los rodillos), under the condition of [the] (Se lubrican los rodillos) and (Utilizar rodillos impulsores).
24. Find an alternative way to obtain [the] (Cortar con tambor con cuchillas), that provides or enhances [the] (4.2 Cortar espinas y su montículo), but does not cause [the] (Desajuste frecuente de navajas), and does not require [the] (Pasar un lado del nopal a la vez).
25. Find a way to enhance [the] (Cortar con tambor con cuchillas).
26. Find a way to resolve the contradiction: [the] (Cortar con tambor con cuchillas) should exist to obtain [the] (4.2 Cortar espinas y su montículo), and should not exist in order to avoid [the] (Desajuste frecuente de navajas).
27. Find a way to do without [the] (Cortar con tambor con cuchillas) for obtaining [the] (4.2 Cortar espinas y su montículo).
28. Find a way to eliminate, reduce or prevent [the] (Desajuste frecuente de navajas), under the condition of [the] (Cortar con tambor con cuchillas).
29. Find a way to eliminate, reduce or prevent [the] (Corte ineficiente de espinas), under the condition of [the] (Desajuste frecuente de navajas).
30. Find an alternative way to obtain [the] (Pasar un lado del nopal a la vez), that provides or enhances [the] (Cortar con tambor con cuchillas), and does not cause [the] (Se acumula mucílago en penca y rodillos).
31. Find an alternative way to obtain [the] (Cortar con tambor con cuchillas), that provides or enhances [the] (Cortar espinas y su montículo), but does not cause [the] (Desajuste frecuente de navajas), and does not require [the] (Pasar un lado del nopal a la vez).
32. Find a way to resolve the contradiction: [the] (Cortar con tambor con espinas) should exist to obtain [the] (Cortar con tambor con cuchillas), and should not exist in order to avoid [the] (Seguimiento deficiente de la superficie de la penca del nopal).

33. Find a way to eliminate, reduce or prevent [the] (Seguimiento deficiente de la superficie de la penca del nopal), under the condition of [the] (Cortar con tambor con cuchillas).
34. Find a way to eliminate, reduce or prevent [the] (Corte ineficiente de espinas), under the condition of [the] (Seguimiento deficiente de la superficie de la penca del nopal).
35. Find a way to enhance [the] (Pasar un lado del nopal a la vez).
36. Find a way to resolve the contradiction: [the] (Pasar un lado del nopal a la vez) should exist to obtain [the] (Cortar con tambor con cuchillas), and should not exist in order to avoid [the] (Se acumula mucílago en penca y rodillos).
37. Find a way to do without [the] (Pasar un lado del nopal a la vez) for obtaining [the] (Cortar con tambor con cuchillas).
38. Find a way to eliminate, reduce or prevent [the] (Se acumula mucílago en penca y rodillos), under the condition of [the] (Pasar un lado del nopal a la vez).
39. Find a way to eliminate, reduce or prevent [the] (Se lubrican los rodillos), under the condition of [the] (Se acumula mucílago en penca y rodillos).
40. Find an alternative way to obtain [the] (Utilizar chorros de aire comprimido), that provides or enhances [the] (4.1.3 Recolectar espinas y su montículo), and does not cause [the] (Ruido excesivo).
41. Find a way to enhance [the] (Utilizar chorros de aire comprimido).
42. Find a way to resolve the contradiction: [the] (Utilizar chorros de aire comprimido) should exist to obtain [the] (4.3 Recolectar espinas y su montículo), and should not exist in order to avoid [the] (Ruido excesivo).⁹
43. Find a way to do without [the] (Utilizar chorros de aire comprimido) for obtaining [the] (4.3 Recolectar espinas y su montículo).
44. Find a way to eliminate, reduce or prevent [the] (Costo de utilización de personal), under the condition of [the] (4.5 Regresar y voltear nopal).
45. Find a way to eliminate, reduce or prevent [the] (Pérdida de tiempo), under the condition of [the] (4.5 Regresar y voltear nopal).

Finalmente, estos planteamientos de problemas se transcriben como Direcciones de Innovación, usando un lenguaje sencillo y con un sentido fácil de entender. A continuación se presenta una lista parcial de Direcciones de Innovación, acompañadas de algunos ejemplos de conceptos de solución derivados de la dirección de innovación.

- a) **Dirección de innovación:** Encuentre una forma de mejorar el cortar espinas y su montículo.



Concepto: El proceso de corte puede ser mejorado utilizando determinados ángulos tanto en el filo de la navaja, como en el ataque a la materia a cortar.

- b) **Dirección de innovación:** Encuentre una forma alternativa de regresar y voltear el nopal y que no cause costo de utilización de personal y pérdida de tiempo.



Concepto: Ante este problema lo más factible es desespinar el nopal por los dos lados al mismo tiempo.

- c) **Dirección de innovación:** Encuentre una forma de mejorar el regresar y voltear el nopal.
- d) **Dirección de innovación:** Encuentre una forma alternativa de utilizar sistema de cadenas que provea o mejore conducir el nopal hacia cuchillas y que no cause ruido excesivo.



Concepto: Conducir el nopal mediante bandas transportadoras, propulsadas por arreglos de bandas y poleas. También sería posible hacerlo mediante canales con agua, ya que el nopal tiende a flotar.

- e) **Dirección de innovación:** Encuentre una forma de resolver la contradicción: Utilizar sistema de cadenas debe existir para conducir el nopal hacia cuchillas y no debe existir para eliminar el ruido excesivo.
- f) **Dirección de innovación:** Encuentre una forma de conducir el nopal hacia cuchillas sin utilizar sistema de cadenas.
- g) **Dirección de innovación:** Encuentre una forma de mejorar el utilizar rodillos impulsores.



Concepto: Probar con distintos materiales, velocidades y presión del rodillo sobre el nopal.

- h) **Dirección de innovación:** Encuentre una forma de resolver la contradicción: Utilizar rodillos impulsores debe existir para conducir el nopal hacia cuchillas y fuera de cuchillas y no debe existir para evitar que el nopal se atore entre los rodillos.

- i) **Dirección de innovación:** Encuentre una forma de conducir el nopal hacia cuchillas y fuera de cuchillas sin utilizar rodillos impulsores.



Concepto: Aprovechar la fuerza de gravedad para que el nopal fluya de arriba hacia abajo, y sea su mismo peso el que lo lleve por los diversos puntos de procesamiento. De igual manera podría ser al revés, si el proceso se lleva a cabo inmerso en agua y se aprovecha la flotabilidad del nopal.

- j) **Dirección de innovación:** Encuentre una forma de eliminar, reducir o prevenir que el nopal se atore entre los rodillos bajo la condición de que se lubriquen los rodillos y utilizando rodillos impulsores.



Concepto: Diseñar un mecanismo de rodillos impulsores de algún material absorbente para que recoja el mucílago al contacto con la penca de nopal, pero que en otro punto sea comprimido con el fin de que se exprima y libere el mucílago.

- k) **Dirección de innovación:** Encuentre una forma alternativa de cortar con tambor con cuchillas que provea o mejore el cortar espinas y su montículo y que no cause desajuste frecuente de navajas y que no requiera pasar un lado del nopal a la vez.

- l) **Dirección de innovación:** Encuentre una forma de cortar espinas y su montículo sin cortar con tambor con cuchillas.

- m) **Dirección de innovación:** Encuentre una forma de eliminar, reducir o prevenir el desajuste frecuente de navajas, bajo la condición de cortar con tambor con cuchillas.

- n) **Dirección de innovación:** Encuentre una forma alternativa de cortar con tambor con cuchillas que provea o mejore el cortar espinas y su montículo y que no cause seguimiento deficiente de la penca de nopal y que no requiera pasar un lado del nopal a la vez.



Concepto: Utilizar aspas de corte conectadas a algún mecanismo que de seguimiento a la superficie de la penca de nopal. El arreglo puede

ser de tal forma que el desespinado se lleve a cabo al mismo tiempo en los dos lados.

- o) **Dirección de innovación:** Encuentre una forma de resolver la contradicción: Cortar con tambor con cuchillas debe existir para cortar espinas y su montículo y no debe existir para evitar el seguimiento deficiente de la superficie de la penca de nopal.
- p) **Dirección de innovación:** Encuentre una forma de reducir, eliminar o prevenir el seguimiento deficiente de la superficie de la penca de nopal bajo la condición de cortar con tambor con cuchillas.
- q) **Dirección de innovación:** Encuentre una forma de reducir, eliminar o prevenir el corte ineficiente de espinas bajo la condición de seguimiento deficiente de la superficie de la penca de nopal.



Concepto: Mecanismo electrónico que, mediante sensores, regule la altura a la que corta la navaja.

- r) **Dirección de innovación:** Encuentre una forma de resolver la contradicción: Pasar un lado del nopal a la vez debe existir para cortar con tambor con cuchillas y no debe existir para evitar que se acumule mucílago en penca y rodillos.
- s) **Dirección de innovación:** Encuentre una forma de reducir, eliminar o prevenir que se acumule mucílago en penca y rodillos bajo la condición de pasar un lado del nopal a la vez.



Concepto: Investigar si existe algún tipo de tratamiento (térmico, químico, mecánico) que reduzca la secreción de mucílago de las pencas de nopal. Profundizando más en esta idea, se encontró una investigación de tesis que se propuso reducir la secreción de mucílago [Rodríguez, 1995]. Sin embargo, uno de los resultados del tratamiento químico era que el nopal adquiría cierta coloración azul .

- t) **Dirección de innovación:** Encuentre una forma de resolver la contradicción: Utilizar chorros de aire comprimido debe existir para

recolectar espinas y su montículo y no debe existir para evitar ruido excesivo.



Concepto: Es posible invertir el sentido del flujo del aire, para que en lugar de que la materia removida sea avacuada mediante chorros de aire, sea succionada a través de aspiración, lo cuál es menos ruidoso.

Los enunciados anteriores brindan al diseñador importantes alternativas de solución a los problemas estructurados en la gráfica SUH. El llevar a cabo el proceso de formulación de soluciones mediante una secuencia lógica utilizando operadores, permite generar alternativas que en un principio podrían parecer absurdas o imposibles, como lo sería la alternativa *p*, que sugeriría investigación biotecnológica para lograr que el nopal no genere mucílago o “baba”. Sin embargo, la propia generación de soluciones tan diversas facilita la “apertura” de la visión del diseñador y el rompimiento de su *inercia psicológica*, que es aquella tendencia del tiene a contemplar soluciones exclusivas de su campo de conocimiento o derivadas de su experiencia.

Desde el punto de vista del sistema, existen tres niveles de factibilidad en las soluciones generadas por el paquete computacional.

- Los enunciados *a*, *e*, *g*, *j* y *m* se identifican en un nivel de subsistema, y representan soluciones menores, específicas y/o detalladas.
- Las alternativas *o* y *p* requerirían cambios radicales en el sistema, incluyendo su sustitución, lo que consistiría en una solución a largo plazo.
- Las acciones *b*, *d*, *f*, *h*, *i*, *k*, *l*, *n* y *q* se sitúan entre los dos extremos anteriores, ya que involucran cambios significativos de una naturaleza menos radical, por lo que son los más útiles para la solución del problema actual.

En proyectos más complejos es posible generar inclusive cientos de alternativas de solución. Para estos casos, se recomiendan las siguientes acciones para acortar el proceso de selección de alternativas:

1. Seleccione el problema con la relación costo/beneficio más alta.
2. Entre más radical sea el problema, más grande serán los beneficios potenciales.
3. Es preferible eliminar la causa de un efecto perjudicial que tratar de mitigar los resultados.
4. El nivel de dificultad involucrado en la implementación de una solución debe ser un factor en la selección del problema. Entre más radical sea una solución podrá concebirse como inaceptable, esto dependiendo de la cultura de una organización y de su inercia psicológica.

4.9 Conclusiones del Diagrama SUH

El Diagrama SUH y el proceso de formulación del problema ofrecen diversas direcciones para encontrar soluciones que pueden ser implementadas hoy, mañana y en un futuro más distante. A partir de la utilización de esta herramienta de TRIZ, comienza formalmente la generación de conceptos de solución para la máquina desespadora de nopal, ya que por lo general el diseñador comienza a pensar en alternativas de solución desde la fase de determinación de especificaciones. Los conceptos resultantes de la aplicación de esta herramienta en el caso de estudio se recopilan en la Matriz Morfológica, la cual se trata al final de este capítulo.

Es importante resaltar que el alcance de el diagrama SUH y el proceso de formulación no sólo se limita a problemas técnicos. Para adaptar esta herramienta a un problema dentro de un contexto de servicios, basta con reemplazar la palabra “función” por “tarea” [Terninko, 1995].

4.10 Análisis Campo-Sustancia

El Análisis de Campo-Sustancia (*Su-Field*) es una herramienta analítica de TRIZ para modelar problemas relacionados con sistemas tecnológicos. Cada sistema fue creado para llevar a cabo una función. La función deseada representa la salida de un objeto o sustancia (S_1), provocada por otro objeto (S_2) con la ayuda de algunos medios (tipos de energía, F). En otras palabras S_2 es quien ejecuta la acción o verbo F_2 , y S_1 es quien la recibe [Terninko, 1998]. El término general de *sustancia* ha sido usado en la literatura del TRIZ clásico para referirse a algún objeto. Sustancias son objetos de cualquier nivel de complejidad; pueden ser desde objetos simples hasta sistemas complejos. La acción o medios para completar la acción son llamados *campo*. El análisis campo-sustancia es un instrumento que requiere un monto importante de conocimiento técnico (información sobre cómo provocar efectos físicos) que las demás herramientas de TRIZ.

Para definir un sistema técnico son necesarias y suficientes dos sustancias (figura 4.10). La representación mediante un triángulo se explica ya que en geometría es la figura más simple, así como tecnológicamente [Ideation, 1995]. El análisis campo-sustancia es utilizado para describir sólo una función. Ésta función debe ser la principal, y es necesario ignorar las demás en el contexto de este análisis. El modelo describe una salida útil o perjudicial relacionada de la interacción de S_2 sobre S_1 a través de F .

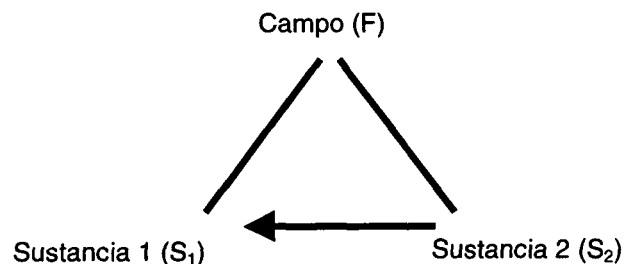


Figura 4.10 Modelo del Diagrama Campo-Sustancia

Existen cuatro modelos básicos:

1. Sistema efectivo completo.
2. Sistema incompleto (requiere complemento o un nuevo sistema).
3. Sistema completo no-efectivo (requiere mejora para crear el efecto deseado).
4. Sistema completo perjudicial (requiere eliminación del efecto negativo).

Si existe un problema en el sistema modelado o cualquiera de sus tres elementos falta, el análisis campo-sustancia indica dónde requiere completarse el modelo y ofrece direcciones para el pensamiento innovativo. Si está presente un problema de innovación y el sistema cuenta con sus tres elementos requeridos, al análisis campo-sustancia puede sugerir formas de modificar el sistema para un mejor desempeño. Esto es particularmente útil si son permitidos cambios radicales en el sistema.

Existen cuatro pasos para construir un modelo campo-sustancia [Terninko, 1995]:

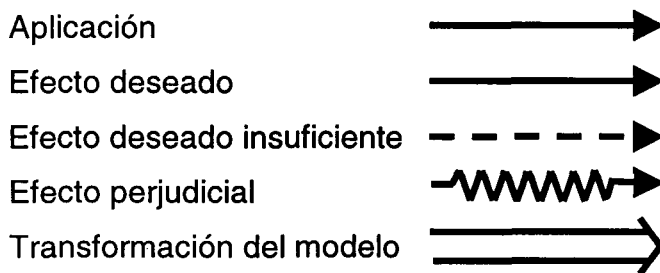
- (1) Identifique los elementos. El campo puede actuar sobre ambas sustancias o bien estar integrado por la sustancia 2 como un sistema.
- (2) Construya el modelo. Después de completar estos dos pasos, es necesario evaluar si el sistema es efectivo o está completo. Si falta algún elemento, trate de identificar cuál es.
- (3) Considere las soluciones contenidas en las 76 Soluciones Estándar (ver Apéndice C).
- (4) Desarrolle un concepto para sustentar la solución.

La identificación de las sustancias depende de su aplicación (S_1 y S_2). Cualquier sustancia puede ser un material, herramienta, parte, persona o ambiente. S_1 es el recipiente de la acción del sistema. S_2 es el medio por el cual alguna fuente de energía es aplicada a S_1 .

La fuente de energía, o campo (F), que actúa sobre las sustancias generalmente puede ser:

- (Me) – Mecánico
- (Th) – Térmico
- (Ch) – Químico
- (E) – Eléctrico
- (M) - Magnético
- (G) - Gravitacional

Las letras asociadas con el campo aplicado serán utilizadas en el modelo triangular de los diferentes sistemas. Las relaciones entre los elementos en el modelo campo-sustancia son representados mediante cinco diferentes líneas conectoras:



4.11 Análisis Campo - Sustancia: CASO DE ESTUDIO NOPALITO'Z

Siguiendo los cuatro pasos anteriores para la construcción del modelo, el diagrama campo-sustancia de la máquina desespinaadora se desarrolla como sigue:

1. Identifique los elementos.

La tarea consiste en desespinar nopal

- S_1 = Nopal
- S_2 = Tambor rotatorio con navajas
- F = Proceso mecánico de corte (F_{Me})

2. Construya el modelo.

En este caso se presenta una situación de *sistema completo no-efectivo*, ya que la máquina desespina actual desespina sólo aproximadamente un 30% de las espinas del nopal e incluso corta partes de las caras que deberían permanecer intacta, debido principalmente a -como ya se mencionó- deficiencias para seguir la superficie del nopal y al desajuste frecuente de navajas. De esta manera el modelo queda como sigue (figura 4.11).

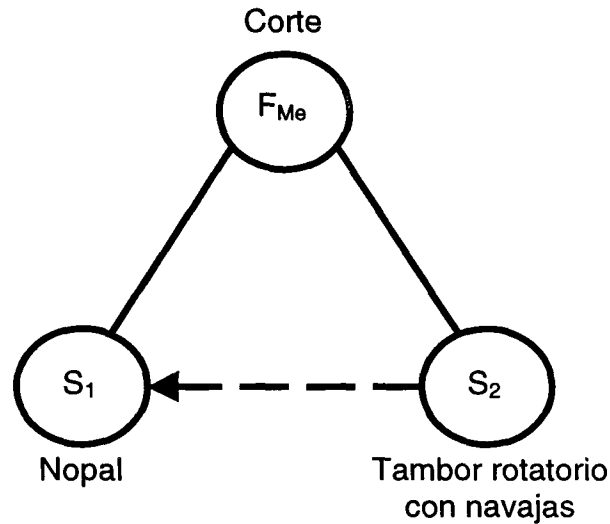


Figura 4.11 Modelo SUH de la máquina desespina existente

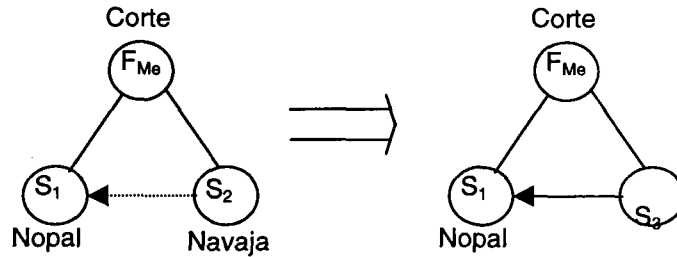
3. Considere las soluciones contenidas en las 76 Soluciones Estándar.

En el apéndice C se presentan las 76 Soluciones Estándar. Ésta es una lista de alternativas de acción para modificar el sistema técnico y conseguir un sistema completo efectivo. Fueron creadas en 1985 y se dividen en cinco grupos:

(1) Creación y Mejoramiento	13 soluciones estándar
(2) Mejora	23 soluciones estándar
(3) Super sistemas y micro-sistemas	6 soluciones estándar
(4) Detección y medidas	17 soluciones estándar
(5) Estrategias para mejoramiento	17 soluciones estándar

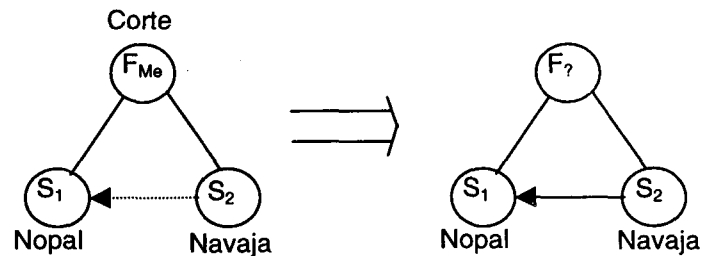
En esencia, las soluciones estándar que corresponden para sistemas completos no efectivos, proponen seis formas de mejorar el desempeño de un sistema:

(1) Cambio o modificación de sustancia: S_3 sustituye a S_2 .



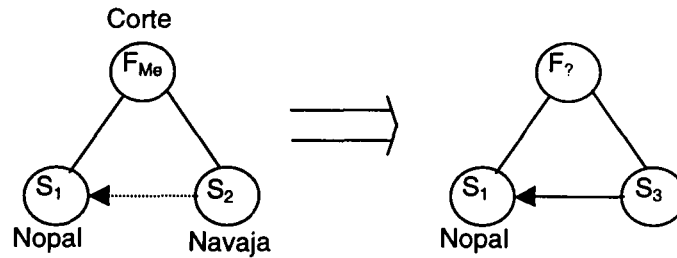
A este tipo de cambio de sistema corresponden, entre otras, las soluciones estándar No. 17 y 21. La primera sugiere cambiar S_2 de un macro nivel a un micro nivel, considerando muchas partículas en lugar de un todo. La solución No. 21 propone cambiar una S_2 uniforme o controlada por una S_3 no-uniforme, la cual tenga una estructura que sea permanente o temporal.

(2) Cambio o modificación de Campo: S_2 actúa sobre S_1 a través de un nuevo campo $F_?$.



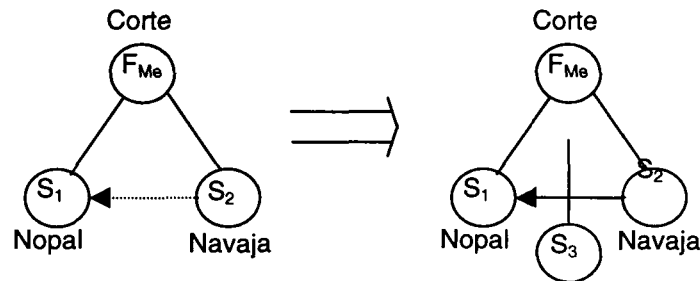
Entre las soluciones que consideran cambios de campo, están la No. 31, que expone cambiar a un campo "natural" (aprovechando fenómenos naturales); y la No. 35, que expone cambiar a un campo eléctrico.

- (3) Cambio o modificación de sustancia y de campo: Una nueva S_3 actúa sobre S_1 a través de un nuevo campo F_7 .



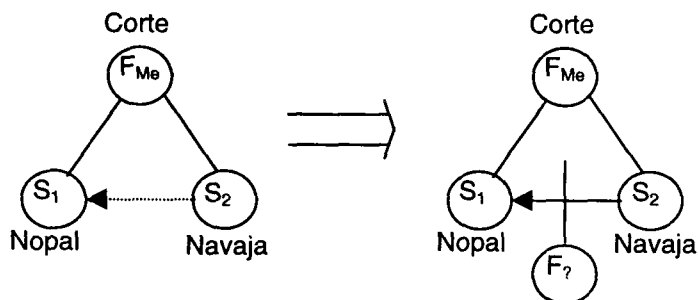
Algunas soluciones estándar que corresponden a este modelo repercuten en combinaciones de los dos modelos anteriores. Por otra parte, el cambio o modificación de campo y sustancia puede ser obligado al intentar cambiar solamente el campo o la sustancia.

- (4) Sustancia adicional: S_3 aumenta el efecto de S_2 sobre S_1 . La nueva sustancia puede ser agregada tanto a S_2 como a S_1 .



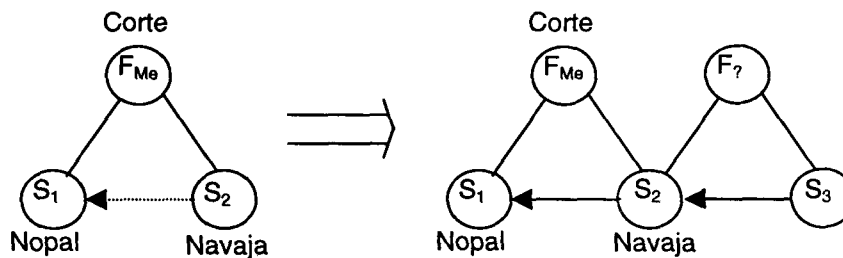
Ejemplos de soluciones estándar que completan el modelo de esta forma los son la No. 2, que sugiere que la sustancia aditiva S_3 sea agregada a S_1 y S_2 de manera interna. La solución No. 3 propone algo similar pero de forma externa, mientras que la No. 4 considera la posibilidad de situar el sistema dentro de su ambiente normal para beneficiarse de los recursos del sistema. Proteger el efecto deseado de S_2 sobre S_1 a través de S_3 es otra alternativa contenida en la solución 8.

(5) Campo Adicional: F_7 Intensifica el efecto de corte conseguido mediante F_{Me} .



Las soluciones estándar 12, 65 y 66 son ejemplos de el modelo anterior. La solución No. 12 establece que en caso de efectos perjudiciales, se puede agregar un nuevo campo para neutralizar el efecto negativo, o en caso de ser éste positivo, incrementarlo. La solución No. 65 propone introducir un campo adicional pero a nivel del ambiente del sistema técnico. Utilizar sustancias para crear un campo adicional es la alternativa de la solución 66.

(6) Campo y sustancia adicional: S_3 y F_7 Actúan sobre S_2 para que ésta consiga el efecto deseado.





Para este caso, la solución estándar No. 7 enuncia la adición de un nuevo campo y sustancia similares en caso de que no pueda reforzarse el efecto deseado directamente con el campo y sustancia originales. La solución No. 14 presenta la alternativa de crear la doble cadena, en la que el accionar de los dos modelos sea controlada de forma independiente.


3. Desarrolle un concepto para sustentar la solución.

En base a los 6 diferentes modelos y a las soluciones estándar que los sustentan, a continuación se presentan algunos conceptos generados para la nueva máquina:

(1) Cambio o modificación de sustancia:

 **Concepto:** Utilizar arreglos de navajas en lugar de una navaja para cada penca de nopal. Este concepto se complementa con la idea de cortar el nopal en tiras.


 **Concepto:** Desespinar mediante un “punzón”, que perfora el nopal en los lugares donde hay espinas.


 **Concepto:** Desespinar mediante hilo, *water jet* (chorro de agua a alta presión), o láser.

(2) Cambio o modificación de campo:


En esta caso se dificulta concebir una navaja que desespine el nopal a través de un campo diferente al corte mecánico (térmico, químico, eléctrico, magnético o gravitacional).

(3) Cambio o modificación de sustancia y campo:

 **Concepto:** Utilizar algún tipo de químico abrasivo que desespine la penca, o “ablande” las espinas, de manera que se facilite su remoción (aunque este último caso correspondería a adición de sustancia de forma externa).


 **Concepto:** Desespinar por medio de fibras, el campo ahora sería fricción mecánica, en lugar de corte.


(4) Adición de sustancia:

 **Concepto:** Agregar algún tipo de cera al nopal para cubrir las partes en las que la epidermis ha sido cortada. De esta manera se evita


la secreción de mucílago y su contacto con el aire, que es el principal causante de su reducción de vida en anaquel.

(5) Adición de campo:

 **Concepto:** Congelar el nopal con el fin de que su consistencia sea más rígida y su epidermis sea más dura y resistente al manejo (este campo pretende neutralizar el efecto dañino).

 **Concepto:** Calentar el nopal con vapor para investigar si facilita la remoción mediante fibras.

(6) Adición de campo y sustancia:

 **Concepto:** Sería posible utilizar el mismo corte mecánico y navajas, pero antes podría agregarse un nuevo campo y sustancia, que serían el eléctrico y un sensor, respectivamente. Dado que el nopal es 100% agua, podría probarse la posibilidad de aplicarle corriente eléctrica, y situar sensores que recorran su superficie. En caso de que el punto donde se encuentran las espinas no conduzca electricidad (la base de la espina es de un material distinto al de la penca), el circuito se interrumpiría, lo que indica la presencia de espina en ese punto. Esta señal podría activar la navaja y realizar el desespinado.

4.12 Conclusiones del Análisis Campo - Sustancia

El análisis campo-sustancia permite reducir y modelar el sistema técnico en su forma más simple. Las 76 soluciones estándar facilitan la búsqueda de soluciones para optimizar el modelo, motivando la generación de ideas para diseños existentes y futuros, utilizando otras fuentes de energía y conocimiento.

Entre las fortalezas de esta herramienta se cuenta principalmente su alta estructuración del problema, además de que posibilita la generación de conceptos de diseño muy variados. Sin embargo, requiere amplios conocimientos en el terreno de la física para identificar posibles campos.

Tanto el análisis campo-sustancia como el SUH, consisten en dos herramientas analíticas que permiten abstraer el problema de diseño a un nivel en que pueden buscarse soluciones a otros problemas e implementarlas en el nuestro por analogía. La utilización de estas técnicas facilitarán al diseñador la utilización del Análisis de Contradicciones, otra alternativa de la metodología TRIZ para ver al problema de diseño con nuevos ojos.

4.13 Análisis de Contradicciones

El Análisis de Contradicciones es una herramienta de TRIZ que persigue dos objetivos: Identificar conflictos y generar conceptos para resolver contradicciones técnicas y físicas. Un reto técnico a superarse es llamado contradicción técnica cuando las alternativas conocidas para mejorar un aspecto del diseño provoca el empeoramiento de otro. En otras palabras, existe una contradicción técnica si al mejorar el parámetro "A" del sistema causa que el parámetro "B" se deteriore [Ideation, 1995]. Un ejemplo es que, al disminuir las dimensiones exteriores de un automóvil para ser más fácil de estacionar, provoca que disminuyan las dimensiones interiores, las cuales se desean amplias para que sea comfortable.

Por otra parte, una contradicción física se presenta si algún aspecto de un producto –o servicio- debe tener dos estados opuestos (un auto debe ser pequeño para ser fácil de estacionar pero grande para ser comfortable). Como puede apreciarse con los ejemplos anteriores, en algunas ocasiones es posible estructurar una contradicción técnica como física. La identificación de contradicciones puede comenzar desde el Cuestionario de Situación Innovativa, donde preguntas como ¿Cuál es la función útil primaria del sistema? Y ¿Qué aspecto desea mejorar? Pueden brindar respuestas que contengan contradicciones. La formulación que hace el paquete computacional *Innovation Workbench*[®] es otra fuente de aquellas, principalmente en los enunciados que sugieren precisamente "*encontrar la manera de resolver la contradicción...*",

aunque los demás enunciados podrían también estructurarse como contradicciones.

4.13.1 Tabla de Contradicciones Técnicas

Una de las herramientas de TRIZ más famosas y utilizadas es la Tabla o Matriz de Contradicciones. Consiste en una tabla de conflictos entre 39 parámetros de diseño, a los cuales ofrece 40 principios genéricos de solución. A continuación se presentan los 39 parámetros (Tabla 4.1) y los 40 principios de inventiva (Tabla 4.2); la tabla de contradicciones y los principios se incluyen en el Apéndice A y B, respectivamente.

1. Peso de un objeto en movimiento	14. Resistencia	30. Factores perjudiciales actuando sobre un objeto
2. Peso de un objeto sin movimiento	15. Durabilidad de un objeto En movimiento.	31. Efectos secundarios dañinos
3. Longitud de un objeto en movimiento.	16. Durabilidad de un objeto Sin movimiento.	32. Manufacturabilidad
4. Longitud de un objeto sin movimiento	17. Temperatura	33. Conveniencia de uso
5. Área de un objeto en movimiento	18. Brillo	34. Reparabilidad
6. Área de un objeto sin movimiento.	19. Energía gastada por un Objeto en movimiento	35. Adaptabilidad
7. Volumen de un objeto en movimiento	20. Energía gastada por un Objeto sin movimiento	36. Complejidad de un mecanismo
8. Volumen de un objeto sin movimiento	21. Potencia	37. Complejidad de control
9. Velocidad	22. Desperdicio de energía	38. Nivel de utilización
10. Fuerza	23. Desperdicio de sustancia	39. Productividad
11. Tensión, presión	24. Pérdida de información	
12. Forma	25. Desperdicio de tiempo	
13. Estabilidad de un objeto	25. Desperdicio de tiempo	
	26. Cantidad de sustancia	
	27. Confiabilidad	
	28. Precisión de mediciones	
	29. Precisión de manufactura	

Tabla 4.1 Los 39 Parámetros de Altshuller

1. Segmentación	18. Vibración mecánica	31. uso de material poroso
2. Extracción	19. Acción periódica	32 Cambio de color
3. Calidad local	20. Continuidad de una acción	33. Homogeneidad
4. Asimetría	Útil	34. Restauración y
5. Combinación	21. Despachar rápidamente	Regeneración de partes
6. Universalidad	22. Convertir algo malo en un	35. Transformación de los
7. Anidación	Beneficio.	Estados físicos y
8. Contrapeso	23. Retroalimentación	Químicos de un objeto
9. Reacción previa	24. Mediador	36. Transición de fase
10. Acción previa	25. Autoservicio	37. Expansión térmica
11. Amortiguamiento	26. Copiado	38. Uso de oxidantes fuertes
anticipado	27. Objeto barato de vida	39. Medio ambiente inerte
12. Equipotencialidad	Corta en lugar de uno	40. Materiales compuestos
13. Inversión	Caro y durable	
14. Esferoidalidad	28. reemplazo de sistemas	
15. Dinamicidad	Mecánicos	
16. Acción parcial o	29. Uso de construcción	
Sobrepasada	Neumática o hidráulica	
30. Moviéndose a una nueva	30. Película flexible o	
Dimensión	Membranas delgadas	

Tabla 4.2 Los 40 Principios de inventiva

Muchos problemas de diseño son resueltos cubriendo el camino de problema a solución mediante el método de prueba y error. Considerar problemas análogos y su solución es una alternativa más eficiente [Terninko, 1995]. A través de la Tabla de Contradicciones, la metodología TRIZ abre el universo de información de 1.5 millones de patentes estudiadas para identificar principios que pueden ofrecer posibles soluciones. El factor principal de esta herramienta lo constituye el estructurar el problema de diseño en una contradicción de los 39 parámetros de la matriz.

Un problema de inventiva contiene por lo menos una contradicción [Terninko, 1995]. Representar la contradicción como la combinación de dos parámetros requiere una amplia interpretación del parámetro. Es importante identificar cuál variable es la que se desea mejorar y cuál es aquella que resulta perjudicada. En los renglones de la Tabla de Contradicciones se encuentran aquellas que requieren mejora, mientras que en las columnas están aquellos que han sido degradadas como resultado de la mejora del primero. Los principios recomendados se encuentran en la intersección de renglones y columnas. El orden en que se encuentran los principios de inventiva denotan la frecuencia de uso, por lo que el que se encuentra primero es el más recurrido en la solución del problema. En caso de que se deseen mejorar los dos debe usarse la tabla dos veces.

4.13.2 Contradicciones Físicas y Principios de Separación

Se dice que se presenta una contradicción física cuando un problema de diseño requiere estados de una función o componente que sean mutuamente excluyentes [Ideation, 1995], por lo que es necesario identificar y eliminar la contradicción física [Altshuller, 1994]. La forma de resolver estas contradicciones es separando los requerimientos. Los cuatro principios de separación ayudan a desarrollar alternativas de diseño.

En ocasiones, la Tabla de Contradicciones no ofrece conceptos convenientes para resolver contradicciones. En estas situaciones, la contradicción técnica puede ser estructurada en una contradicción física.

El proceso general para cambiar una contradicción técnica por una física es identificar la característica del resultado deseado que causa el impacto negativo [Kaplan, 1994]. Esta característica origina la contradicción física. Por ejemplo, calentar el parámetro "A" causa la degradación del parámetro "B" (contradicción técnica). Estructurando esta contradicción en una de tipo física

quedaría: "A" debe estar caliente y frío. El parámetro "A" es conocido como Parámetro de Control [Ideation, 1994].

Existen 3 maneras de formular una contradicción física [Kaplan, 1994]:

- A. Llevar a cabo la función es necesario para alcanzar el resultado deseado, y no llevar a cabo la función es necesario para evitar efectos dañinos o no deseados. Un ejemplo de esta contradicción lo conforman las clavijas de un chip, las cuales deben ser calentadas para sujetarlas a una tableta de circuitos y no deben ser calentadas para evitar dañar el chip.
- B. Una característica debe ser alta para alcanzar el resultado deseado, pero debe ser baja para evitar efectos dañinos o no deseados. Este tipo de contradicción se presenta al desear que las alas de un aeroplano deben ser largas durante el despegue y cortas al volar a altas velocidades.
- C. Un elemento debe estar presente para lograr el resultado esperado, pero debe ausentarse para eliminar efectos perjudiciales o no deseados. Le necesidad de que los aviones cuenten con tren de aterrizaje para amortiguar su llegada, y de que no lo tengan durante el vuelo, ejemplifica a contradicciones físicas de esta clase.

Para eliminar conflictos presentes en contradicciones físicas, se cuenta con cuatro Principios de Separación:

1. Separación en el espacio: Propone separar de manera física requerimientos opuestos. Si un sistema debe llevar a cabo funciones contradictorias u operar bajo condiciones contradictorias, se debe tratar dividir el sistema en subsistemas. De esta forma, las funciones o condiciones contradictorias se asignan a diferentes subsistemas. Ejemplo: Anteojos bifocales.
2. Separación en tiempo: El concepto radica en separar las condiciones opuestas de manera temporal. Si un sistema o proceso debe

satisfacer requerimientos contradictorios, desempeñar funciones contradictorias u operar bajo condiciones de este tipo, es necesario programar la operación del sistema de manera tal que los requerimientos, funciones u operaciones en conflicto, se lleven a cabo en momentos diferentes.

3. Separación entre las partes y el todo: Consiste en separar requerimientos opuestos de un todo y de sus partes. Una característica debe tener un valor en el nivel de sistema y el valor opuesto en el nivel de componente; o la característica debe existir en el sistema y no en el componente (o viceversa).
4. Separación de acuerdo a la condición: Significa separar requerimientos opuestos de una o más condiciones. Una característica debe ser alta o estar presente dentro de una condición y debe ser alta o estar ausente en la otra.

A continuación se presenta el análisis de contradicciones de la máquina desespinaadora de nopal. Es importante notar que el éxito en la estructuración de un problema depende del conocimiento y práctica en el uso del análisis de contradicciones. Debido a eso se recomienda formular el problema de las dos formas (técnica o física) con el fin de abrir el panorama del sistema al diseñador y contar con mayores alternativas de solución.

4.14 Análisis de Contradicciones: CASO DE ESTUDIO NOPALITO'Z

Como se ha visto anteriormente, la parte central de la máquina es el mecanismo desespinaador. Es precisamente ahí donde radica el principal problema de diseño, pues no se conoce una solución satisfactoria a esta función. Es por esto que el análisis de contradicciones que a continuación se presenta recae en el proceso de desespinado.

La identificación de contradicciones en requerimientos comenzó desde el desarrollo del Despliegue de la Función de Calidad, donde se establecieron cuatro pares de parámetros de diseño que entran en conflicto y de los cuales, en base a los datos aportados en el Cuestionario de Situación Innovativa, la contradicción más importante radica en el parámetro *Porcentaje de espinas removidas por penca* y en *Cantidad de merma generada por penca*; ya que el problema principal de la máquina es únicamente lleva a cabo el desespinado en una zona determinada de la penca de nopal en la que su espesor se ajusta a la altura fija a la que giran las navajas, provocando que toque siquiera las espinas en unas partes (de espesor menor) y en otras corte por debajo de su superficie (espesores altos), provocando necesidad de retrabajo y/o merma de producto.

Estructurando esta contradicción en una de tipo técnica, el parámetro *porcentaje de espinas removidas por penca* equivale al parámetro *Cantidad de sustancia* de la Matriz de Contradicciones; mientras que *Cantidad de merma generada por penca* puede expresarse como *Desperdicio de sustancia*. Los parámetros parámetro *Cantidad de sustancia* y *Desperdicio de sustancia*, corresponden a los números 26 y 23 de la lista de Altshuller.

La cantidad de sustancia (espinas cortadas) y el desperdicio de ésta (epidermis y cuerpo de nopal removidos) son dos parámetros que dependen esencialmente de la altura a la que corta la navaja. Es entonces que *la altura de la navaja* altura se convierte en un nuevo parámetro que debe ser *alto* para no dañar cutícula y cuerpo del nopal, pero debe ser *bajo* para cortar las espinas de la penca; el problema ahora se ha estructurado en forma de una contradicción física.

El la intersección del renglón No. 26 con la columna No. 23 de la Tabla de Contradicciones, se propone la utilización de los principios de inventiva No. 3, 6, 10 y 24.

- Principio de Inventiva No. 3: Calidad Local.

- a. Motive la transición de la estructura homogénea de un objeto o su ambiente externo a una estructura heterogénea.
- b. Tenga diferentes partes del objeto llevando a cabo funciones diferentes.
- c. Ponga cada parte del objeto bajo sus condiciones de operación más favorables.
- Principio de Inventiva No. 6: Universalidad.
 - a. Haga que el objeto desempeñe múltiples funciones, eliminando así la necesidad de más objetos.
- Principio de Inventiva No. 10: Acción previa.
 - a. Lleve a cabo la acción requerida por anticipado, ya sea totalmente o en parte.
 - b. Arregle los objetos de manera tal que puedan accionarse sin pérdida de tiempo mientras esperan accionarse (y desde la posición más conveniente).
- Principio de Inventiva No. 24: Mediador.
 - a. Utilice un objeto intermediario para transferir o llevar a cabo una acción.
 - b. Conecte temporalmente un objeto a otro que es fácilmente removible.

Observando el inciso “b” del principio de inventiva No. 3, que sugiere tener diferentes partes del objeto llevando a cabo funciones diferentes, se concluye que es necesario separar el desespinado en dos funciones. La primera debe, de alguna manera, “seguir” la superficie del nopal para ir ajustándose al incremento o disminución de su espesor; la segunda función sería propiamente el desespinado, la cuál sería “guiada” por la función de seguimiento.

Un concepto cuyo funcionamiento se basa en el principio de inventiva No. 3 es el utilizado en el desorillado del nopal. Este mecanismo se basa en un par rodillos de mariposa montados sobre unos brazos unidos por un resorte de

tensión. Junto al rodillo de mariposa se encuentra una navaja que tiene como función ir cortando la orilla de la penca por el camino que le va indicando el rodillo de mariposa (figura 4.12).

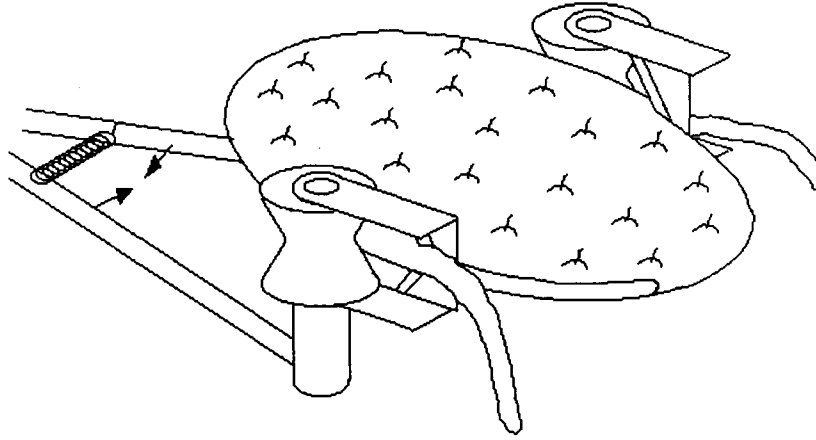


Figura 4.12 Mecanismo existente de desorillado del nopal

Este concepto ha motivado la idea de emplear una solución similar en el proceso de desespinado. Observando a la contradicción física y los principios de separación, se advierte que el concepto mencionado satisface el principio de separación en el tiempo, ya que el rodillo de mariposa va siguiendo a la superficie del nopal, y sólo un instante después se lleva a cabo el proceso de corte.

4.15 Conclusiones del Análisis de Contradicciones

Mediante al análisis de contradicciones es posible sintetizar el problema de diseño en un conflicto entre dos parámetros o condiciones, lo que es conocido como contradicción técnica. Una contradicción técnica puede dar origen a una o más contradicciones físicas, en las cuáles dos estados de un mismo parámetro son opuestos. La Tabla o Matriz de Contradicciones y los cuatro Principios de Separación ponen a disposición del diseñador el

conocimiento extraído de millones de patentes estudiadas durante 50 años, proporcionando alternativas de solución que en ellas fueron registradas.

Identificar los parámetros que mejor describan la contradicción presente en el problema no es tarea fácil, pues requiere un cambio en la manera de percibir el sistema técnico. Una vez que se ha sido persistente en la utilización de la Tabla de Contradicciones y los Principios de Inventiva, se facilita la estructuración de los problemas utilizando los parámetros de Altshuller o a través de parámetros de control. Cabe destacar que si bien estas herramientas requieren de algún tiempo de entrenamiento y práctica, sus eficacia supera ampliamente en tiempo y calidad de resultados que se obtendrían utilizando la prueba y error.

4.16 Matriz Morfológica

La Matriz Morfológica es una herramienta que permite registrar y combinar los conceptos de diseño generados, a lo largo de cada una de las subfunciones definidas para el sistema técnico, lo que permite así realizar comparaciones y decidir qué combinación se convertirá un producto de calidad, en base a los requerimientos definidos por el cliente [Ullman, 1992].

En cada renglón de la Matriz Morfológica debe asentarse la subfunción que llevaría a cabo el sistema, mientras que en las columnas se registran los diversos conceptos generados para cada subfunción (figura 4.13). Un concepto puede llevar a cabo una o más subfunciones. De ser necesario, una vez definidas diversas combinaciones de conceptos, pueden evaluarse según el cumplimiento de cada uno con los requerimientos generados por el cliente.













Funciones del Sistema		Concepto 1	Concepto 2	...	Concepto n
Función 1.0	Subfunción 1.1			...	
	Subfunción 1.2			...	
Función 2.0	Subfunción 2.1			...	
...
Función n.n	Subfunción n.n			...	

Figura 4.13 Estructura de la Matriz Morfológica

Una vez elegida la combinación que a primera consideración parece ser la mejor, se procede a evaluarla. Esto se logra al comparar su desempeño frente a los criterios definidos por el cliente en el QFD. Para llevar a cabo esta tarea, una herramienta ampliamente sencilla y efectiva es la Matriz de Decisión o Matriz de Pugh. Consta de renglones en los que se establecen los criterios de comparación, mientras que en sus columnas se registran los conceptos competidores. Al concepto o arreglo de conceptos seleccionado como favorito por el diseñador se le conoce como *Dato*, y no se le asignan valores. A los demás conceptos se les asigna un “+” cuando se cree que ese concepto cumple el requerimiento de manera más satisfactoria que el Dato o concepto favorito y un “-” cuando se considera peor. En caso de que el desempeño sea el mismo, se coloca un “=”, el cual no tiene valor alguno.

Criterio / Concepto	Concepto #1	Concepto #2	Concepto #3	...	Concepto #n
Requerimiento #1	+	-	D	...	+
Requerimiento #2	+	-	A	...	=
...	...	...	T	...	...
Requerimiento #n	-	-	O	...	-
Total +’s	2	0	0	...	1
Total -’s	1	3	0	...	1
Balance	1	-3	0	...	0

Figura 4.14 Estructura de la Matriz de Decisión o de Pugh

Al contabilizar el total de “+” y el de “-“ es posible llevar a cabo un balance general donde al número de “+” se le suprime el número de “-“. Un concepto con balance positivo es digno de profundización, ya que es entonces posible que sea mejor que el seleccionado como Dato. Una vez finalizada esta evaluación, se obtiene el concepto que deberá desarrollarse en detalle para su posterior fabricación y evaluación de funcionamiento.

4.17 Matriz Morfológica: CASO DE ESTUDIO NOPALITO’Z

La descomposición funcional realizada para la máquina desespinaadora nueva, establece 5 subfunciones:

- Subfunción 4.1: Conducir el nopal hacia mecanismo desespinaador
- Subfunción 4.2: Remover espinas y su montículo.
- Subfunción 4.3: Recolectar espinas y montículos removidos.
- Subfunción 4.4: Conducir el nopal fuera de mecanismo desespinaador.
- Subfunción 4.5: En caso de ser necesario, voltear el nopal y regresarlo al paso 4.1 para desespinar el otro lado.

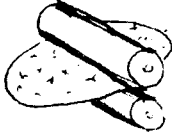

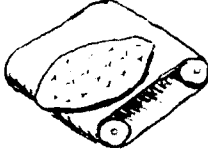

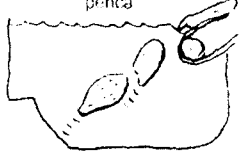







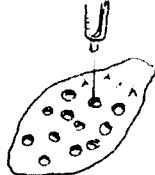
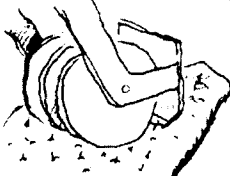

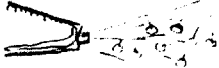





Para el presente caso de estudio, se observa la necesidad de incorporar una nueva subfunción, la cuál consistirá en –en caso de ser necesario- brindar a la penca de nopal un proceso o tratamiento previo (o posteriormente) al desespinado. *Tratar previamente/posteriormente la penca* será la nueva subfunción 4.2 y precederá a la de *Remover espinas y su montículo*. En la figura 4.15 (página 93) se presenta parcialmente la Matriz Morfológica de la máquina desespinaadora de nopal.

Ya que la parte central de la máquina es el mecanismo desespinaador, la evaluación se centra exclusivamente en el tratamiento previo a la penca del nopal y el propio proceso de desespinado, pues es claro que para los demás conceptos de las demás funciones, existen mecanismos comerciales que

pueden llevar a cabo esta función, por lo que no representan un problema de inventiva considerable.

A continuación se presenta una matriz de decisión para el proceso de desespinado, que si bien es sencilla, permite dar seguimiento a los requerimientos del cliente para que en base a ellos y a su factibilidad técnica, se tome la decisión más apropiada (figura 4.16, página 94).

Figura 4.15 Matriz Morfológica de la función de desespinar

	CONCEPTO 1 Rodillos	CONCEPTO 2 Toboganes de agua	CONCEPTO 3 Banda transportadora	CONCEPTO 4 Flujos dentro de una	CONCEPTO 5 Aprovechar flotación de la penca
4.1 conducir el nopal hacia el mecanismo desespinar					
4.2 tratar previamente / Posteriormente la penca	Cortar la penca en tiras (previo) 	Congelar la penca (previo) 	Calentar la superficie de la penca con vapor (previo) 	Aplicar corriente eléctrica (previo) 	Cubrir con cera (posterior) 
4.3 remover espinas y su montículo	Principio similar al rayador (cuchillas fijas) 	Tallar con fibra 	Water Jet / Laser 	Navaja con seguidor 	Corte con hilo 
4.4 recolectar espinas y montículo removidos	Aplicar chorros de aire comprimido 	Succionar residuos 	Lavar con agua a presión 	Vibración mecánica 	
4.5 conducir nopal fuera de mecanismo desespinar		Similar a la subfunción 4.1			
4.6 voltear el nopal y regresarlo a 4.1 para desespinar lado opuesto	Desespinar ambos lados al mismo tiempo 	Desespinar ambos lados secuencialmente pero exponiendo las espinas 			

Decision Matrix Selection

Concepts	Rotary	Rolls	Water jet	Laser	File	Navaja con seguidor
Elimina las espinas de los seis lados	+	+	+	+	+	0
Elimina los dos tipos de nopal (MA y J)	+	+	+	+	+	0
Elimina nopal grueso/delgado y largo/corto	+	+	+	+	+	A
Elimina todo merma de nopal	+	+	+	+	+	0
Elimina el ruido (1) Ton por turno	+	+	+	+	+	0
Elimina cuando no se tiene de papas	+	+	+	+	+	0
Elimina cuando se impredne de espinas	+	+	+	+	+	0
	+	+	+	+	+	0
	+	+	+	+	+	0
Total +'s	4	4	2	2	1	0
Total -'s	4	4	2	2	1	0

Figura 4.16 Matriz de Decisión del concepto desespinaor

4.18 Conclusiones de la Matriz Morfológica

La Matriz Morfológica es una herramienta que permite registrar, combinar y separar por función los diferentes conceptos de diseño generados para un sistema técnico. En caso de ser necesario, la Matriz de Evaluación o de Pugh es una técnica auxiliar que permite comparar los distintos conceptos frente al que se considera más apropiado, logrando de esta forma realizar la selección más apegada a los requerimientos definidos por el cliente.

El resultado de la evaluación de conceptos para la máquina desespinaora de nopal es la selección de un mecanismo de navaja montada en un "seguidor" para cumplir con la función de remover las espinas de la penca de nopal (figura 4.17). La efectividad de este concepto puede apreciarse al estudiar un principio similar utilizado para cortar la orilla de las pencas. Adicionalmente, las cifras resultantes del análisis estadístico del nopal sugieren que es necesario cortarlo previamente en tiras con el fin de contar con un

espesor más uniforme en cada una de las tiras de nopal. Una pulgada será el ancho de cada una de las tiras, y siendo entonces varias, deberán haber un arreglo de varios mecanismos desespinaadores que deberán remover simultáneamente las espinas de los dos lados de la penca de nopal. Sin embargo, esto se puede evitar manejando proveedores de nopal relativamente plano

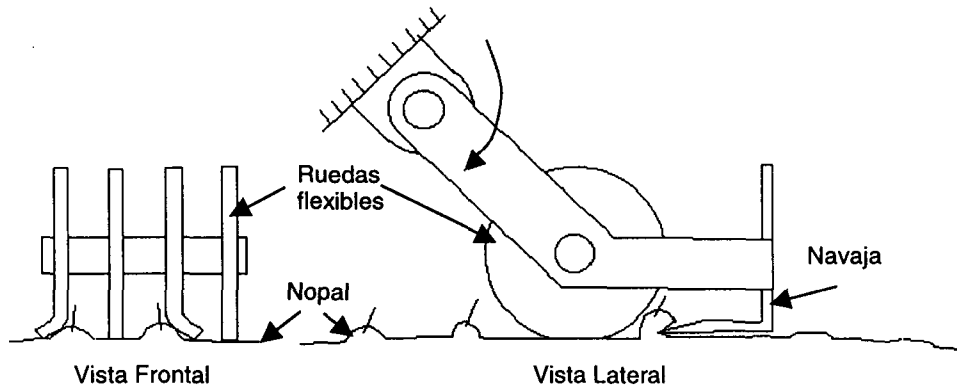


Figura 4.17 Esquema del concepto de navaja con seguidor

En el esquema se grafican una serie de ruedas flexibles para rodar por la superficie del nopal. La característica principal de ellas es su flexibilidad, ya que ésta les permitirá “sortear” las espinas al flexionarse durante su encuentro con alguna. Otro dato importante es que para mantener un contacto permanente del seguidor con el nopal, será necesario aplicar una fuerza que presione el mecanismo sobre la superficie de la penca.

4.19 Conclusiones de la Fase de Diseño Conceptual

En este capítulo se describieron diferentes herramientas que apoyan la generación de conceptos de solución al problema de diseño. Se modeló la estructura funcional del sistema técnico existente para permitir su análisis y del deseado para asignar conceptos de solución a cada función o subfunción, muchos de los cuales surgen a partir del estudio a fondo de los problemas y

contradicciones presentes en el sistema actual. La Investigación de Patentes es una importante técnica en la búsqueda de soluciones a problemas de diseño similares o aplicables analógicamente. Los análisis SUH y Campo-Sustancia permitieron analizar las relaciones entre efectos útiles y perjudiciales y entre los elementos básicos del sistema, respectivamente. Paralelamente, y con base en dichos análisis, favorecen la conceptualización de alternativas de solución a los problemas identificados y modelados. Finalmente, la Matriz Morfológica permite combinar los diferentes conceptos ideados con el fin de explorar distintas combinaciones y seleccionar la más apropiada. Una útil herramienta para auxiliar esta última tarea es la Matriz de decisión, mediante la cual son evaluados los conceptos a través de comparaciones en su desempeño para cumplir con los requerimientos establecidos por el cliente.

El resultado de la Fase de Diseño Conceptual dentro del caso de estudio, consiste en la selección de un concepto consistente en llevar a cabo el desespinado mediante una navaja montada en un seguidor que se desplaza sobre la superficie del nopal, percatándose así de los cambios en su contorno y permitiendo a la navaja cortar las espinas a una altura en que la cutícula no resulte dañada. El objetivo de la siguiente fase, Diseño Detallado, consiste en desarrollar este concepto y conducirlo hacia un diseño que pueda ser llevado directamente hacia su producción [Pahl y Beitz, 1996]. Esta última fase se trata en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 5. FASE DE DISEÑO DETALLADO

El presente capítulo describe la fase final del proceso de diseño. Se presentan aspectos fundamentales del Diseño Asistido por Computadora (CAD), herramienta que permite modelar en detalle el concepto de diseño seleccionado anteriormente para transformarlo en un diseño que puede ser evaluado y llevado a producción. La modelación paramétrica permite controlar las dimensiones y características del diseño mediante parámetros, como su nombre lo dice.

Este capítulo trata exclusivamente el diseño detallado del mecanismo desespinator. Se documentan las evoluciones que sufrió el sistema debido a revisiones y pruebas de campo efectuadas. El paquete computacional utilizado en la modelación del sistema es *Autodesk Mechanical Desktop 3.0[®]*.

5.1 Diseño Asistido por Computadora

El Diseño Asistido por Computadora (CAD, por sus siglas en inglés) es el proceso de solucionar problemas de diseño con el apoyo de computadoras [Earle, 1992]. Esto incluye la generación y modificación de imágenes gráficas en pantalla, impresión de éstas, análisis de datos del diseño y registro y recuperación electrónico de la información. Entre las principales ventajas potenciales de los sistemas de CAD se cuentan:

- (1) Facilidad de creación y corrección de diseños.
- (2) Facilidad de visualización de los diseños.
- (3) Los dibujos pueden ser registrados y referenciados fácilmente para su modificación.
- (4) Solución rápida y conveniente problemas de análisis ingenieril.
- (5) Simulación y evaluación de diseños.
- (6) Mayor exactitud.

Originalmente –y durante mucho tiempo- la utilización de sistemas de CAD estuvo reservada a usuarios de potentes y costosas máquinas, en la actualidad todos los sistemas CAD orientados a la ingeniería mecánica –con excepción de algunos sistemas especializados- están disponibles para computadoras personales de bajo costo. Los sistemas CAD utilizados para el trabajo mecánico se dividen en dos categorías: los sistemas tradicionales de dibujo en dos dimensiones y los de modelado sólido en 3D; la mayoría del desarrollo actual de software está concentrado en estos últimos sistemas.

La idea de que todas las dimensiones de un diseño se derivan de un conjunto de parámetros es conocida como *modelado paramétrico*, la cual es una de las bases de los sistemas de CAD mecánicos actuales. Con el modelado paramétrico, el modelo CAD de un diseño deja de ser meramente una representación y se convierte en un prototipo electrónico que sirve a su vez como herramienta de diseño [Earle, 1992], ya que la geometría de un diseño se controla a través de parámetros que pueden modificarse en cualquier momento.

5.2 Diseño Asistido por computadora: CASO DE ESTUDIO NOPALITO'Z

Para el desarrollo detallado del concepto de diseño seleccionado (navaja montada en seguidor, figura 5.1), se procuró manejar un enfoque concurrente para su diseño. La *Ingeniería Concurrente* es una filosofía en la que los participantes en el desarrollo de un producto actúen simultáneamente. En el caso del mecanismo desespinator, la evolución del diseño fue dirigida a través los datos, sugerencias y correcciones aportadas por el cliente, el encargado de manufacturar el prototipo y el asesor del presente trabajo.

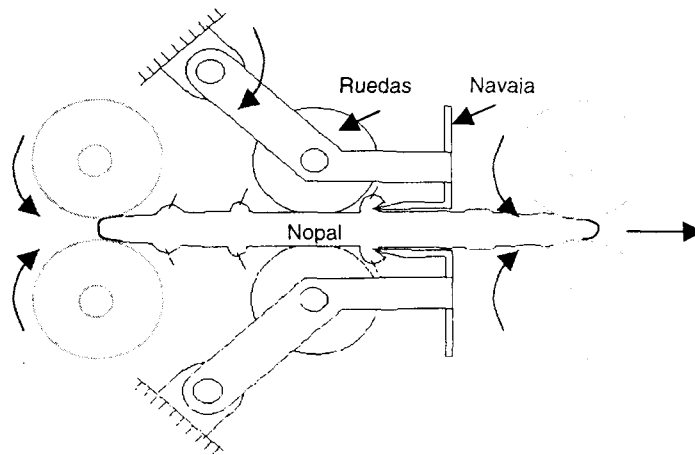


Figura 5.1 Concepto de navaja montada en seguidor

El primer modelo desarrollado posee un diseño muy similar al bosquejo del concepto de solución que lo motivó (figura 5.2). Esta conformado por un par de brazos que por un lado sujetarán la navaja y el eje sobre el que girarán las ruedas mientras que en otro extremo se acoplarán a un pivote montado sobre un lugar fijo. La fuerza necesaria pra hacer determinada presión sobre el nopal se lograría mediante un resorte de torsión.

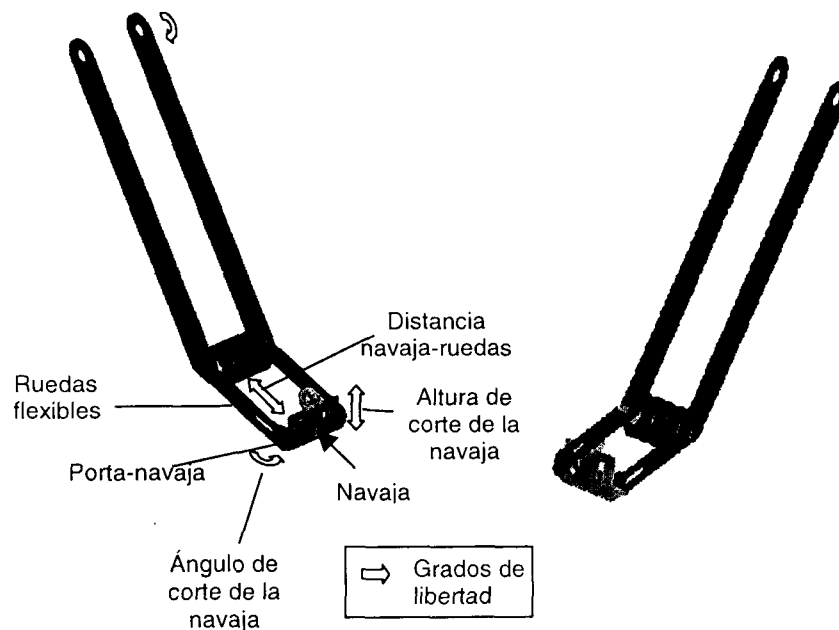


Figura 5.2 Primer diseño de mecanismo desespina

La navaja está formada a partir de una lámina doblada en "L" e incorpora en su parte superior una pestaña, la cual estaba pensada para recibir una manguera, en caso de requerirse la succión de las espinas cortadas. La función de los porta navajas consiste en sujetar la navaja mediante tornillos, están además unidos a los brazos de igual forma aunque en éstos últimos se encuentran perforaciones oblongas o canaletas a través de las cuales pueden desplazarse los porta navajas con el fin de regular la distancia existente entre el filo de la cuchilla y la base de las ruedas. La navaja incorpora esta misma característica para controlar su altura de corte. El ángulo de inclinación de la navaja puede ser ajustado en la unión de éstos y el brazo.

Después de la evaluación del diseño, se concluyó que habría altas posibilidades de que el diseño sufriera falta de rigidez, ya que los brazos carecían de algo que los uniera, lo que propiciaría su flexión durante el trabajo. En base a esta revisión, se modificó el diseño, resultando el mecanismo como la siguiente figura 5.3.

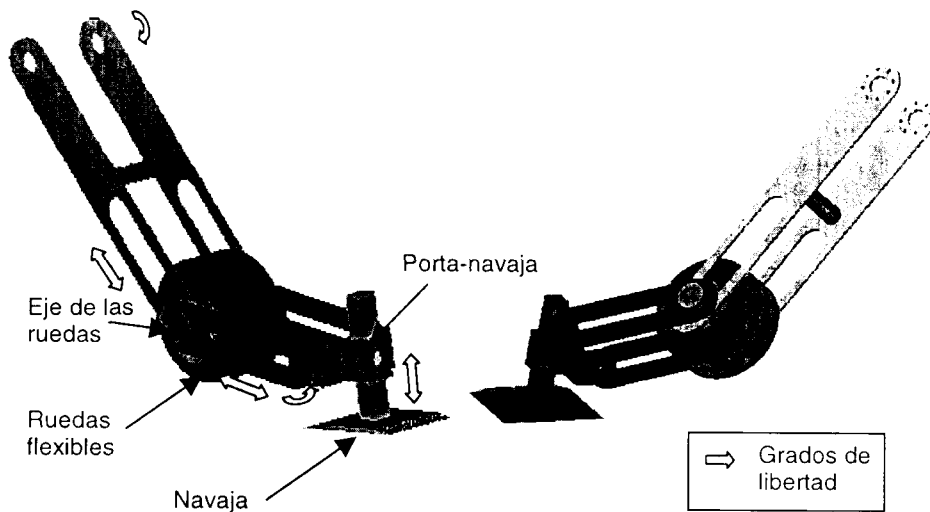


Figura 5.3 Segundo diseño de mecanismo desespinador

Este nuevo diseño incorpora una barra que une los dos brazos para proporcionar mayor rigidez al mecanismo. Asimismo, se separó cada brazo en dos partes, incorporando una canaleta al par de brazos unidos por la barra con el fin de poder ajustarlos en caso de utilizar ruedas flexibles de diámetros mayores. El otro par de brazos que tiene contacto con el porta-navaja permite –igual que en el diseño anterior- desplazarlo para acercarlo o alejarlo a las ruedas. Se conservaron las posibilidades de ajustar tanto el ángulo como la altura de corte de la navaja, la cual se modificó con el fin original de utilizar dos de sus lados afilados, un tornillo opresor se encargaría de fijarla a la altura deseada, mientras que tanto los ajustes de distancia entre ésta y ruedas, como los del recorrido entre brazos según del diámetro de las ruedas, se controlan mediante tornillos con tuercas. Cabe mencionar además que se pensó en la posibilidad de incorporar un mecanismo de paralelogramo con el fin de que se conservara siempre el mismo ángulo de corte de la navaja independientemente del mecanismo desespinaador. Sin embargo, se optó por no complicar el diseño.

Las objeciones en de la evaluación de este diseño apuntaron inicialmente hacia su manufacturabilidad. Dado que el material para fabricar la navaja debería contar con una dureza considerable, su unión con la barra se complicaría, pues estaba pensado llevarla a cabo mediante soldadura. Por otro lado, unir mediante una barra a los dos brazos que llevan a cabo el pivoteo, complicaría el proceso de ensamble del mecanismo. Sin embargo, la consideración más importante para modificar el diseño consistió en la restricción de espacio. Dado que el mecanismo desespinaador realizaría su función en tiras de nopal de una pulgada de ancho, es necesario llevar a cabo un arreglo de varios mecanismos con el fin de procesar dos pencas de nopal a la vez. Lo anterior obliga a contar con arreglos desfasados con el fin de evitar interferencias (figura 5.4). Además sería necesario acercar lo más posible cada mecanismo y los rodillos impulsores, para así prevenir que el nopal se doble y se atore entre ellos.

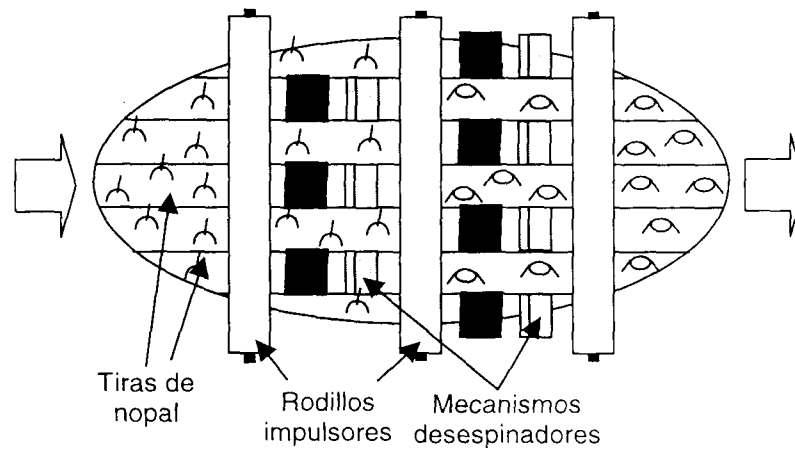


Figura 5.4 Arreglo desfasado entre los mecanismos desespinaladores

En base a lo anterior, se generó un nuevo diseño que prescinde de la utilización de brazos (figura 5.5), los cuales son sustituidos por pernos que se desplazan dentro de una guía que contiene un resorte de compresión, que a su vez presión sobre el mecanismo para mantenerlo sobre la superficie del nopal. El acercamiento con las ruedas y la altura y ángulo de corte de la navaja son también posibles de regular. La figura 5.6 presenta el mismo diseño después de haberse revisado y modificado para facilitar su manufacturabilidad y reducir el tiempo y costo de fabricación de prototipo.

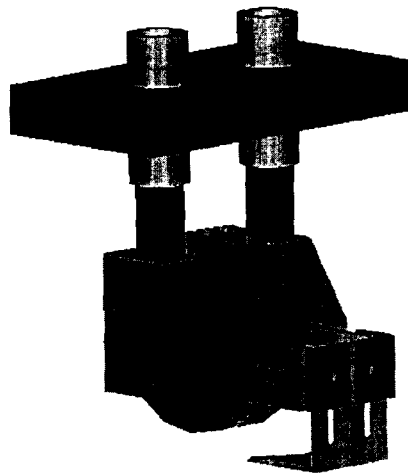


Figura 5.5 Diseño original del desespinalador con movimiento mediante pernos y guías

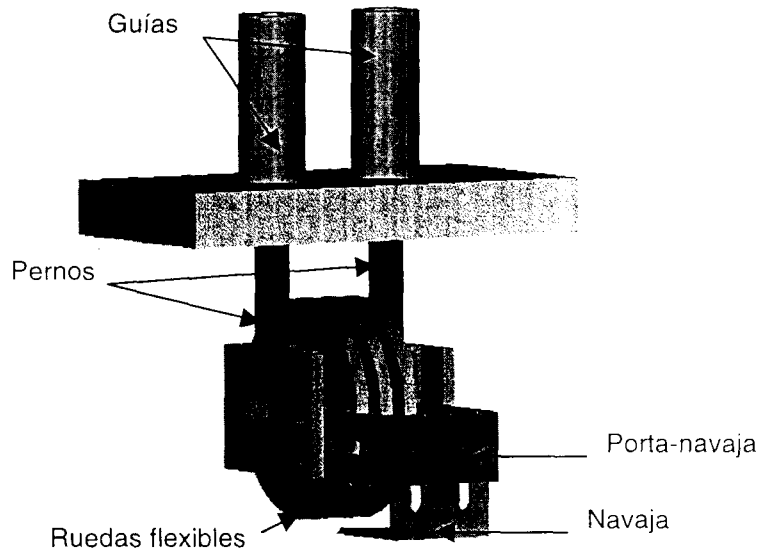


Figura 5.6 Diseño modificado del mecanismo desespinator

En la siguiente figura se presentan diversas vistas del mecanismo que se mandó a fabricar como prototipo. Como puede notarse, la navaja cuenta con un filo en forma de “V”, el cual no es su diseño definitivo, pues se pretendió probar distintas formas y ángulos, comenzando con un filo recto y después modificándolo. El material seleccionado para la fabricación del prototipo fue Nylamid[®], polímero con gran facilidad de maquinado y de bajo costo.

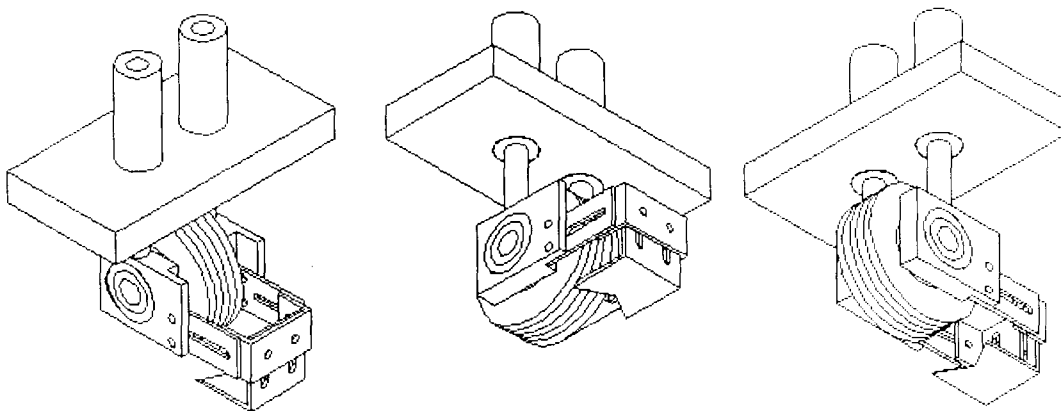


Figura 5.7 Vistas diversas del mecanismo desespinator

Una vez fabricado el prototipo, se montó en un espacio de la máquina desespinaadora existente para aprovechar sus rodillos impulsores (figura 5.8). Para realizar pruebas, se cortaron tiras de nopal manualmente y se alimentaron al nuevo mecanismo desespinaador. Las pruebas llevadas a cabo tuvieron como fin evaluar el desempeño general del mecanismo e identificar oportunidades potenciales de mejora. Una vez mejorado el diseño y con mayor control de las variables que se desea analizar, se procederá con dicha experimentación.

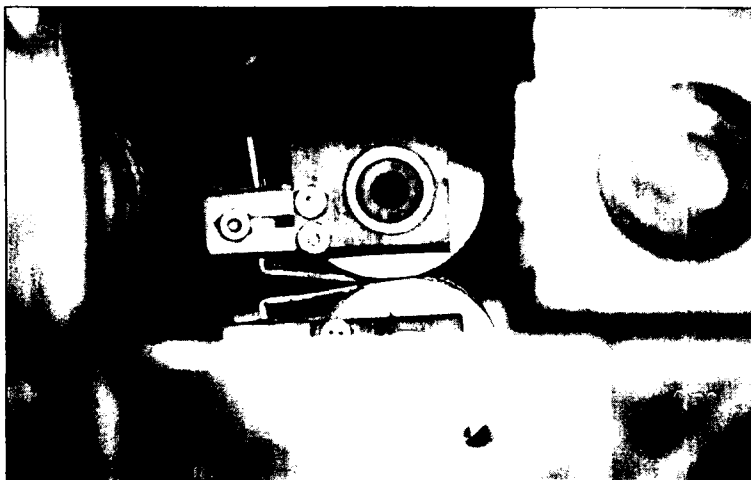


Figura 5.8 Fotografía del prototipo del mecanismo desespinaador montado en la máquina actual

Durante el funcionamiento del desespinaador (figura 5.9) pudo observarse que -globalmente- el mecanismo funcionó adecuadamente (figura 5.10), llegando a remover hasta un 80% de las espinas de las tiras. Esto constituye un resultado muy favorable debido a que paralelamente se presentaron aspectos con amplia oportunidad de mejorarse. Primeramente, la utilización de dos pernos que se desplazaban dentro de las guías provocó dificultades para conservar un adecuado paralelismo entre ellos, por lo que tendían a atorarse dentro de las guías, siendo necesario posterior retrabajo.

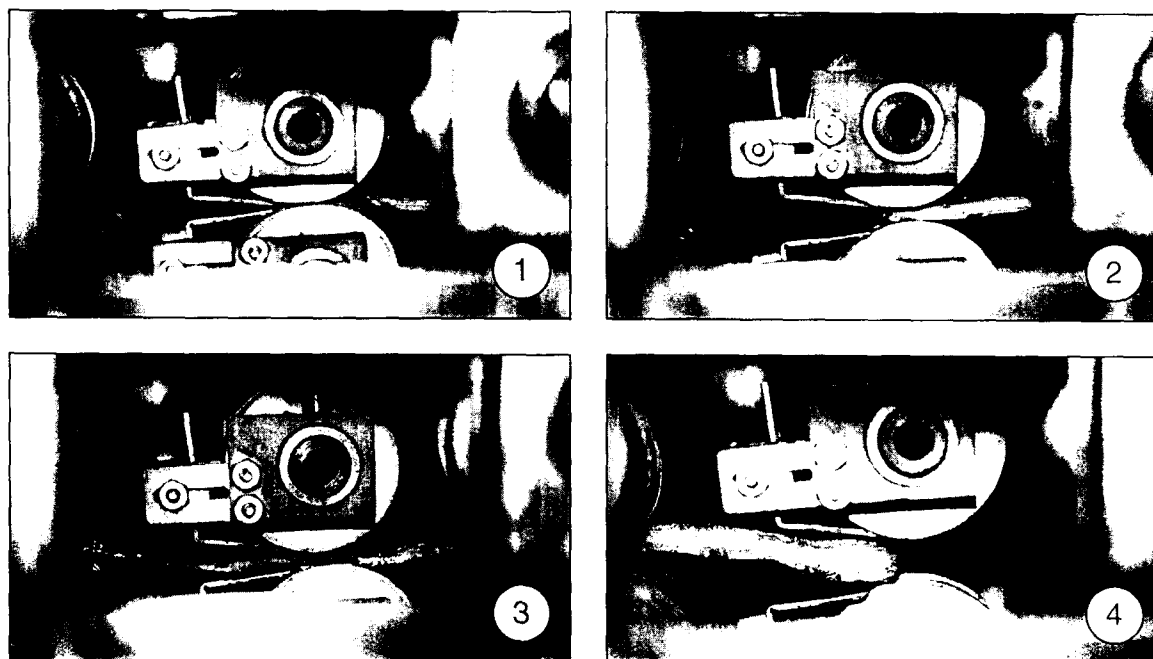


Figura 5.9 Fotografías del mecanismo durante su operación

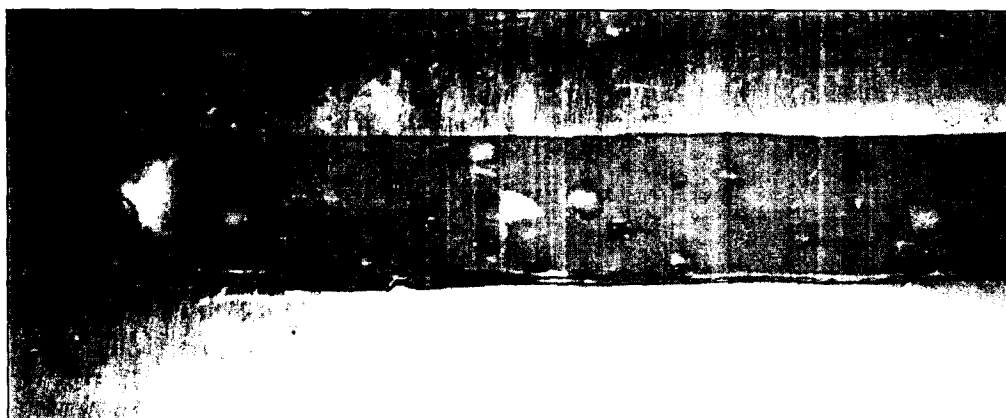


Figura 5.10 Fotografía de una tira de nopal después de pasar por el mecanismo desespinaador

Como se había mencionado anteriormente, si la distancia entre la base de los rodillos impulsores y el mecanismo de desespinado es considerable, el nopal tendería a atorarse entre ellos. Esta situación efectivamente se presentó, ya que

al utilizarse la máquina desespinaadora actual, no fue posible modificar su estructura para impedir este problema (figura 5.11).

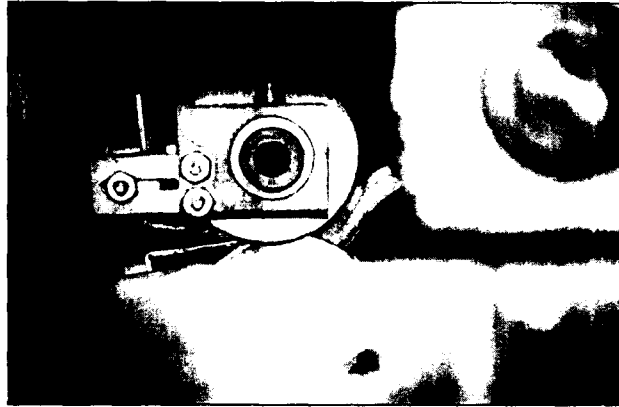


Figura 5.11 Problema identificado durante las pruebas

Atendiendo a estas dificultades, inicialmente se plantearon alternativas de solución como disminuir el diámetro de rodillos y ruedas del desespinaador para a su vez facilitar la reducción de la distancia entre ellos, lo que en lenguaje de TRIZ equivale a disminuir la causa que provoca un efecto perjudicial. También se planteó introducir una sustancia adicional para contrarrestar el efecto negativo, como lo sería una guía o un rodillo adicional que evite que el nopal se atasque.

Analizando detenidamente la funcionalidad de cada elemento del sistema, surgió una solución superior a las anteriores: En realidad no es necesario que los dos sistemas de desespinado (superior e inferior) cuenten con muelle, ya que si el superior cuenta con esta característica, ejercería suficiente presión sobre la penca de nopal para que su cara inferior entre en contacto con el mecanismo inferior. Esto brinda la posibilidad de proporcionar tracción a las ruedas de uno de los desespinaadores, con lo que, mediante una sustitución de campo y sustancia, el efecto negativo se elimina completamente. En base a estas consideraciones el rediseño del mecanismo resultó como se presenta en la figura 5.12 y 5.13.

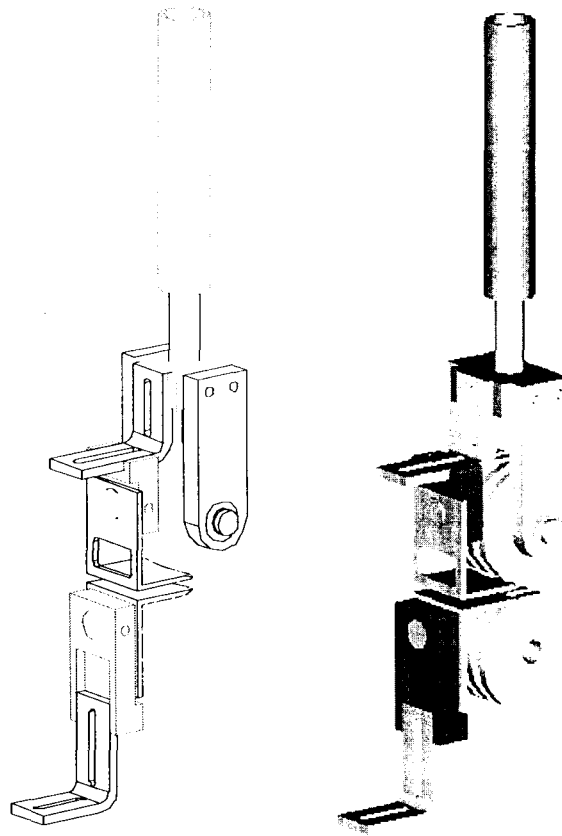


Figura 5.12 Mecanismo desespinator rediseñado

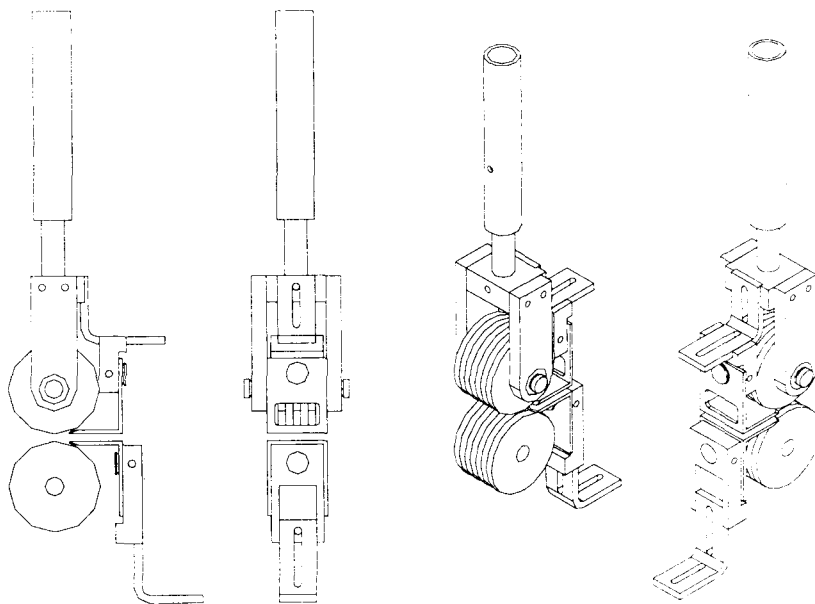


Figura 5.13 Vistas del mecanismo rediseñado

Como puede observarse en la figura, el mecanismo cuenta con un solo perno y guía para evitar el problema del paralelismo antes señalado. Ahora la forma del desespinator superior e inferior es distinta para permitir incorporar tracción al rodillo que sustituye a las ruedas del mecanismo inferior. En el anexo 9 se presentan las vistas a mayor escala, así como la explotada para fines de ensamble.

5.3 Conclusiones del Diseño Asistido por Computadora

La herramienta de Diseño Asistido por Computadora permite una modelación geométrica ágil del diseño conceptual seleccionado, donde la amplia gama de posibilidades de visualización en pantalla favorecen de forma importante la evaluación del diseño. Las modificaciones derivadas de dichas revisiones pueden ser llevadas a cabo fácilmente, especialmente en los casos donde el diseño a sido *parametrizado*, es decir, restringido mediante diversos parámetros que controlan la dimensión y características del diseño

En el caso de estudio que comprende a este trabajo, la herramienta CAD facilitó la generación de diseños detallados del mecanismo desespinator. Asimismo, la visualización de archivos de CAD permite al diseñador comunicar adecuadamente su información con las distintas peronas involucradas en el proyecto. La parametrización de los modelos diseñados facilitó enormemente llevar a cabo diversas correcciones que, como se vio durante el capítulo, fueron recurrentes debido a que el diseño partió de un concepto innovativo generado en su totalidad a partir de cero, por lo que fueron necesarias diversas pruebas que motivaban la realización de modificaciones.

5.7 CONCLUSIONES DE LA FASE DE DISEÑO DETALLADO

Durante esta fase del proceso de diseño, la forma, materiales e incluso procesos de manufactura del concepto de diseño elegido fueron desarrollados

dentro de un enfoque concurrente de desarrollo de productos. La utilización de herramientas computacionales de CAD ofrece importantes ventajas en la modelación, visualización, análisis y corrección de los diseños generados, donde el apoyo de la modelación paramétrica permite controlar aquellas variables de diseño que definen su geometría, incrementando así la facilidad de corrección y análisis de los modelos realizados.

El mecanismo desespínador sufrió varios cambios a lo largo de esta etapa, motivados principalmente por pruebas y la interacción de gente experimentada que aportó correcciones y sugerencias para facilitar tanto el desempeño del prototipo, como su fabricación. El diseño asistido por computadora fue una herramienta imprescindible para llevar a cabo y documentar dichas modificaciones.

CAPÍTULO 6. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE QTC PARA FUNCIONES AUXILIARES DE LA MÁQUINA DESESPINADORA

En este capítulo se documentan los resultados obtenidos en el proceso de diseño de los sistemas de lavado, desinfección, desorillado y remoción de espinas, proyectos que surgieron casi paralelamente con el requerimiento de lograr un desespinado automático. Es importante hacer notar que el diseño de éstos corrió a cargo de estudiantes de maestría y profesional, donde el autor de esta tesis ocupó fundamentalmente un rol coordinativo.

6.1 Sistema de Lavado y Desinfección

Las funciones de lavado y desinfección del nopal juegan un papel esencial en su procesamiento; debido a que la eficacia de estos procesos influye directamente en el tiempo de vida del producto envasado en anaquel. Además cabe resaltar que el proceso de lavado tiene el potencial de colaborar parcialmente con el desespinado, ya que se ha comprobado que (en procesos de tipo manual y para las variedades Milpa Alta y Jardín), algunas espinas son removidas.

Los principales requerimientos para el diseño de estos sistemas fueron:

- Evitar maltrato de las pencas.
- Limpiar al 100% la tierra e impurezas.
- El tiempo de permanencia en la solución de desinfección deberá ser igual o mayor a dos minutos.

Tanto el proceso de lavado como el de desinfección, sugieren la utilización del agua -entre otros recursos- para llevarse a cabo. El concepto de solución seleccionado para estas funciones pretende aprovechar esta sustancia para funciones adicionales, tales como el transporte y orientación de las pencas.

Por otra parte, La propuesta de llevar a cabo las dos funciones en un medio como el agua se sustenta principalmente en las ventajas que posee para satisfacer el requerimiento de que la penca no se maltratase. A continuación se muestra un bosquejo conceptual de la solución para el lavado y desinfección de nopal (figura 6.1).

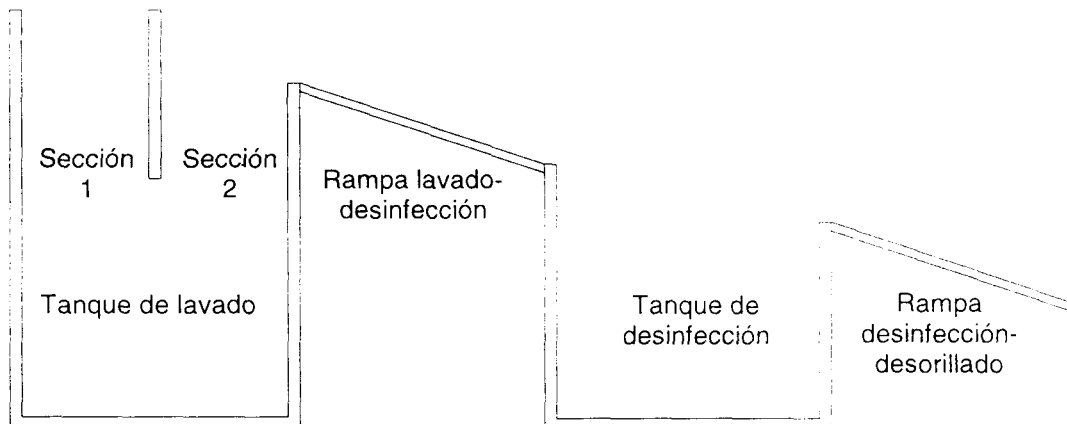


Figura 6.1 Concepto de solución para lavado y desinfección (vista lateral)

El funcionamiento de este sistema es como sigue: Primeramente se descargan las pencas de nopal dentro la primera sección del tanque de lavado (figura 6.2) . Al caer, las pencas tenderán a flotar, debido a que su densidad se identificó experimentalmente entre 880 y 930 Kg/m³, esto significa que -aunque el nopal flota- la mayor parte de su masa permanece por debajo del nivel del agua. Esta característica motiva que, al acumularse una cantidad suficiente de nopales estibados, la masa total de estos seguirá permaneciendo por debajo de la superficie. El efecto de sifón generado por el constante desborde de agua facilita que, al alcanzar la profundidad en que termina la pared que separa las secciones del tanque, las pencas salgan a flote para posteriormente desbordar hacia la desinfección.

Como se puede apreciar en la figura anterior, el proceso de lavado de las pencas se logra a través de su desplazamiento en el agua. No es necesario

mayor tratamiento, debido a que las pacas de nopal que vienen directamente del campo, presentan una cantidad moderada de suciedad.

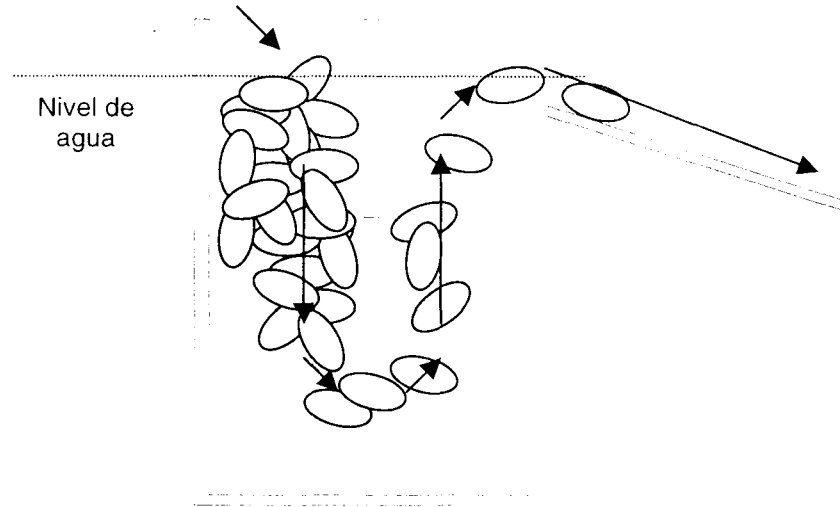


Figura 6.2 Funcionamiento del sistema de lavado (vista lateral)

Para llevar a cabo la desinfección de las pacas, en el extremo de la rampa lavado-desinfección, el nopal es dirigido hacia una de las dos secciones del tanque de desinfección (Figura 6.3), que contiene previamente una solución de cloro en agua. Al depositarse la cantidad establecida en la primera sección, el mecanismo direccionador conduce el nopal que viene del lavado hacia la segunda sección del tanque

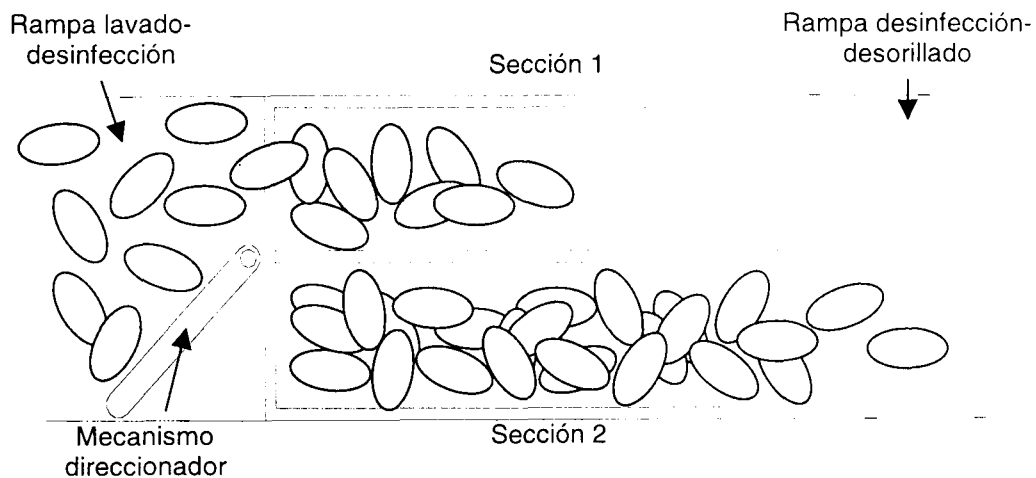


Figura 6.3 Funcionamiento del sistema de desinfección (vista de planta)

Una vez que se cumplieron dos minutos de inmersión del nopal que se depositó en la primera sección, se comienza a desbordar la solución que contiene, con el objetivo de conducir las pencas hacia una rampa que lo llevará el siguiente proceso. Al finalizar el desborde de esta sección comenzará el de la segunda, para así repetir el ciclo.

Como se ha mencionado antes, el proceso de desarrollo de un producto no sigue un flujo lineal, ya que a lo largo de éste pueden presentarse situaciones que obligan a dar marcha atrás a algún aspecto del diseño y a buscar nuevas variantes de solución. Un caso apropiado en el sistema lavado-desinfección para ejemplificar esto es la parte de desarrollo conceptual de las rampas que conducen las pencas de nopal.

Dado que utilizan líquidos diferentes, el agua que circula en el proceso de lavado no debe tener contacto con el tanque de desinfección, la primera idea para conseguirlo fue que la rampa contara con diversas perforaciones (que podían ser circulares, oblongas, etc.) por las que el agua caería en un conducto que la llevaría a su recirculación. Al llevar a cabo algunas pruebas en una sencilla instalación experimental que se diseñó para este propósito, se notó que era necesario que el nopal se deslizara por la rampa acompañado de un cierto flujo de agua, para evitar así que se atore en las perforaciones. Esto complicaría el diseño –y manufactura- de la rampa, ya que sería necesario distribuir las perforaciones de una forma no uniforme para conseguir que la penca se deslice por la rampa sin atorarse. Al dificultarse el desarrollo de este concepto, se optó por buscar nuevas soluciones.

Un concepto interesante propuesto consistió en utilizar lámina acanalada en la rampa (figura 6.4), la cual podría tener perforaciones en los canales para desalojar por ahí el agua. Sin embargo, comercialmente no se cuenta con este tipo de lámina con características adecuadas para la industria alimentaria. Posteriormente a este concepto surgieron ideas como la de fabricar la rampa

con soleras de acero inoxidable paralelas que podrían girar de manera semejante a una persiana, para controlar así su abertura y por ende la capacidad para evacuar el agua.

La carga de inercia psicológica presente en el equipo de diseño de las rampas condujo las ideas sobre la nueva rampa por variantes similares al de las soleras paralelas, llegándose incluso a proponer la fabricación de la rampa mediante cables tensados por los que se deslizaría el nopal de manera longitudinal. Sin embargo, finalmente se concibió una idea que reduce la complejidad del sistema sin sacrificar su desempeño: Consiste en formar la rampa uniendo tubos o barras, las cuales poseen la ventaja de que no permiten que el nopal se atore en ellos, con lo que se elimina la necesidad de que el agua acompañe a la penca en su recorrido. De aquí se hace notar además la ventaja que tiene la geometría del tubo, ya que obliga al agua a caer, evitando así que ésta llegue más allá de la rampa.

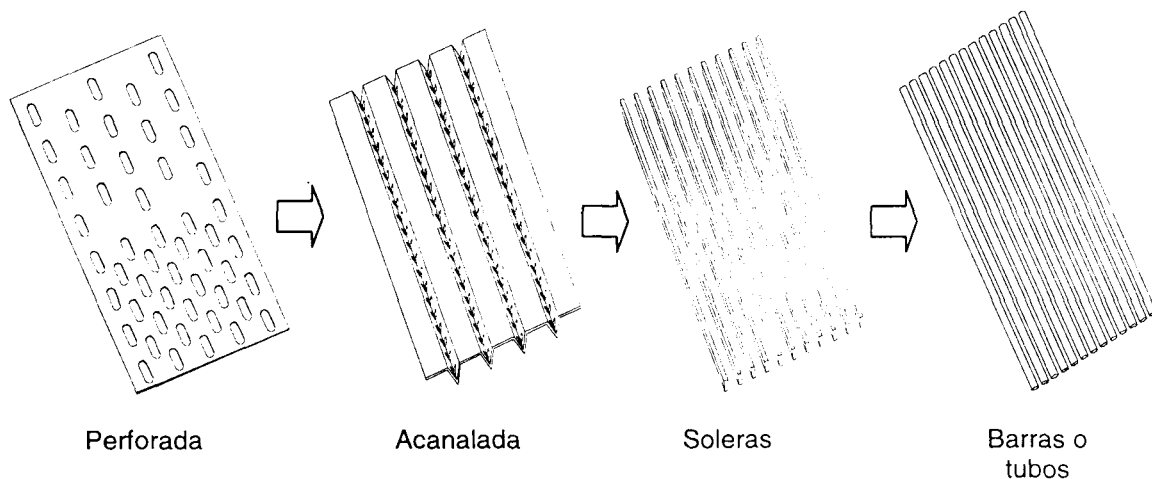


Figura 6.4 Evolución del concepto para las rampas

Una vez definidas las alternativas de solución que se utilizarían en el proceso de lavado y desinfección de espinas, se procedió a llevar a cabo el diseño detallado del sistema, utilizando el paquete de modelación paramétrica Mechanical Desktop[®] 3.0, el cual se presenta en la figura 6.5.

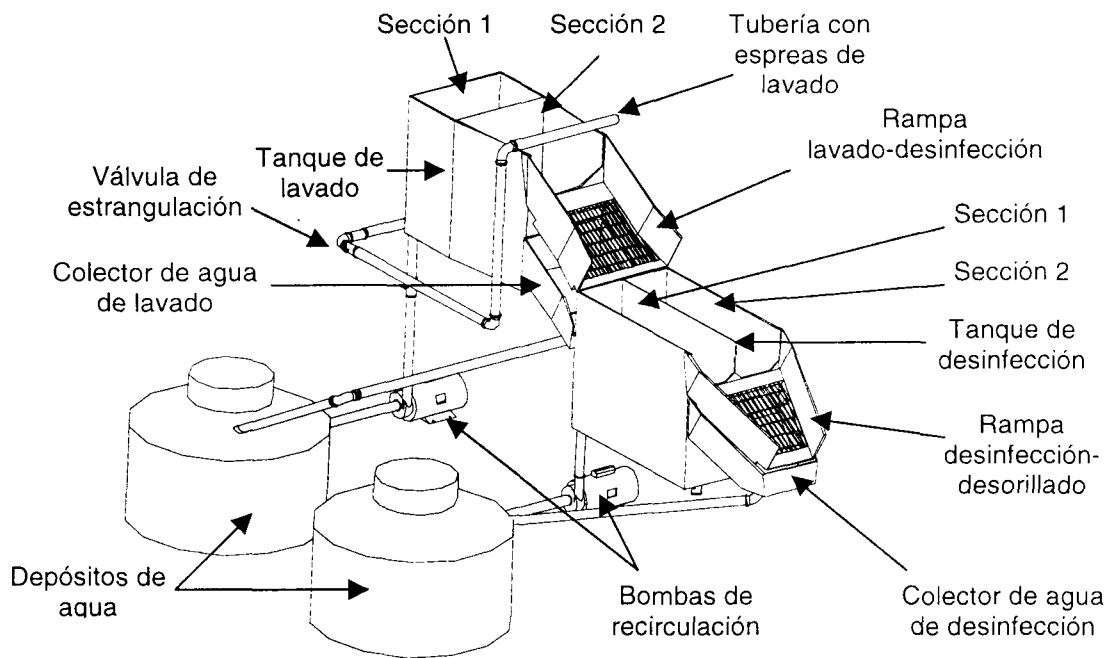


Figura 6.5 Vista isométrica del sistema de lavado y desinfección

Como se aprecia en la figura, el agua que sale de las rampas de lavado y desinfección se deposita en unas rampas colectoras, las cuales desembocan en una tubería que desemboca en depósitos separados, donde es filtrada y posteriormente bombeada de vuelta al proceso. El sistema cuenta además con válvulas de estrangulación mediante las cuales será posible regular el flujo de agua en los dos tanques, dependiendo de la carga de trabajo requerida.

6.2 Desorillado de Pencas

Como se muestra en la figura 6.6, el proceso de remoción del contorno de la penca de nopal era llevado a cabo en la máquina anterior mediante un mecanismo conformado por dos brazos que soportan cada uno un rodillo de mariposa y una cuchilla. La posición de un brazo es simétrica respecto a la del

otro, debido a lo cual no les es posible remover la punta y la coletilla de las pencas.

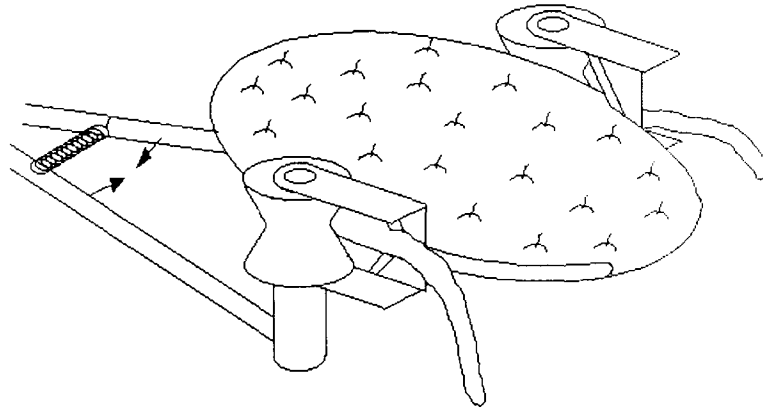


Figura 6.6 Mecanismo anterior para desorillado de nopal

Trabajando en la generación de alternativas para solucionar el problema, surgió una modificación sustancial del mecanismo anterior, la cual se basó en el principio de TRIZ No. 4 (Asimetría), el cual sugiere sustituir la forma simétrica de un objeto por una asimétrica. De esta forma, la forma del concepto se definió como se presenta en la figura 6.7.

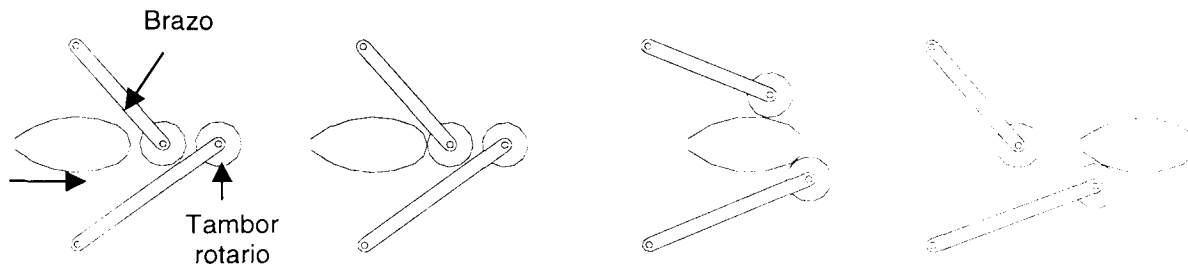


Figura 6.7 Rediseño del mecanismo desorillador

El mecanismo está compuesto de dos brazos, asimétricamente distribuidos, que en su extremo soportan cada uno un tambor rotatorio con cuchillas. Al llegar la penca al proceso, su punta entra en contacto primeramente con uno de los tambores, comenzando así la tarea de remoción del contorno.

Conforme va avanzando el nopal, los tambores rotatorios siguen y cortan su borde, ya que los brazos sobre los que están montados pivotean sobre un eje, ejerciendo además –mediante un muelle de torsión- una fuerza de presión suficiente sobre la orilla de la penca para lograr el corte del contorno con una profundidad de 1/ 8 de pulgada.

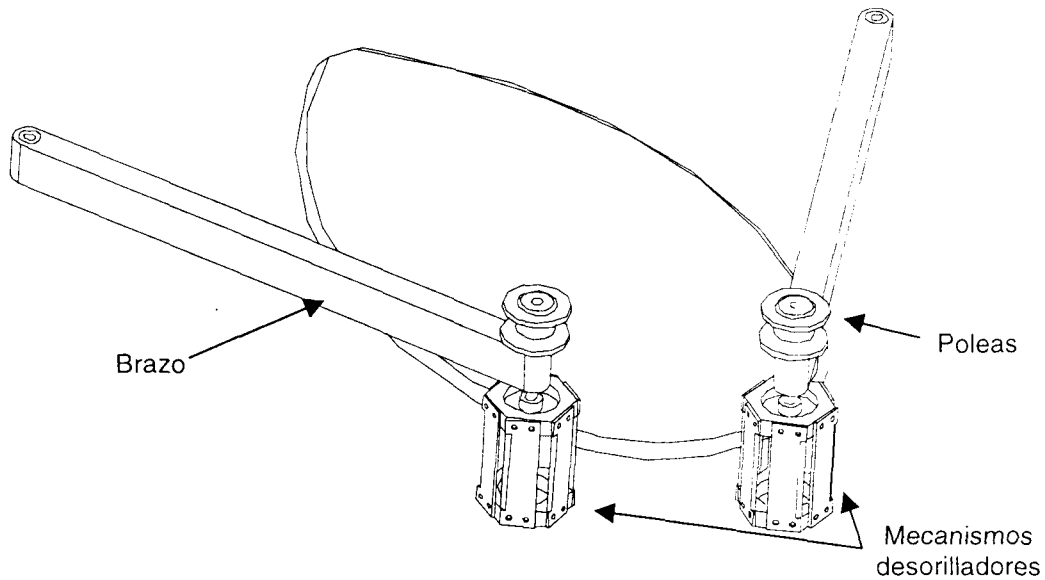


Figura 6.7 Rediseño del mecanismo desorillador

6.3 Extracción de Espinas Removidas

Un aspecto de gran importancia en el proceso de desespinado, es la remoción de las espinas que han sido cortadas, puesto que, posteriormente a este, la penca es cortada en cuadros y envasada lista para su consumo: dificultando la separación de los residuos en procesos posteriores. Por otro lado, la acumulación de espinas y mucílago en cualquier sistema mecánico tiende a provocar efectos perjudiciales como patinaje en rodillos de transporte y corrosión. Debido a lo anterior, se inició un nuevo proceso de diseño para satisfacer esta función, asignando un equipo de trabajo en este co-proyecto.

En la etapa conceptual del desarrollo de un sistema para desalojar las espinas se generó una matriz morfológica con diversos conceptos, entre los que se cuentan:

- Colocar cepillos que limpiaran la penca y las partes del mecanismo en donde se acumula la espina.
- Rociar agua mediante espreas en los mismos lugares que indica el punto anterior.
- Soplar aire a presión.
- Llevar a cabo el proceso de desespinado inmerso en agua, tendiendo así a flotar las espinas removidas.
- Aplicar succión mediante un ciclón.

Evaluando los conceptos anteriores y sus variantes con criterios como velocidad, efectividad, consumo de energía, higiene, nivel de ruido y costo, se seleccionó la opción de la extracción a través de un ciclón. En la figura 6.8 se presenta parcialmente el diseño detallado del sistema.

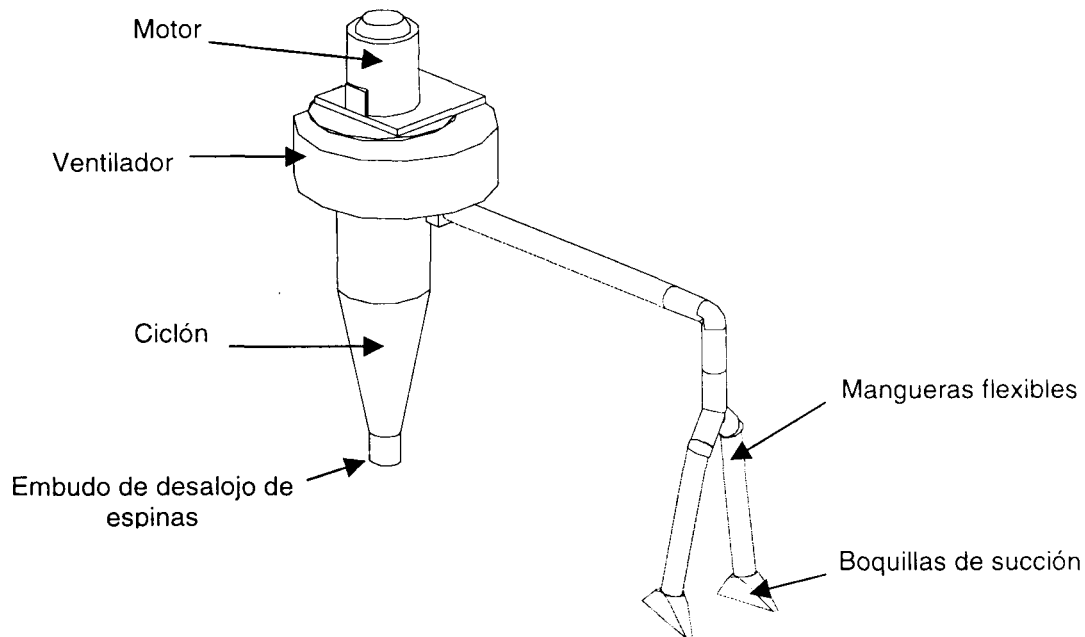


Figura 6.8 Vista isométrica del sistema de extracción de espinas

El sistema de succión de espinas se conforma por unas boquillas que se sitúan a una distancia estrecha a los mecanismos desespinaadores. A través de ellas pasan las espinas extraídas, que circularán posteriormente por mangueras y tubería con dirección hacia el interior del ciclón. El efecto de succión se logra mediante un moto-ventilador centrífugo situado en la parte superior del ciclón, dentro del cual se lleva a cabo la separación de estas partículas del aire. Finalmente, las espinas salen del ciclón por el embudo y son depositadas en un recipiente.

6.4 Conclusiones de los Resultados de la Aplicación de QTC en Funciones Auxiliares de la Máquina

En el presente capítulo se presentaron los conceptos de solución utilizados en los sistemas de lavado, desinfección, desorillado y extracción de espinas de nopal. Cada uno de estos sistemas requirió un proceso completo de diseño que inclusive no ha terminado. A través de la aplicación práctica de la integración de QFD, TRIZ y CAD, los resultados alcanzados presentan soluciones innovativas a problemas técnicos que antes no se habían resuelto o identificado anteriormente. Sin embargo, es importante hacer notar que existe una amplia posibilidad de que estos diseños sufran modificaciones, debido a que hasta la fecha no se cuenta con un prototipo real con el que se pueda hacer experimentación.

Dentro del contexto de trabajo paralelo de subproyectos, el trabajo en equipo es de vital importancia para avanzar con eficacia a lo largo de un proceso de diseño, ya que en sus primeras etapas, el desarrollo de un producto genera una gran cantidad de información que debe ser compartida entre los miembros del proyecto para completar su conocimiento acerca de éste. Lo anterior aplica también para las fases de Diseño Conceptual, donde la aportación de ideas juega un rol decisivo en la solución del problema, así como para el Diseño a Detalle, fase en la que -debido a la interdependencia de

algunas funciones- la colaboración activa entre dos o varios equipos de trabajo es imprescindible para la convergencia a soluciones de diseño competitivas.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES GENERALES

7.1 Conclusiones Generales

La presente tesis describe cómo el proceso de diseño de nuevos productos puede ser apoyado mediante la integración de diversas herramientas de diseño exitosas. El modelo propuesto del proceso de diseño, apoyado en la metodología QTC, está compuesto esencialmente por las técnicas de Despliegue de la Función de Calidad (QFD), Teoría de la Solución de Problemas de Inventiva (TRIZ) y Diseño asistido por computadora (CAD). Estas herramientas, conjuntamente utilizadas y apoyadas por otras auxiliares como el Análisis Funcional, Investigación de Patentes y Matriz Morfológica, garantizan el desarrollo de un producto de calidad acorde a los requerimientos del cliente.

Una de las contribuciones de este trabajo consiste en la documentación de un caso de estudio en el que se aplicó la metodología. El desarrollo de un mecanismo desespinaador de nopal constituyó un reto importante desde el punto de vista de innovación, ya que se identificaron diversas contradicciones técnicas en el sistema, para las cuales no se contaba con solución previa o si existía, no era satisfactoria. La solución propuesta satisface los requerimientos del cliente y en pruebas preliminares demostró ser efectiva, por lo que se concluye que la metodología QTC proporciona al diseñador la oportunidad de desarrollar un producto innovador, a partir del profundo conocimiento de las necesidades del cliente y la identificación de las áreas de oportunidad radicadas en contradicciones técnicas, cuya solución brindará siempre una ventaja competitiva al diseño sobre los demás.

Tanto el Despliegue de la Función de la Calidad como el Diseño Asistido por Computadora han sido utilizados en el desarrollo de nuevos productos desde hace ya varios años. La reciente incorporación de TRIZ incrementa la fortaleza en el potencial de generación de conceptos de diseño en la etapa conceptual de desarrollo de productos. Representa además una confirmación de que la mejora en la eficiencia del diseño no se deriva exclusivamente de la utilización de herramientas computacionales poderosas. Es necesario además, un cambio en la manera de visualizar y buscar solución a los problemas, el cual debe seguir los siguientes patrones [Terninko, 1996]:

- Deben buscarse las contradicciones técnicas en los problemas y trabajar en su solución -en lugar de evitarlas- y resolverlas mediante compromisos de parámetros. Es necesario comprender además que la revelación y formulación de las contradicciones constituyen un sólido paso hacia su solución.
- Adoptar un enfoque sistemático y determinar las conexiones entre objetos, procesos y fenómenos que aparentemente no están interconectados.
- Cuestionar y validar cada una de las decisiones tomadas en el proceso de diseño.
- Involucrar al cliente en el proceso de diseño, especialmente en la fase de determinación de especificaciones, ya que es posiblemente la principal fuente de información para clarificar el problema.

Conseguir beneficios considerables a través de la aplicación de herramientas de TRIZ a problemas de diseño no es tarea fácil. El requisito más importante es el conocimiento de teoría y la práctica en su utilización. Además es importante comprender que TRIZ fue creado para crear conceptos de solución a problemas de inventiva, y no para desarrollar soluciones ingenieriles completas.

En su libro "Engineering Design", Pahl y Beitz [Pahl y Beitz, 1998] describen ocho puntos específicos acerca de lo que debe ser o tener una metodología de diseño. Partiendo de estos criterios, se analiza la metodología QTC:

- (1) Fortalecer el enfoque dirigido al problema, es decir, debe ser aplicable en todos los campos. La eficacia de QFD ha sido probada en diversos campos de la industria manufacturera, incluso es aplicado en el diseño de sistemas de servicios. Por otra parte, diversos autores aseguran que TRIZ puede utilizarse en problemas relacionados con áreas sociales [Blosiu y Kowalik, 1996]. TRIZ es aplicable en campos variados debido a que en su esencia se encuentra el conocimiento de soluciones a problemas de inventiva de diversas especialidades. De igual forma, los sistemas CAD constituyen una herramienta genérica que impacta a disciplinas ajenas al diseño mecánico, como lo son la arquitectura y el diseño gráfico.
- (2) Facilidad en la búsqueda de soluciones óptimas. En este punto, TRIZ mejora sustancialmente cualquier método utilizado para generar soluciones de inventiva. Además cuenta con herramientas que permiten entender mejor los problemas, mediante descripciones y formulaciones exhaustivas de éste.
- (3) Ser compatible con conceptos, métodos y postulados de otras disciplinas. La metodología QTC puede ser complementada, si el caso así lo requiere, con otras herramientas y teorías de diseño como son el Análisis de Ingeniería, Diseño de Experimentos, Diseño Axiomático, Administración de Datos del Producto, Administración del Capital Intelectual y otras.
- (4) No depender del azar. En la base de la metodología QTC se encuentran herramientas de diseño cuya eficacia ha sido probada en diversas partes del mundo. En el caso de estudio, la información generada fue

resultado de la aplicación de dichas técnicas, que supera ampliamente las que anteriormente se había generado.

- (5) Facilita la aplicación de soluciones conocidas para las funciones definidas. Las patentes son una fuente enorme de soluciones a problemas. QTC ofrece un conocimiento estructurado de éstas, en forma de soluciones y principios mediante herramientas de TRIZ, y contempla una técnica más directa, como lo es la búsqueda electrónica en bases de datos de registros de patentes.
- (6) Ser compatible con el procesamiento electrónico de datos: Se cuenta en la actualidad con paquetes computacionales distintos tanto para QFD, TRIZ y CAD. Los cuales pueden ser sujetos de integración a través de interfases.
- (7) Ser fácilmente enseñada y aprendida. El área de Diseño e Innovación Tecnológica del CSIM cuenta con varios años de experiencia exitosa en la enseñanza de cada una de las herramientas de diseño utilizadas en la metodología QTC. Específicamente, cuenta con cursos especializados de QFD, TRIZ y CAD, entre otras herramientas. El presente trabajo pretende contribuir al esfuerzo de esta área por desarrollar y difundir la metodología, que ha ido demostrando sus ventajas a lo largo de varios semestres en proyectos académicos a nivel de maestría, con resultados exitosos.
- (8) Reflejar las corrientes de administración y científicas modernas: Esto es, reducir carga de trabajo, ahorrar tiempo, prevenir errores humanos y contribuir a mantener un interés activo. Tanto QFD como TRIZ y CAD han demostrado su potencial en la reducción de tiempo y costo de fabricación de nuevos productos, así como en el aumento de su calidad. La parte innovativa del proceso de diseño se ve significativamente mejorada, dejando atrás a técnicas onerosas en tiempo y de eficacia limitada (prueba y error, lluvia de ideas, etc.). En cuanto a CAD se

refiere, el potencial de uso de estos sistemas ha rebasado el plano de la modelación y ahora se cuentan con paquetes capaces de hacer simulaciones y análisis de funcionamiento en tiempo y condiciones reales.

Con base en su estructura, sus herramientas y los resultados conseguidos hasta ahora a través de QTC, es posible afirmar que las herramientas QFD, TRIZ y CAD tienen características que permiten su integración para apoyar el proceso de diseño de nuevos productos con repercusiones positivas en su calidad, costo y tiempo de desarrollo.

7.2 Recomendaciones y Perspectivas a Futuro

La metodología QTC constituye un valiosa herramienta para centros o empresas involucradas en actividades de investigación, desarrollo tecnológico y diseño mecánico. Estas actividades toman cada vez más importancia en la industria mexicana, por lo que es necesario desarrollarlas a través del diseño o integración de filosofías y herramientas eficaces, cuya suma de beneficios asegure resultados competitivos en el desarrollo de nuevos productos mexicanos. Tal como QTC consiste en la unión de varias herramientas, esta metodología puede formar parte de un proceso de diseño global que contemple además la inclusión las siguientes teorías:

- **Herramientas Estadísticas:**. Partiendo de que cada proceso genera información que puede ser usada para mejorarlo [Box, 1988], variables que afectan el funcionamiento de un diseño, sus relaciones y niveles óptimos –entre otros datos- conforman información que puede ser investigados mediante métodos de Diseño Experimental para la

optimización del diseño de productos, determinando las condiciones de operación que maximicen su desempeño.

- **Tecnología de Administración de Datos del Producto.** Los proyectos de desarrollo de productos contienen una gran cantidad de información que es creada, modificada y recuperada constantemente por distintas personas, en momentos diferentes e incluso, en lugares distantes. El diseño e implementación de bases de datos fraccionadas y compartidas, permitiría una administración más eficaz de toda la información involucrada en un proyecto.
- **Enfoque concurrente del proceso de diseño.** La toma de decisiones a lo largo del proceso de diseño, con énfasis en la consideración simultánea de todos los aspectos del ciclo de vida del producto es un enfoque que actualmente muchas empresas adoptan en la búsqueda de mejores productos elaborados en menor tiempo y con menor costo. Dentro de esta filosofía, los diseñadores de productos se ven forzados a interactuar con personal involucrado en otras etapas del ciclo de vida de un producto, con lo que cada aspecto del diseño es considerado por ellos evitándose así la incursión en errores que repercuta negativamente en el tiempo de desarrollo, costo o calidad.
- **Administración del Conocimiento.** Como se mencionó anteriormente, en un proceso de diseño se genera una gran cantidad de información sobre requerimientos del cliente, funcionamiento del sistema, recursos disponibles, patentes, diseños conceptuales, componentes, dibujos detallados, presentaciones, etc. Todo este cúmulo de datos constituye un importante activo de carácter intangible y de gran valor para proyectos subsecuentes, por lo que un área de oportunidad es la implementación de sistemas de administración de conocimiento que permitan generar una memoria organizacional que no sólo administre información recabada, sino que registre las experiencias prácticas de los

involucrados en proyectos con el fin de facilitar el aprendizaje a quienes se involucren por primera vez en el proyectos de desarrollo de productos.

La adopción de nuevas y mejores herramientas de diseño en México, como la metodología QFD-TRIZ-CAD, juega un papel preponderante en los esfuerzos por incrementar las actividades de diseño original en nuestro país y depender en menor medida de los centros de innovación del extranjero, para poder así crear desarrollos tecnológicos propios generadores de capital, productividad y riqueza para las empresas, para los sectores y finalmente para el crecimiento del país.

APÉNDICES

Característica a mejorar \ Resultado Indeseable (Conflicto)	1 Peso de un objeto en movimiento.	2 Peso de un objeto sin movimiento.	3 Longitud de un objeto en movimiento.	4 Longitud de un objeto sin movimiento.	5 Área de un objeto en movimiento.	6 Área de un objeto sin movimiento.	7 Volumen de un objeto en movimiento.	8 Volumen de un objeto sin movimiento.	9 Velocidad.	10 Fuerza.	11 Tensión, Presión.	12 Forma.	13 Estabilidad de un objeto.
1 Peso de un objeto en movimiento.			15, 8, 29, 34		29, 17, 34, 38		29, 2, 40, 28		2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37	10, 36, 37, 40	10, 14, 35, 40	1, 35, 19, 39
2 Peso de un objeto sin movimiento.				10, 1, 29, 35		35, 30, 13, 2		5, 35, 14, 2		8, 10, 19, 35	13, 29, 10, 18	13, 10, 29, 14	26, 39, 1, 40
3 Longitud de un objeto en movimiento.	8, 15, 29, 34				15, 17, 4		7, 17, 4, 35		13, 4, 8	17, 10, 4	1, 8, 35	1, 8, 10, 29	1, 8, 15, 34
4 Longitud de un objeto sin movimiento.		35, 28, 40, 29				17, 7, 10, 40		35, 8, 2, 14		28, 10	1, 14, 35	13, 14, 15, 7	39, 37, 35,
5 Área de un objeto en movimiento.	2, 17, 29, 4		14, 15, 18, 4				7, 14, 17, 4		29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2	10, 15, 36, 28	5, 34, 29, 4	11, 2, 13, 39
6 Área de un objeto sin movimiento.		30, 2, 14, 18		26, 7, 9, 39						1, 18, 35, 36	10, 15, 36, 37		2, 38
7 Volumen de un objeto en movimiento.	2, 26, 29, 40		1, 7, 4, 35		1, 7, 4, 17				29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37	6, 35, 36, 37	1, 15, 29, 4	28, 1, 10, 39
8 Volumen de un objeto sin movimiento.		35, 10, 19, 14	19, 14	35, 8, 2, 14						2, 18, 37	24, 35	7, 2, 35	34, 28, 35, 40
9 Velocidad.	2, 28, 13, 38		13, 14, 8		29, 30, 34		7, 29, 34			13, 28, 15, 19	6, 18, 38, 40	35, 15, 18, 34	28, 33, 1, 18
10 Fuerza.	8, 1, 37, 18	18, 13, 1, 28	17, 19, 9, 36	28, 10	19, 10, 15	1, 18, 36, 37	15, 9, 12, 37	2, 36, 18, 37	13, 28, 15, 12		18, 21, 11	10, 35, 40, 34	35, 10, 21
11 Tensión, presión.	10, 36, 37, 40.	13, 29, 10, 18	35, 10, 36	35, 1, 14, 16	10, 15, 36, 25	10, 15, 35, 37	6, 35, 10	35, 24	6, 35, 36	36, 35, 21		35, 4, 15, 10	35, 33, 2, 40
12 Forma.	8, 10, 29, 40	15, 10, 26, 3	29, 34, 5, 4	13, 14, 10, 7	5, 34, 4, 10		14, 4, 15, 22	7, 2, 35	35, 15, 34, 18	35, 10, 37, 40	34, 15, 10, 14		33, 1, 18, 4
13 Estabilidad de un objeto.	21, 35, 2, 39	26, 39, 1, 40	13, 15, 1, 28	37	2, 11, 13	39	28, 10, 19, 39	34, 28, 35, 40	33, 15, 28, 18	10, 35, 21, 16	2, 35, 40	22, 1, 18, 4	
14 Resistencia.	1, 8, 40, 15	40, 26, 27, 1	1, 15, 8, 35	15, 14, 28, 26	3, 34, 40, 29	9, 40, 28	10, 15, 14, 7	9, 14, 17, 15	8, 13, 26, 14	10, 18, 3, 14	10, 3, 18, 40	10, 30, 35, 40	13, 17, 35
15 Durabilidad de un objeto en movimiento.	19, 5, 34, 31,		2, 19, 9		3, 17, 19		10, 2, 19, 30		3, 35, 5	19, 2, 16	19, 3, 27	14, 26, 28, 25	13, 3, 35
16 Durabilidad de un objeto sin movimiento.		6, 27, 19, 16		1, 10, 35				35, 34, 38					39, 3, 35, 23
17 Temperatura.	36, 22, 6, 38	22, 35, 32	15, 19, 9	15, 19, 9	3, 35, 39, 18	35, 38	34, 39, 40, 18	35, 6, 4	2, 28, 36, 30	35, 10, 3, 21	35, 39, 19, 2	14, 22, 29, 32	1, 35, 32
18 Brillo.	19, 1, 32	2, 35, 32	19, 32, 16		19, 32, 26		2, 13, 10		10, 13, 19	26, 19, 6		32, 30	32, 3, 27
19 Energía gastada por un objeto en movimiento.	12, 18, 28, 31		12, 28		15, 19, 25		35, 13, 18		8, 15, 35	16, 26, 21, 2	23, 14, 25	12, 2, 29	19, 13, 17, 24
20 Energía gastada por un objeto sin movimiento.		19, 9, 6, 27								36, 37			27, 4, 29, 28

Característica a mejorar \ Resultado Indeseable (Conflicto)	14 Resistencia.	15 Durabilidad de un objeto en movimiento.	16 Durabilidad de un objeto sin movimiento.	17 Temperatura.	18 Brillo.	19 Energía gastada por un objeto en movimiento.	20 Energía gastada por un objeto sin movimiento.	21 Potencia.	22 Desperdicio de energía.	23 Desperdicio de substancia.	24 Perdida de información.	25 Desperdicio de tiempo.	26 Cantidad de substancia.
1 Peso de un objeto en movimiento.	28, 27, 18, 40	5, 34, 31, 35		6, 20, 4, 38	19, 1, 32	35, 12, 34, 31		12, 36, 18, 31	6, 2, 34, 19	5, 35, 3, 31	10, 24, 35	10, 35, 20, 28	3, 26, 18, 31
2 Peso de un objeto sin movimiento.	28, 2, 10, 27		2, 27, 19, 6	28, 19, 32, 22	19, 32, 35		18, 19, 28, 1	15, 19, 18, 22	18, 19, 28, 15	5, 8, 13, 30	10, 15, 35	10, 20, 35, 26	19, 6, 18, 26
3 Longitud de un objeto en movimiento.	8, 35, 29, 34	19		10, 15, 19	32	8, 35, 24		1, 35	7, 2, 35, 39	4, 29, 23, 10	1, 24	15, 2, 29	29, 35
4 Longitud de un objeto sin movimiento.	15, 14, 28, 26		1, 40, 35	3, 35, 38, 18	3, 25			12, 8	6, 28	10, 28, 24, 35	24, 26	30, 29, 14	
5 Área de un objeto en movimiento.	3, 15, 40, 14	6, 3		2, 15, 16	15, 32, 19, 13	19, 32		19, 10, 32, 18	15, 17, 30, 26	10, 35, 2, 39	30, 26	26, 4	29, 30, 6, 13
6 Área de un objeto sin movimiento.	40		2, 10, 19, 30	35, 39, 38				17, 32	17, 7, 30	10, 14, 18, 39	30, 16	10, 35, 4, 18	2, 18, 40, 4
7 Volumen de un objeto en movimiento.	9, 14, 15, 7	6, 35, 4		34, 39, 10, 18	2, 13, 10	35		35, 6, 13, 18	7, 15, 13, 16	36, 39, 34, 10	2, 22	2, 6, 34, 10	29, 30, 7
8 Volumen de un objeto sin movimiento.	9, 14, 17, 15		35, 34, 38	35, 6, 4				30, 6		10, 39, 35, 34		35, 16, 32, 18	35, 3
9 Velocidad.	8, 3, 26, 14	3, 19, 35, 5		28, 30, 36, 2	10, 13, 19	8, 15, 35, 38		19, 35, 38, 2	14, 20, 19, 35	10, 13, 28, 38	13, 26		18, 19, 29, 38
10 Fuerza.	35, 10, 14, 27	19, 2		35, 10, 21		19, 17, 10	1, 16, 36, 37	19, 35, 18, 37	14, 15	8, 35, 40, 5		10, 37, 36	14, 29, 18, 36
11 Tensión, presión.	9, 18, 3, 40	19, 3, 27		35, 39, 19, 2		14, 24, 10, 37		10, 35, 14	2, 36, 25	10, 36, 3, 37		37, 36, 4	10, 14, 36
12 Forma.	30, 14, 10, 40	14, 26, 9, 25		22, 14, 19, 32	13, 15, 32	2, 6, 34, 14		4, 6, 2	14	35, 29, 3, 5		14, 10, 34, 17	36, 22
13 Estabilidad de un objeto.	17, 9, 15	13, 27, 10, 35	39, 3, 35, 23	35, 1, 32	32, 3, 27, 15	13, 39	27, 4, 29, 18	32, 35, 27, 31	14, 2, 39, 6	2, 14, 30, 40		35, 27	15, 32, 35
14 Resistencia.		27, 3, 26		30, 10, 40	35, 19	19, 35, 10	35	10, 26, 35, 28	35	35, 28, 31, 40		29, 3, 28, 10	29, 10, 27
15 Durabilidad de un objeto en movimiento.	27, 3, 10			19, 35, 39	2, 19, 4, 35	28, 6, 35, 18		19, 10, 35, 38		28, 27, 3, 18	10	20, 10, 28, 18	3, 35, 10, 40
16 Durabilidad de un objeto sin movimiento.				19, 18, 36, 40				16		27, 16, 18, 38	10	28, 20, 10, 16	3, 35, 31
17 Temperatura.	10, 30, 22, 40	19, 13, 39	19, 18, 36, 40		32, 30, 21, 16	19, 15, 3, 17		2, 14, 17, 25	21, 17, 35, 38	21, 36, 29, 31		35, 28, 21, 18	3, 17, 30, 39
18 Brillo.	35, 19	2, 19, 6		32, 35, 19		32, 1, 19	32, 35, 1, 15	32	19, 16, 1, 6	13, 1, 1, 6	1, 6	19, 1, 26, 17	1, 19
19 Energía gastada por un objeto en movimiento.	5, 19, 9, 35	28, 35, 6, 18		19, 24, 3, 14	2, 15, 19			6, 19, 37, 18	12, 22, 15, 24	35, 24, 18, 5		35, 38, 19, 18	34, 23, 16, 18
20 Energía gastada por un objeto sin movimiento.	35				19, 2, 35, 32					28, 27, 18, 31			3, 35, 31

Característica a mejorar \ Resultado Indeseable (Conflicto)	27 Confiabilidad.	28 Precisión de mediciones.	29 Precisión de manufactura.	30 Factores perjudiciales actuando en un objeto	31 Efectos secundarios dañinos.	32 Manufacturabilidad.	33 Conveniencia de uso.	34 Reparabilidad.	35 Adaptabilidad.	36 Complejidad de un mecanismo.	37 Complejidad de control.	38 Nivel de automatización.	39 Productividad.
1 Peso de un objeto en movimiento.	3, 11, 1, 27	28, 27, 35, 26	28, 35, 26, 18	22, 21, 18, 27	22, 35, 31, 39	27, 28, 1, 36	35, 3, 2, 24	2, 27, 28, 11	29, 5, 15, 8	26, 30, 36, 34	28, 29, 26, 32	26, 35, 18, 19	35, 3, 24, 37
2 Peso de un objeto sin movimiento.	10, 28, 8, 3	18, 26, 28	10, 1, 35, 17	2, 19, 22, 37	35, 22, 1, 39	28, 1, 9	6, 13, 1, 32	2, 27, 28, 11	19, 15, 29	1, 10, 26, 39	25, 28, 17, 15	2, 26, 35	1, 28, 15, 35
3 Longitud de un objeto en movimiento.	10, 14, 29, 40	28, 32, 4	10, 28, 29, 37	1, 15, 17, 24	17, 15	1, 29, 17	15, 29, 35, 4	1, 28, 10	14, 15, 1, 16	1, 19, 26, 24	35, 1, 26, 24	17, 24, 26, 16	14, 4, 28, 29
4 Longitud de un objeto sin movimiento.	15, 29, 28	32, 28, 3	2, 32, 10	1, 18		15, 17, 27	2, 25	3	1, 35	1, 26	26		30, 14, 7, 26
5 Área de un objeto en movimiento.	29, 9	26, 28, 32, 3	2, 32	22, 33, 28, 1	17, 2, 18, 39	13, 1, 26, 24	15, 17, 13, 16	15, 13, 10, 1	15, 30	14, 1, 13	2, 36, 26, 18	14, 30, 28, 23	10, 26, 34, 2
6 Área de un objeto sin movimiento.	32, 35, 40, 4	26, 28, 32, 3	2, 29, 18, 36	27, 2, 39, 35	22, 1, 40	40, 16	16, 4	16	15, 16	1, 18, 36	2, 35, 30, 18	23	10, 15, 17, 7
7 Volumen de un objeto en movimiento.	14, 1, 40, 11	25, 26, 28	25, 28, 2, 16	22, 21, 27, 35	17, 2, 40, 1	29, 1, 40	15, 13, 30, 12	10	15, 29	26, 1	29, 26, 4	35, 34, 16, 24	10, 6, 2, 34
8 Volumen de un objeto sin movimiento.	2, 35, 16		35, 10, 25	34, 39, 19, 27	30, 18, 35, 4	35		1		1, 31	2, 17, 26		35, 37, 10, 2
9 Velocidad.	11, 35, 27, 28	28, 32, 1, 24	10, 28, 32, 25	1, 28, 35, 23	2, 24, 35, 21	35, 13, 8, 1	32, 28, 13, 12	34, 2, 28, 27	15, 10, 26	10, 4, 28, 34	3, 34, 27, 16	10, 18,	
10 Fuerza.	3, 35, 13, 21	35, 10, 23, 24	28, 29, 37, 36	1, 35, 40, 18	13, 3, 36, 24	15, 37, 18, 1	1, 28, 3, 25	15, 1, 11	15, 17, 18, 20	26, 35, 10, 18	36, 37, 10, 19	2, 35	3, 28, 35, 37
11 Tensión, presión.	10, 13, 19, 35	6, 28, 25	3, 35	22, 2, 37	2, 33, 27, 18	1, 35, 16	11	2	35	19, 1, 35	2, 36, 37	35, 24	10, 14, 35, 37
12 Forma.	10, 40, 16	28, 32, 1	32, 30, 40	22, 1, 2, 35	35, 1	1, 32, 17, 28	32, 15, 26	2, 13, 1	1, 15, 29	16, 29, 1, 28	15, 13, 39	15, 1, 32	17, 26, 34, 10
13 Estabilidad de un objeto.		13	18	35, 24, 30, 18	35, 40, 27, 39	35, 19	32, 35, 30	2, 35, 10, 16	35, 30, 34, 2	2, 35, 22, 26	35, 22, 39, 23	1, 8, 35	23, 35, 40, 3
14 Resistencia.	11, 3	3, 27, 16	3, 27	18, 35, 37, 1	15, 35, 22, 2	11, 3, 10, 32	32, 40, 28, 2	27, 11, 3	15, 3, 32	2, 13, 28	27, 3, 15, 40	15	29, 35, 10, 14
15 Durabilidad de un objeto en movimiento.	11, 2, 13	3	3, 27, 16, 40	22, 15, 33, 28	21, 39, 16, 22	27, 1, 4	12, 27	29, 10, 27	1, 35, 13	10, 4, 29, 15	19, 29, 39, 35	6, 10	35, 17, 14, 19
16 Durabilidad de un objeto sin movimiento.	34, 27, 6, 40	10, 26, 24		17, 1, 40, 33	22, 35, 10	35, 10	1	1	2		25, 34, 6, 35	1	10, 20, 16, 38
17 Temperatura.	19, 35, 3, 10	32, 19, 24	24	22, 33, 35, 2	22, 35, 2, 24	26, 27	26, 27	4, 10, 16	2, 18, 27	2, 17, 16	3, 27, 35, 31	26, 2, 19, 16	15, 28, 35
18 Brillo.		11, 15, 32	3, 32	15, 19	35, 19, 32, 39	19, 35, 28, 26	28, 26, 19	15, 17, 13, 16	15, 1, 19	6, 32, 13	32, 15	2, 26, 10	2, 25, 16
19 Energía gastada por un objeto en movimiento.	19, 21, 11, 27	3, 1, 32		1, 35, 6, 27	2, 35, 6	28, 26, 30	19, 35	1, 15, 17, 28	15, 17, 13, 16	2, 29, 27, 28	35, 38	32, 2	12, 28, 35
20 Energía gastada por un objeto sin movimiento.	10, 36, 23			10, 2, 22, 37	19, 22, 18	1, 4					19, 35, 16, 25		1, 6

Característica a mejorar	Resultado Indeseable (Conflicto)												
	1 Peso de un objeto en movimiento.	2 Peso de un objeto sin movimiento.	3 Longitud de un objeto en movimiento.	4 Longitud de un objeto sin movimiento.	5 Área de un objeto en movimiento.	6 Área de un objeto sin movimiento.	7 Volumen de un objeto en movimiento.	8 Volumen de un objeto sin movimiento.	9 Velocidad.	10 Fuerza.	11 Tensión, Presión.	12 Forma.	13 Estabilidad de un objeto.
21 Potencia.	8,36, 38,31	19,26 17,27	1,10, 35,37		19,38	17,32 13,38	35,6, 38	30,6, 25	15,35 2	26,2 36,35	22,10 35	29,14 2,40	35,32 15,31
22 Desperdicio de energía.	15,6 19,28	19,6 18,9	7,2 6,13	6,38 7	15,26 17,30	17,7, 30,18	7,18, 23	7	16,35 38	36,38			14,2, 39,6
23 Desperdicio de substancia.	35,6 23,40	35,6 22,32	14,29 10,39	10,28 24	35,2 10,31	10,18 39,31	1,29 30,36	3,39 18,31	10,13 28,38	14,15 18,40	3,36 37,10	29,35 3,5	2,14 30,40
24 Perdida de información.	10,24 35	10,35 5	1,26	26	30,26	30,16		2,22	26,32				
25 Desperdicio de tiempo.	10,20 37,35	10,20 26,5	15,2 29	30,24 14,5	26,4 5,16	10,35 17,4	2,5 34,10	35,16 32,18		10,37 36,5	37,36 4	4,10, 34,17	35,3, 22,5
26 Cantidad de substancia.	35,6 18,31	27,26 18,35	29,14 35,18		15,14 29	2,18 40,4	15,20 29		35,29 34,28	35,14, 3	10,36 14,3	35,14	15,2 17,40
27 Confiabilidad.	3,8 10,40	3,10, 8,28	15,9 14,4	15,29 28,11	17,10, 14,16	32,35 40,4	3,10, 14,24	2,35, 24	21,35, 11,28	8,28, 10,3	10,24, 35,19	35,1 16,11	
28 Precisión de mediciones.	32,35 26,28	28,35 25,26	28,26 5,16	32,28 3,16	26,28 32,3	26,28, 32,3	32,13 6		28,13 32,24	32,2	6,28 32	6,28 32	32,35 13
29 Precisión de manufactura.	28,32 13,18	28,35 27,9	10,28 29,37	2,32 10	28,33 29,32	2,29 18,36	32,28 2	25,10 35	10,28 32	28,19 34,36	3,35	32,30 40	30,18
30 Factores perjudiciales actuando en un objeto	22,21 27,39	2,22 13,24	17,1 39,4	1,18	22,1 33,28	27,2 39,35	22,23 37,35	34,39 19,27	21,22 35,28	13,35 39,18	22,2 37	22,1 3,35	35,24 30,18
31 Efectos secundarios dañinos.	19,22 15,39	35,22 1,39	17,15 16,22		17,2 18,39	22,1 40	17,2 40	30,18 35,4	35,28 3,23	35,28 1,40	2,33 27,18	35,1	35,40 27,39
32 Manufacturabilidad.	28,29 15,16	1,27 36,13	1,29 13,17	15,17 27	13,1 26,12	16,40	13,29 1,40	35	35,13 8,1	35,12	35,19 1,37	1,28 13,27	11,13 1
33 Conveniencia de uso.	25,2 13,15	6,13 1,25	1,17 13,12		1,17 13,16	18,16 15,39	1,16 35,15	4,18 39,31	18,13 34	28,13 35	2,32 12	15,34 29,28	32,35 30
34 Reparabilidad.	2,27 35,11	2,27 35,11	1,28 10,25	3,18 31	15,13 32	16,25	25,2 35,11	1	34,9	1,11 10	13	1,13 2,4	2,35
35 Adaptabilidad.	1,6 15,8	19,15 29,16	35,1 29,2	1,35 16	35,30 29,7	15,16	15,35 29		35,10 14	15,17 20	35,16	15,37 1,8	35,30 14
36 Complejidad de un mecanismo.	26,30 34,36	2,36 35,39	1,19 26,24	26	14,1 13,16	6,36	34,25 6	1,16	34,10 28	26,16	19,1 35	29,13 28,15	2,22 17,19
37 Complejidad de control.	27,26 28,13	6,13 28,1	16,17 26,24	26	2,13 15,17	2,39 30,16	29,1 4,16	2,18 26,31	3,4 16,35	36,28 40,19	35,36 37,32	27,13 1,39	11,22 39,30
38 Nivel de automatización.	28,26 18,35	28,26 35,10	14,13 17,28	23	17,14 13		35,13 16		28,10	2,35	13,35	15,32 1,13	18,1
39 Productividad.	35,26 24,37	28,27 15,3	18,4 28,38	30,7 14,26	10,26 34,31	10,35 17,7	2,6 34,10	35,37 10,2		28,15 10,36	10,37 14	14,10 34,40	35,3 22,39

Característica a mejorar \ Resultado Indeseable (Conflicto)	14 Resistencia.	15 Durabilidad de un objeto en movimiento.	16 Durabilidad de un objeto sin movimiento.	17 Temperatura.	18 Brillo.	19 Energía gastada por un objeto en movimiento.	20 Energía gastada por un objeto sin movimiento.	21 Potencia.	22 Desperdicio de energía.	23 Desperdicio de substancia.	24 Perdida de información.	25 Desperdicio de tiempo.	26 Cantidad de substancia.
21 Potencia.	26,10 28	19,35 10,38	16	2,14 17,25	16,6 19	16,6 19,37			10,35 38	28,27 18,38	10,19	35,20 10,6	4,34 19
22 Desperdicio de energía.	26			19,38 7	1,13 32,15			3,38		35,27 2,37	19,10	10,18 32,7	7,18 25
23 Desperdicio de substancia.	35,28 31,40	28,27 3,18	27,16 18,38	21,36 39,31	1,6 13	35,18 24,5	28,27 12,31	28,27 18,38	35,27 2,31			15,18 35,10	6,3 10,24
24 Perdida de información.		10	10		19			10,19	19,10			24,26 28,32	24,28 35
25 Desperdicio de tiempo.	29,3 28,18	20,10 28,18	28,20 10,16	35,29 21,18	1,19 26,17	35,38 19,18	1	35,20 10,6	10,5 18,32	35,18 10,39	24,26 28,32		35,38 18,16
26 Cantidad de substancia.	14,35 34,10	3,35 10,40	3,35 31	3,17 39		34,29 16,18	3,35 31	35	7,18 25	6,3 10,24	24,28 35	35,38 18,16	
27 Confiabilidad.	11,28	2,35 3,25	34,27 6,40	3,35 10	11,32 13	21,11 27,19	36,23	21,11 26,31	10,11 35	10,35 29,39	10,28	10,30 4	21,28 40,3
28 Precisión de mediciones.	28,6 32	28,6 32	10,26 24	6,19 28,24	6,1 32	3,6 32		3,6 32	26,32 27	10,16 31,28		24,34 28,32	2,6 32
29 Precisión de manufactura.	3,27	3,27 40		19,26	3,32	32,2		32,2	13,32 2	35,31 10,24		32,26 28,18	32,30
30 Factores perjudiciales actuando en un objeto	18,35 37,1	22,15 33,28	17,1 40,33	22,33 35,2	1,19 32,13	1,24 6,27	10,2 22,37	19,22 31,2	21,22 35,2	33,22 19,40	22,10 2	35,18 34	35,33 29,31
31 Efectos secundarios dañinos.	15,35 22,2	15,22 33,31	21,39 16,22	22,35 2,24	19,24 39,32	2,35 6	19,22 18	2,35 18	21,35 2,22	10,1 34	10,21 29	1,22 3	3,24 39,1
32 Manufacturabilidad.	1,3 10,32	27,1 4	35,16	27,26 18	28,24 27,1	28,26 27,1	1,4	27,1 12,24	19,35	15,34 33	32,24 18,16	35,28 34,4	35,23 1,24
33 Conveniencia de uso.	32,40 3,28	29,3 8,25	1,16 25	26,27 13	13,17 1,24	1,13 24		35,34 2,10	2,19 13	28,32 2,24	4,10 27,22	4,28 10,34	12,35
34 Reparabilidad.	11,1 2,9	11,29 28,27	1	4,10	15,1 13	15,1 28,16		15,10 32,2	15,1 32,19	2,35 34,27		32,1 10,25	2,28 10,25
35 Adaptabilidad.	35,3 32,6	13,1 35	2,16	27,2 3,35	6,22 26,1	19,35 29,13		19,1 29	18,15 1	15,10 2,13		35,28	3,35 15
36 Complejidad de un mecanismo.	2,13 28	10,4 28,15		2,17 13	24,17 13	27,2 29,28		20,19 30,34	10,35 13,2	35,10 28,29		6,29	13,3 27,10
37 Complejidad de control.	27,3 15,28	19,29 39,25	25,24 6,35	3,27 35,16	2,24 26	35,38	19,35 16	19,1 16,10	35,3 15,19	1,13 10,24	35,33 27,22	18,28 32,9	3,27 29,18
38 Nivel de automatización.	25,13	6,9		26,2 19	8,32 19	2,32 13		28,2 27	23,28	35,10 18,5	35,33	24,28 35,30	35,13
39 Productividad.	29,28 10,18	35,10 2,18	20,10 16,38	35,21 28,10	26,17 19,1	35,10 38,19	1	35,20 10	28,10 29,35	28,10 35,23	13,15 23		35,38

Característica a mejorar	Resultado Indeseable (Conflicto)												
	27 Confiabilidad.	28 Precisión de mediciones.	29 Precisión de manufactura.	30 Factores perjudiciales actuando en un objeto	31 Efectos secundarios dañinos.	32 Manufacturabilidad.	33 Conveniencia de uso.	34 Reparabilidad.	35 Adaptabilidad.	36 Complejidad de un mecanismo.	37 Complejidad de control.	38 Nivel de automatización.	39 Productividad.
21 Potencia.	19,24 26,31	32,15 2	32,2	19,22 31,2	2,35 18	26,10 34	26,35 10	35,2 10,34	19,17 34	20,19 30,34	19,35 16	28,2 17	28,35 34
22 Desperdicio de energía.	11,10 35	32		21,22 35,2	21,35 2,22		35,22 1	2,19		7,23	35,3 15,23	2	28,10 29,35
23 Desperdicio de sustancia.	10,29 39,35	16,34 31,28	35,10 24,31	33,22 30,40	10,1 34,29	15,34 33	32,28 2,24	2,35 34,27	15,10 2	35,10 28,24	35,18 10,13	35,10 18	28,35 10,23
24 Perdida de información.	10,28 23			22,10 1	10,21 22	32	27,22				35,33	35	13,23 15
25 Desperdicio de tiempo.	10,30 4	24,34 28,32	24,26 28,18	35,18 34	35,22 18,39	35,28 34,4	4,28 10,34	32,1 10	35,28	6,29	18,28 32,10	24,28 35,30	
26 Cantidad de sustancia.	18,3 28,40	13,2 28	33,30	35,33 29,31	3,35 40,39	29,1 35,27	35,29 25,10	2,32 10,25	15,3 29	3,13 27,10	3,27 29,18	8,35	13,29 3,27
27 Confiabilidad.		32,3 11,23	11,32 1	27,35 2,40	35,2 40,26		27,17 40	1,11	13,35 8,24	13,35 1	27,40 28	11,13 27	1,35 29,38
28 Precisión de mediciones.	5,11 1,23			28,24 22,26	3,33 39,10	6,35 25,18	1,13 17,34	1,32 13,11	13,35 2	27,35 10,34	26,24 32,28	28,2 10,34	10,34 28,32
29 Precisión de manufactura.	11,32 1			26,28 10,36	4,17 34,26		1,32 35,23	25,10		26,2 18		26,28 18,23	10,18 32,39
30 Factores perjudiciales actuando en un objeto	27,24 2,40	28,33 23,26	26,28 10,18			24,35 2	2,25 28,39	35,10 2	35,11 22,31	22,19 29,40	22,19 29,40	33,3 34	22,35 13,24
31 Efectos secundarios dañinos.	24,2 40,39	3,33 26	4,17 34,26							19,1 31	2,21 27,1	2	22,35 18,39
32 Manufacturabilidad.		1,35 12,18		24,2			2,5 13,16	35,1 11,9	2,13 15	27,26 1	6,28 11,1	8,28 1	35,1 10,28
33 Conveniencia de uso.	17,27 8,40	25,13 2,34	1,32 35,23	2,25 28,39		2,5 12		12,26 1,32	15,34 1,16	32,26 12,17		1,34 12,3	15,1 28
34 Reparabilidad.	11,10 1,16	10,2 13	25,10	35,10 2,16		1,35 11,10	1,12 26,15		7,1 4,16	35,1 13,11		34,35 7,13	1,32 10
35 Adaptabilidad.	35,13 8,24	35,5 1,10		35,11 32,31		1,13 31	15,34 1,16	1,16 7,4		15,29 37,28	1	27,34 35	35,28 6,37
36 Complejidad de un mecanismo.	13,35 1	2,26 10,34	26,24 32	22,19 29,40	19,1	27,26 1,13	27,9 26,24	1,13	29,15 28,37		15,10 37,28	15,1 24	12,17 28
37 Complejidad de control.	27,40 28,8	26,24 32,28		22,19 29,28	2,21	5,28 11,29	2,5	12,26	1,15	15,10 37,28		34,21	35,18
38 Nivel de automatización.	11,27 32	28,26 10,34	28,26 18,23	2,33	2	1,26 13	1,12 34,3	1,35 13	27,4 1,35	15,24 10	34,27 25		5,12 35,26
39 Productividad.	1,35 10,38	1,10 34,28	18,10 32,1	22,35 13,24	35,22 18,39	35,28 2,24	1,28 7,19	1,32 10,25	1,35 28,37	12,17 28,24	35,18 27,2	5,12	

APÉNDICE B. LOS 40 PRINCIPIOS DE INVENTIVA Y LA TABLA DE CONTRADICCIONES

1. Segmentación

- (a) Divida un objeto en partes independientes
- (b) Seccione un objeto.
- (c) Incremente el grado segmentación de un objeto.

Ejemplo:

- 1) Muebles modulares, componentes de computadoras modulares, regla de madera plegadiza.
- 2) Mangueras de jardín que se unen para dar cualquier largo deseado.

2. Extracción

- (a) Extraer (eliminar o separar) una parte o propiedad "perjudicial" de un objeto.
- (b) Extraer únicamente la parte o propiedad necesaria.

Ejemplo:

- 1) Para espantar pájaros del aeropuerto, se reproduce con una grabadora el sonido que se sabe excita a los pájaros. El sonido se separó de los pájaros.

3. Calidad Local

- (a) Transición de una estructura homogénea de un objeto o medio ambiente externo (acción externa), a una estructura heterogénea.
- (b) Hacer que diferentes partes del objeto lleven a cabo diferentes funciones.
- (c) Colocar cada parte del objeto en las condiciones mas favorables para su funcionamiento.

Ejemplo:

- 1) Para combatir el polvo en las minas de carbón, se aplicó una fina cortina de agua en forma de cono a las partes de trabajo de las maquinas de taladrado y transporte. Entre mas pequeñas sean las gotas, mas efectivas son para combatir el polvo, pero la fina cortina afecta el trabajo. La solución es crear una cortina gruesa alrededor del cono fino.
- 2) Un lápiz y un borrador en una unidad.

4. Asimetría

- (a) Reemplazar una forma simétrica de un objeto con una forma asimétrica.
- (b) Si el objeto ya es asimétrico, incrementar el grado de asimetría.

Ejemplos:

- 1) Una lado de la llanta es mas grueso que el otro para soportar el impacto con las banquetas.
- 2) Al descargar arena mojada a través de un embudo simétrico, ésta se acumula en forma de arco por encima de la abertura, causando un flujo irregular. Un embudo en forma asimétrica elimina completamente el efecto de acumulación.

5. Combinación

- (a) Combine en el espacio objetos homogéneos u objetos destinados a operar en forma contigua.
- (b) Combine en tiempo operaciones homogéneas o contiguas.

Ejemplo:

- 1) El elemento de trabajo de una excavadora rotatoria tiene unas espreas de vapor especiales para descongelar y suavizar la tierra congelada, en una sola operación.

6. Universalidad

- (a) Que el objeto realice múltiples funciones, eliminando así la necesidad de utilizar algunos otros objetos.

Ejemplos:

- 1) Un sofá que es sofá durante el día y se convierte en cama en la noche.
- 2) El asiento de un mini-van que se ajusta para sentare, dormir o llevar una carga.

7. Anidación

- (a) Contener el objeto dentro de otro el cual contiene un tercer objeto.
- (b) Un objeto que pasa a través de la cavidad de otro objeto.

Ejemplos:

- 1) Una antena telescópica.
- 2) Apilar asientos (uno arriba del otro) para guardarlos.
- 3) Lápices mecánicos con minas guardadas en su interior.

8. Contrapeso

- (a) Compensar el peso de un objeto uniéndolo con otro que tenga una fuerza de levantamiento.
- (b) Compensar el peso de un objeto mediante la interacción con un medio que provea fuerzas aerodinámicas o hidrodinámicas.

Ejemplo:

- 1) Un bote con hidrofoils.
- 2) Un ala trasera en los carros de carreras para incrementar la presión del carro al suelo.

9. Acción contraria previa

- (a) Si se necesita llevar a cabo una acción, considere ejecutar una acción contraria por adelantado.
- (b) Si el problema especifica que el objeto debe tener una tensión, provea una contratensión por adelantado.

Ejemplos:

- 1) Columna o piso de concreto reforzado.
- 2) Flecha reforzada- para hacer mas fuerte una flecha, esta se construye de varios tubos que se tuercen previamente a un ángulo calculado.

10. Acción previa

- (a) Lleve a cavo la acción requerida con anticipación totalmente, o al menos en parte.
- (b) Ordene los objetos de tal manera que puedan entrar en acción sin perdidas de tiempo esperando la acción (y de la posición mas conveniente).

Ejemplos:

- 1) Navaja hecha con muescas para permitir que se rompa la punta de la navaja, restaurando el filo.
- 2) El pegamento plástico en una botella es difícil de aplicar uniformemente y con limpieza. En cambio, se puede usar una cinta para que su aplicación sea mas fácil.

11. Amortiguamiento anticipado

- (a) Compensar la relativamente baja confiabilidad de un objeto por medio de contramedidas tomadas con anterioridad.

Ejemplo:

- 1) Para prevenir un robo el propietario de una tienda fija una marca especial conteniendo una placa magnetizada. Para que el consumidor pueda llevarse la mercancía, la placa es desmagnetizada por el cajero.

12. Equipotencialidad

- (a) Cambiar las condiciones de trabajo para que un objeto no necesite ser levantado o bajado.

Ejemplo:

- 1) El aceite de un motor de automóvil es cambiado por los trabajadores desde un pozo (de esta manera no se necesita equipo costoso para levantar el auto).

13. Inversión

- (a) En lugar de una acción dictada por las especificaciones del problema, implementar una acción opuesta.
- (b) Haga inmóvil una parte movable del objeto o el ambiente exterior, y la parte inmóvil hágala movable.
- (c) Voltee el objeto de manera que la parte de arriba quede hacia abajo.

Ejemplo:

- 1) Limpiar partes que se limpian abrasivamente por medio de vibración.

14. Esferoidicidad

- (a) Reemplace partes lineales o superficies planas con otras curvadas, formas cúbicas con formas esféricas.
- (b) Use espirales, pelotas, rodillos.
- (c) Reemplace un movimiento lineal con uno rotatorio, utilice una fuerza centrífuga.

Ejemplo:

- 1) Los ratones de computadora utilizan bolas de goma para transferir movimiento lineal de dos ejes a un vector.

15. Dinamicidad

- (a) Haga que las características de un objeto, o el ambiente externo, se ajusten automáticamente para el desempeño óptimo en cada estación de operación.
- (b) Divida un objeto en elementos que puedan cambiar de posición relativa entre sí.
- (c) Si un objeto es inamovible, hágalo movable o intercambiable.

Ejemplo:

- 1) Una luz parpadeante con un arbotante flexible entre el cuerpo y la cabeza de la lámpara.
- 2) Una vasija transportadora con el cuerpo de forma cilíndrica. Para reducir el ángulo de la vasija bajo la carga completa del cuerpo, puede hacerse que conste de dos partes de forma semicilíndrica y articuladas con pernos para que puedan ser abiertas.

16. Acción parcial ó sobrepasada

- (a) Si es difícil obtener un 100% del efecto deseado, ejecute algo de más o algo menos para simplificar el problema.

Ejemplo:

- 1) Un cilindro se pinta sumergiéndolo en la pintura, pero le queda más pintura que la deseada. El exceso de pintura puede ser removido rotando rápidamente el cilindro.
- 2) Para obtener un descarga uniforme de polvo metálico de un depósito, la tolva tiene un embudo interno especial que continuamente se llena de más para proveer una presión casi constante.

17. Moviéndose a una nueva dimensión

- (a) Elimine los problemas para mover un objeto sobre una línea mediante movimientos en dos dimensiones (a lo largo de un plano). Similarmente, los problemas para mover un objeto en un plano desaparecen si el objeto puede ser cambiado para permitir un espacio tridimensional.
- (b) Use un ensamble de objetos en capas múltiples en lugar de una simple capa.
- (c) Incline el objeto o voltéelo a "su posición" más propia.
- (d) Projete imágenes en áreas cercanas o en el anverso del objeto.

Ejemplo:

- 1) Un invernadero que tiene un reflector cóncavo en la parte del norte de la casa, para mejorar la iluminación de esa parte de la casa reflejando la luz del día.

18. Vibración mecánica:

- (a) Ponga un objeto a oscilar.
- (b) Si la oscilación existe, incremente su frecuencia, aun hasta la ultrasónica
- (c) Use la frecuencia de resonancia.
- (d) En lugar de vibraciones mecánicas, use piezovibradores.
- (e) Use vibraciones ultrasónicas en conjunción con un campo electromagnético.

Ejemplo:

- 1) Hacer vibrar un molde de fundición mientras es llenado mejora el flujo y las propiedades estructurales.

19. Acción periódica

- (a) Reemplace una acción continua con una periódica, o un impulso.
- (b) Si una acción es periódica, cambie su frecuencia.
- (c) Use pausas entre impulsos para dar acción adicional.

Ejemplo:

- 1) Una llave de tuercas de impacto libera tuercas corroídas usando impulsos en lugar de fuerza continua.
- 2) Una lámpara de advertencia destella porque de esta forma es más notable que si alumbrara continuamente.

20. Continuidad de una acción útil

- (a) Realice una acción sin descanso - todas las partes de un objeto deben ser operadas constantemente a su total capacidad.
- (b) Elimine tiempos ociosos y movimientos intermedios.

Ejemplo:

- 1) Un taladro con orillas cortantes que permita procesos de corte hacia adelante y en reversa

21. Despachar rápidamente

- (a) Ejecute operaciones peligrosas a muy alta velocidad.

Ejemplo:

- 1) Un cortador para tubos plásticos de pared delgada previene la deformación del tubo durante el corte si se hace a muy alta velocidad (cortar antes de que el tubo tenga oportunidad de deformarse)

22. Convertir algo malo en un beneficio

- (a) Utilice factores o efectos dañinos de un ambiente para obtener efectos positivos.
- (b) Remueva un factor dañino agregándolo a otro factor peligroso.
- (c) Incremente la cantidad de acciones peligrosas hasta que dejen de serlo.

Ejemplo:

- 1) La arena o la grava se congelan cuando se transportan a través de climas fríos. El sobrecongelamiento (usando nitrógeno líquido) fragiliza el hielo, permitiendo que fluya.

- 2) Cuando se usa corriente de alta frecuencia para calentar metales, solo la capa exterior se calienta. Este efecto negativo fue usado después para tratamientos térmicos superficiales

23. Retroalimentación

- (a) Introduzca retroalimentación.
- (b) Si ya existe retroalimentación, revíertala.

Ejemplo:

- 1) La presión del agua de un pozo se puede mantener si se monitorea la presión de salida, y encendiendo una bomba si la presión es muy baja.
- 2) Los dispositivos que cancelan ruidos muestrean señales de ruido, las cambian de fase y las alimentan de nuevo para cancelar el efecto de la fuente de ruido.

24. Mediador

- (a) Use un objeto intermediario para transferir o llevar a cabo una acción.
- (b) Conecte temporalmente un objeto a otro que sea fácil de remover.

Ejemplo:

- 1) Para reducir pérdidas de energía cuando se aplica corriente a un metal líquido, se usan electrodos enfriados y metal líquido intermedio con una temperatura de fusión más baja.

25. Autoservicio

- (a) Haga que el objeto tenga su propio servicio y ejecute operaciones de reparación suplementarias.
- (b) Haga uso de desperdicios de material y energía.

Ejemplo:

- 1) Para distribuir un material abrasivo aun en la superficie de las roladoras y para prevenir que avance el desgaste, haga su superficie del mismo material abrasivo.
- 2) En una pistola de soldadura eléctrica, la barra avanza por medio de un dispositivo especial. Para simplificar el sistema, la barra avanza gracias a un solenoide controlado por la corriente de la soldadura..

26. Copiado

- (a) Use una copia simple y poco costosa en lugar de un objeto que es complejo, costoso, frágil o inconveniente de operar.
- (b) Reemplace un objeto o un sistema de objetos por una copia óptica, una imagen óptica. Una escala puede ser usada para reducir o alargar la imagen.
- (c) Si se usan copias ópticas visibles, reemplácelas con copias infrarrojas o ultravioletas.

Ejemplo:

- 1) La altura total de objetos altos puede determinarse midiendo sus sombras

27. Objeto barato de vida corta en vez de uno caro y durable

- (a) Reemplace un objeto costoso por una colección de algunos poco costosos, comprometiendo otras propiedades (longevidad, por ejemplo).

Ejemplo:

- 1) Pañales desechables.
- 2) Una sencilla ratonera consistente en un tubo de plástico con un cebo. El ratón entra en la trampa por un cono abierto; las paredes de la entrada tienen un ángulo y no permiten salir al ratón.

28. Reemplazo de sistemas mecánicos

- (a) Reemplace el sistema mecánico por uno óptico, acústico u odorífero.
- (b) Use un campo electromagnético, eléctrico o magnético para una interacción con el objeto.
- (c) Reemplace campos:
- 1) Estacionarios con campos movibles.
 - 2) Fijos con algunos que cambien en el tiempo.
 - 3) De los aleatorios a los estructurados.
- (d) Use un campo en conjunción con partículas ferromagnéticas.

Ejemplo:

- 1) Para incrementar la unión de metal con material termoplástico, el proceso se realiza dentro de un campo electromagnético para aplicar fuerza al metal.

29. Uso de una construcción neumática o hidráulica

- (a) Reemplace las partes sólidas de un objeto por gas o líquido - estas partes pueden usar aire o agua para inflarse o utilizar cojinetes hidrostáticos.

Ejemplo:

- 1) Para incrementar la succión de una chimenea industrial se instala un tubo espiral con boquillas. Cuando el aire comienza a fluir a través de las boquillas, se crea una pared de aire, reduciendo la resistencia al avance.
- 2) Para embarcar productos frágiles se usan empaques con burbujas de aire o materiales espumosos.

30. Película flexible o membranas delgadas

- (a) Reemplace las construcciones habituales con membranas flexibles y películas delgadas.
- (b) Aísle un objeto del ambiente externo con películas delgadas o membranas finas.

Ejemplo:

- 1) Para prevenir la pérdida de agua que se evapora de las hojas de las plantas, se aplica polietileno en spray. Después de un tiempo el polietileno se endurece y la planta crece mejorada porque la película de polietileno deja pasar el oxígeno más que al vapor de agua.

31. Uso de material poroso

- (a) Haga un objeto poroso o use elementos porosos adicionales (insertos, cubiertas, etc.).
- (b) Si un objeto ya es poroso llene sus poros con alguna sustancia.

Ejemplo:

- 1) Para evitar el bombeo de refrigerante a una máquina, algunas de las partes de la máquina se llenan con material poroso (acero poroso en polvo) empapado en líquido refrigerante el cual se evapora mientras la máquina está trabajando, brindando así enfriamiento uniforme.

32. Cambio de color

- (a) Cambie el color de un objeto o sus alrededores.
- (b) Cambie el grado de translucidez de un objeto o sus alrededores.
- (c) Use aditivos coloreados para observar objetos o procesos que son difíciles de ver.
- (d) Si tales aditivos ya son usados, emplee trazadores luminiscentes o elementos trazadores.

Ejemplo:

- 1) Un vendaje transparente que permita inspeccionar una herida sin quitar las vestiduras
- 2) En una fábrica de acero se diseñó una cortina de agua para proteger a los obreros del sobrecalentamiento. Pero esta cortina solo protege de los rayos infrarrojos, así que la luz brillante del acero fundido pasa fácilmente a través de la cortina. Un colorante fue agregado al agua para crear un efecto filtrante mientras permanece transparente.

33. Homogeneidad

- (a) Haga que los objetos interactúen con un objeto primario hecho del mismo material o algún material similar en comportamiento.

Ejemplo:

- 1) La superficie de un alimentador de granos abrasivos está hecho del mismo material que pasa por el alimentador - permitiendo que tenga una restauración continua de la superficie sin que se desgaste.

34. Restauración y regeneración de partes

- (a) Rechazar o modificar un elemento de un objeto después de que complete su función o se hace inútil, (descartar, disolver o evaporar).
- (b) Restaurar completamente cualquier parte usada de un objeto.

Ejemplo:

- 1) Los casquillos de las balas se expulsan después del disparo
- 2) El cohete impulsor se separa después de cumplir su función..

35. Transformación de los estados físicos y químicos de un objeto

- (a) Cambiar un estado de un objeto, concentración de densidad, grado de flexibilidad, temperatura.

Ejemplo:

- 1) En un sistema para materiales frágiles y desmenuzables, la superficie del tornillo espiral de alimentación está hecho de un material elástico con dos resortes espirales. Para controlar el proceso la inclinación del tornillo puede ser cambiada remotamente.

36. Transición de fase

- (a) Implemente un efecto desarrollado durante el cambio de fase de una sustancia. Por ejemplo, durante el cambio de volumen, durante la liberación o absorción de calor.

Ejemplo:

- 1) Para controlar la expansión de tubos con costillas, éstos se llenan con agua y se enfrían a temperatura de congelación

37. Expansión térmica

- (a) Use la expansión o contracción de un material por calor.
- (b) Use varios materiales con diferentes coeficientes de expansión térmica.

Ejemplo:

- 1) Para controlar la abertura de las ventanas del techo de un invernadero, se conectan láminas bimetálicas a las ventanas. Con un cambio de temperatura, las láminas se flexionan y hacen que las ventanas se cierren o se abran.

38. Uso de oxidantes fuertes

- (a) Reemplace aire normal con aire enriquecido.
- (b) Reemplace aire enriquecido con oxígeno.
- (c) Trate al aire o al oxígeno con radiaciones ionizantes.
- (d) Use oxígeno ionizado.

Ejemplo:

- 1) Para obtener más calor de una antorcha, se alimenta oxígeno a la antorcha en lugar de aire atmosférico

39. Medio ambiente inerte

- (a) Reemplace el ambiente normal con uno inerte.
- (b) Lleve a cabo el proceso en el vacío.

Ejemplo:

- 1) Para prevenir que el algodón se incendie en una bodega, se trata con gas inerte durante la transportación al área de almacén.

40. Materiales compuestos

- (a) Reemplace materiales homogéneos con materiales compuestos

Ejemplo:

- 1) Las alas de aviones militares se hacen de materiales compuestos y fibras de carbono para tener una alta resistencia y un bajo peso.

APÉNDICE C. LAS 76 SOLUCIONES ESTÁNDAR (Tomado de [Terninko, 1998])

According to Gasanov et al, the 76 standard solutions are useful for level three inventive problems. Level 3 inventions, significantly improve existing systems in 18% of the patents. An inventive contradiction is resolved within the existing system, often through the introduction of some entirely new element. This type of solution may require several hundred ideas, tested by trial and error. Examples include replacing the standard transmission of a car with an automatic transmission, or placing a clutch drive on an electric drill. These inventions usually involve technology integral to other industries but not widely known within the industry of the inventive problem. The resulting solution causes a paradigm shift within the industry. A Level 3 innovation lies outside an industry's range of accepted ideas and principles. Su-field analysis is appropriate for these problems and is the subject of this monograph.

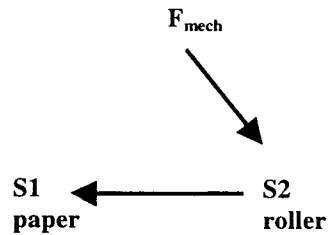
The Standard Solution began as a concept in 1975 and stopped with 76 under Altshuller direction in 1985. The five groups are:

1. Building and improving	with 13 standard solutions
2. Improving	with 23 standard solutions
3. Super systems and micro-systems	with 6 standard solutions
4. Detection and measurement	with 17 standard solutions
5. Strategies for improvement	<u>with 17 standard solutions</u>
Total	76 standard solutions

Standard solutions reflect the patterns of evolution and solution.

These models are used to describe and understand the zone of the conflict. The zone of conflict is the place where the conflict is occurring and identifies the elements in the conflict. For example, if a duplicating machine is having failures we typically select the number or fraction of failures as the performance metric. Conducting designed experiments would not be productive. In this case conflicting directions are the result of two types of failures, multi feeds and miss feeds. There is an operating window for the pressure on the feed mechanism. The robust design approach would look at maximizing the pressure until a multi-feed occurs and minimize the pressure until miss-feed occurs. Thus, the operating window is maximized

The TRIZ approach would be to look for innovative concepts for improving the technical system. The point of performance is the roller bearing down on the stack of paper. The components for the model are the roller, paper and the mechanical force upon the roller. The roller can be called the tool (**S2**) and the paper is the object acted upon (**S1**). A mechanical energy Field (F_{mech}) is used to move the paper. The relationship between Field, tool and object for a successful system is depicted by:



S2 can be considered a function (verb and noun) **S2** becomes the noun and **F** becomes the verb. Su-field analysis is used to describe only **one** function. This one function is the most important, and ignores the others, in the context of the analysis. The model describes a useful or a harmful outcome related to the interaction of **S2** upon **S1** the product.

By looking at the structure of many models it was found that the same generic solutions were used to improve the system. These generic or standard solutions represent transformations of the problem description model to the resolution of an inventive problem by means of high level solutions. The 76 standard solutions have been validated by investigating good inventions.

During the creation of the Su-field models and the application of the 76 standard solutions, the practitioner should keep the 40 principles, separations principles and effects in mind. Of particular importance in the model should represent the zone of importance, that is, the important connections in the system. This means in complex systems there will be several models necessary to describe the complete system. However, there is only one which is most appropriate to be improved. This is the philosophy in ARIZ but it should be used at this time.

Eventually there will be an example for each standard solution but that is not the case at this time. If you think of one which is particularly interesting and is understandable to a wide audience please share it with me via e-mail: john@terninko.com

Some of the standard solutions are preceded by a + or - indicating the presence of useful and/or harmful results. + is for useful but not adequate and + is satisfactory. Then follows a description of the system constraints and the standard solutions that may be used.

Group 1. Modifying a system in order to have a desired outcome or to eliminate an undesired outcome. This group includes the necessary solutions for completing an incomplete model.

- 1.1. Improving the performance an inadequate system (dotted line to solid)
 - 1.1.1. Complete an incomplete model

The fundamental components are two elements and an energy source. If the model of the problem under consideration does not have this structure, add the appropriate components.

If the system has only a hammer nothing will happen. Also nothing will happen if there is only a hammer and nail until there is some mechanical field associated with the hammer.

There must be two elements (tool and object) and a field.

- 1.1.2. + System cannot be changed but a permanent/temporary additive is acceptable.

Internal additive applied to either **S1** or **S2**.

A solid plug in a pressure line slips out. Adding "air" to a solid plug makes the plug hollow, the greater the pressure the greater the gripping force.

AC 186 816 Modified from Invention Machine Corp. software Tech-Optimizer.

- 1.1.3. + System cannot be changed but a permanent/temporary additive is acceptable.

External additive applied to **S1** or **S2**.

Add something outside to **S2** or **S1** -> **S2,S3** and **S1,S3** respectively. When connecting gas pipes it is necessary to check the quality of the connections. **S1** is the fitting (connection), **S2** is the gas and the field is the pressure. Soap suds are placed on the fitting resulting in **S1,S3**. As the pressure applied bubbles will appear and indicate the location if a leak is present.

A system with snow (**S1**) and skis (**S2**) can be improved by adding wax (**S3**) to the skis.

- 1.1.4. + System cannot be changed but a permanent/temporary additive is acceptable.

Place the system in the Normal Environment to use the resources of the environment.

A channel market buoy rocks too much in the traveling seas. Sea water can be used as ballast.

- 1.1.5. + System cannot be changed but a permanent/temporary additive is acceptable.

Environment with Additives.

An alternative for checking for gas leaks in 1.1.3 is to have the system operate in a smoke filled environment facilitating seeing the gas leak as a trace of smoke.

- 1.1.6. + Precise control of small amounts is difficult to achieve.
Control of small quantities by applying and removing a surplus.

Exceed the requirements and remove the excess. This is commonly done with coatings by applying a surplus and removing by centrifugal force.

Dipping a handle in paint and allowing gravity to remove the excess paint.

- 1.1.7. + A moderate field can be applied which is insufficient for the desired effect, a greater field will damage the system. Higher values applied to another element which can be linked to the original.

At times a substance can not take the full action directly but can have the effect by string linkage to another substance.

One way to stretch the iron rods for pre-stressed concrete is to heat the rods until they lengthen to the desired length. Then the rods are held in position and allowed to cool before the concrete is poured. In some applications cable is used. Cable can not withstand the temperatures required for the expansion. Rods are connected to the cables and heated. The rods/cables system is made secure. When the rod shrinks the cable is under the proper tension.

I would like to replace this example. Any ideas.

- 1.1.8. Local Large and Small Effects Required

The smaller effects can be protected by a substance.

The classic example is the sealing of the ampoules by having a flame at the top and the remainder submerged in a liquid.

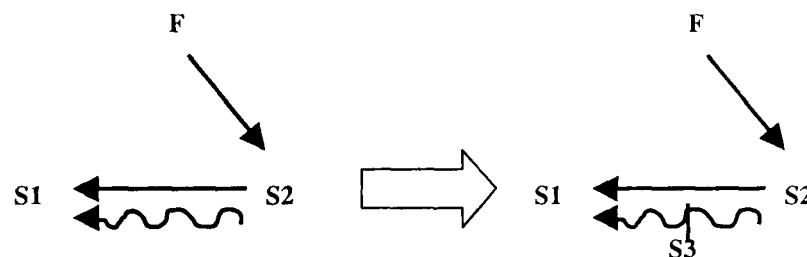
Using heat sinks during soldering to protect elements which could be damaged by high heat.

- 1.2. Eliminating or Neutralizing Harmful Effects - or -

- 1.2.1. + and - Useful and Harmful effects exist in the current design. It is not necessary **S1** and **S2** to be in direct contact.

Eliminating Harmful Link by Introducing **S3**.

The hands of the doctor are used to assist in the birth of a child. Wearing stile gloves eliminates germs.



A house jack will damage the main carrying timber but a steel plate between will distribute the load..

- 1.2.2. + and - Useful and Harmful effects exist in the current design. It is not necessary for **S1** and **S2** to be in direct contact. but outside elements cannot be introduced.

Eliminate Harm by Modifying **S1** and/or **S2**, often "nothing" is introduced in the form of air space, bubbles, foam, nothingness, etc.

Cavitation is a serious problem for hydro-foil boats. The hull of a ship can be refrigerated to cause ice to form a protective layer. Every time a small cavity is formed it is filled by ice thus eliminating cavitation.

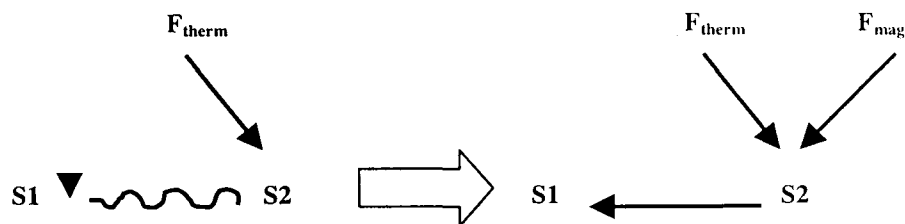
- 1.2.3. - Harmful effect caused by a field.
Have a third element receive the negative effect.

Swimming pools may be damaged during cold weather by the water freezing. Before the arrival of cold weather, soft containers, such as truck tubes, are placed in the water to absorb the expansion forces of ice.

- 1.2.4. + and - Useful and Harmful effects exist is a system in which the elements **S1** and **S2** must be in contact.

Counteract the Harmful Effect of **F1** by having **F2** neutralize the harmful effect or gain an additional useful effect.

A motor causes noise. An acoustical field **F2** is used to mask the sound or cancel the sound by generating a field !80 degrees out of phase.



- 1.2.5. - A harmful effect may exist because of magnetic properties of an element in a system.

Switch the Magnetic Links Off by means of an impact, heating beyond the Curie point of the element or having a counter magnetic field.

The energy required to operate a magnetic crane for moving materials is directly related to the time material is being carried. The energy can be reduced by having a permanent magnet hold the load. The power is needed only to release the load by activating a counter electromagnet. An free added safety effect has the load suspended even during a power failure. *Modified from Ideation International, Inc. software IWB*

Group 2. Improving an existing Su-field System

2.1. Performance of the system can be increased by adding complexity to the model. This means a chained or dual model.

2.1.1. + Convert the single model to a chained model by having **S2** with **F1** applied to **S3** which in turn applies **F2** to **S1**. The transition sound more complicated than actual. The sequence of two models can be independently controlled, creating a Chain Su-field Model.

The earlier hammer and rock can be improved by placing a chisel between the hammer and rock. The mechanical field of the hammer is transferred to the chisel which then transfers the mechanical field to the rock.

2.1.2. + A poorly controlled system needs to be improved but changes to the existing system are not allowed. A second field can be applied to **S2**.
Double Su-field Model

In the electrolytic process for producing pure copper, a small amount of electrolyte remains in surface pores. During storage, the electrolyte evaporates and creates oxide spots. These spots result in a significant financial loss because of the defective appearance of the sheets. To reduce these losses, the sheets are washed before being placed in storage, but it is still difficult to remove all the electrolyte because of the small size of the pores. How can the washing process be improved?

Electrolyte = **S1**

Water = **S2**

Mechanical process of washing = **F_{Me}**

The additional field could be thermal (heat the water), vibratory (ultrasound), chemical (adding surfactants).

2.2. Improving the performance of the existing Su-field Model.

2.2.1. Replace or add to the poorly controlled field with a more easily controlled field. Going from a gravitational field to a mechanical provides more control as do going from mechanical to electrical or mechanical to magnetic.

Hydraulic control systems are being replaced by electrical.

2.2.2. Change **S2** from a micro level to a micro level, i.e., instead of a rock consider particles. This standard is actually the pattern of evolution from a Macro to Micro-level.

Designing support systems to distribute a weight over irregular surfaces is difficult. A liquid filled bladder will distribute the load uniformly.

2.2.3. Change **S2** to a porous or capillary material which will allow gas or liquid to pass through.

Lubrication of gears with oil channels does not distribute the oil uniformly. A porous dispenser can be used.

Removing solder from circuits is difficult. A soldering iron tip of capillary/porous material (sintered metal powder). Surface tension draws the solder up the tip. AC 404 517 Adapted from Invention Machine Corp's TechOptimizer

2.2.4. Making the system more flexible or adaptable. Becoming more dynamic is another pattern of evolution.

The common transition is from a solid to a hinged to living hinges.

Either Standard transmissions or automatic transmission have a finite number of gear ratios. A fluid system was an infinite number of gear ratios.

2.2.5. Changing a unified field or uncontrolled field to a non-uniform field with a predetermined spatial structure which may be permanent or temporary.

Standing waves are used to position liquids or as discussed in class move a ship through a lock (or so some said).

2.2.6. Changing a unified substance or uncontrolled substance to a non-uniform substance with a predetermined spatial structure which may be permanent or temporary.

Intricate pathways are possible by building a material around silk threads which are later burned away.

2.3. Controlling the frequency to match or mismatch the frequency is used to improve the performance. i.e., A screw can be removed by having it vibrate at the resonant frequency of the material in which the screw is lodged. Or the famous stories of opera singers shattering crystal when they reach the resonant frequency of the crystal.

2.3.1. Matching or mismatching the frequency of **F** and **S1** or **S2**.

One way to reduce the stage temperature during filming is for the lights to only be on when the frame is being exposed.

2.3.2. Matching or mismatching the frequency of **F1** and **F2**

Machine vibrations can be eliminated by generating the frequency 180 degrees out of phase.

2.3.3. Two Incompatible or Independent Actions can be accomplished by running each during the down time of the other.

Taking a motion picture of a welding process during welding is not feasible, unless the welding is pulsed and the pictures are taken during the pauses.

2.4. Integrating ferromagnetic material and magnetic fields is an effective way to improve the performance of a system. The modeling of these systems are called Fe-fields. The effectiveness increases inversely to the size of the magnetic particles. The coarsest is the solid which is least effective, followed by granules, powder and finely dispersed particles. The effectiveness is further improved inversely with the media in which the ferromagnetic particles are placed. They can be placed in solids, granules, powder and liquid.

2.4.1. Adding ferromagnetic material and or a magnetic field to the system.

The rigidity of a rubber mold can be controlled by adding ferromagnetic material and then applying magnetic field.

2.4.2. The transition to Fe-fields can be considered a combination of 2.2.1 (going to more controlled fields) and 2.4.1 (using ferromagnetic materials and magnetic fields)

A movable gate can be used to control the flow of a liquid through an opening.

The gate is replaced by magnetic particles and a magnetic field for finer control.

Traction of ice train tracks can be improved but the sand is only used once. By placing magnetized ferromagnetic material before a wheel and then demagnetizing after rolling the particles can be vacuumed and reused.

2.4.3. Magnetic liquids are a special case of 2.4.2. Magnetic liquids are colloidal ferromagnetic particles suspended in kerosene, silicon or water.

The material that follows is an unexplained list which is an adoption from several sources, Ideation Internationals "Golden Age of TRIZ \$400 and Gasanov et al. "Birth of an Invention" in Russian plus many conversations.

- 2.4.4. Capillary Structures in Fe-field
- 2.4.5. Combined Fe-field
- 2.4.6. Ferro-field using the Environment
- 2.4.7. Natural Phenomena
- 2.4.8. Dynamic Fe-field
- 2.4.9. Restructured Fe-field
- 2.4.10. Matching the frequencies
- 2.4.11. Electro-field
- 2.4.12. Reological Liquids

Group 3. Transition to the Super-System and to the Micro-Level is another of the patterns of evolution.

- 3.1. Transition to Bi- and Poly-Systems
 - 3.1.1. Combining systems to create Bi- and Poly-Systems
 - 3.1.2. Homogeneous Bi- and Poly-Systems
 - 3.1.3. Heterogeneous Bi and Poly-Systems
 - 3.1.4. Bi- and Poly-System become higher level Mono systems
 - 3.1.5. Separating Opposite Features of the Whole and Parts
- 3.2. Transition to the Micro-Level
 - 3.2.1. Transition to the Micro-Level

Group 4. Detection and Measurement .

Detection and Measurement is typically for control. Detection is binary and measurement has some level of precision +/- 0.xx mm. The best solution has automatic control without detection/measurement by taking advantage of effects.

- 4.1. Indirect Methods
 - 4.1.1. Modify System to eliminate the need to Detect or Measure
Self regulation of heating systems is possible by using a switch activated by a magnetic with the desired Curie point.
 - 4.1.2. Measure a Copy if 4.1.1 cannot be used
The shadow of a hot casting can be measured.

The shadow of a tree can be measured and the tree height can be determined by the proportional relationship between the tree shadow and the shadow of a known height.

Satellite pictures are used to measure land features.
 - 4.1.3. Two Consecutive Measurements if 4.1.1 and 4.1.2 cannot be used. When wear or movement of material is to be recorded it is important to know when precision thresholds are reached. Thus, the need for two measurements, where it was before and has it changed and by how much.

Automobile tires have bridges between tread which represent the minimum tread depth for safe driving. The safety inspector need only slowly spin the tire to see if any of the bridges are even with the tread. If any of the tread has

worn down to the bridge the tire fails the inspection. It would be easy to have bridges of different height and different colors to have a quick gauge of current tread depth.

A variation is to bury different color floats in a stream bed to determine erosion.

A different color for each 4 cm interval.

4.2. Creating a Measurement System with a Field as an output. Some elements or fields must be added to the existing system resulting in a field as an output.

4.2.1. If a non Su-field system cannot be measured a single or double Su-field system with a field as an output is created.

'Measuring' Su-field Model

4.2.2. Measure an introduced additive

4.2.3. Measure by means of external environment

4.2.4. Measure by means of additives in the environment

4.3. Enlarging the performance with a transformation

4.3.1. Use Natural Effects

4.3.2. Measure Resonant frequency of object

4.3.3. Measure Resonant frequency of joined object

4.4. Measure Fe-field

4.4.1. Measure created Fe-field

4.4.2. Measure existing Fe-field

4.4.3. Measure complex Fe-field

4.4.4. Measuring the ferro-environment instead

4.4.5. Use Natural Phenomena

4.5. Evolution of the Measuring Systems

4.5.1. Transition to the Bi- and Poly-Systems

4.5.2. Evolution of Measurement

Group 5. Standards for applying standard solutions

5.1. Introduce substances

5.1.1. Indirect Ways

5.1.2. Divide the elements into smaller units

5.1.3. Self-elimination of introduced substance

5.1.4. How to simulate the introduction of more than is acceptable

5.2. Introducing the fields

5.2.1. Multi-functional fields

5.2.2. Fields introduced into the environment instead

5.2.3. Use a substances to create a field

5.3. Phase Transitions

5.3.1. Phase change

5.3.2. Dual phase state

5.3.3. Use the accompanying effects

5.3.4. Using phases two-phases

- 5.3.1. Phase change
- 5.3.2. Dual phase state
- 5.3.3. Use the accompanying effects
- 5.3.4. Using phases two-phases
- 5.3.5. Synergy between phases
- 5.4. Improving the use of natural effects
 - 5.4.1. Self-controlled changes
 - 5.4.2. One time result magnification
- 5.5. Getting needed ions, molecules etc. (particles)
 - 5.5.1. Particles by decomposition
 - 5.5.2. Particles by joining
 - 5.5.3. Using 5.5.1 and 5.5.2

ANEXOS

ANEXO 1. PATENTE No. 5,427,568: MÉTODO Y APARATO PARA DESESPINAR NOPAL



US005427568A

United States Patent [19]

[11] **Patent Number:** **5,427,568**

Mueller

[45] **Date of Patent:** **Jun. 27, 1995**

[54] **METHOD AND APPARATUS FOR DESPINING CACTUS**

[75] **Inventor:** Dennis M. Mueller, Wellington, Colo.

[73] **Assignee:** The United States of America as represented by the Secretary of Agriculture, Washington, D.C.

[21] **Appl. No.:** 318,945

[22] **Filed:** Oct. 6, 1994

Related U.S. Application Data

[62] Division of Ser. No. 199,436, Feb. 22, 1994.

[51] **Int. Cl.⁶** A22C 17/00

[52] **U.S. Cl.** 452/198; 452/135

[58] **Field of Search** 452/198, 99, 138, 135

[56] **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

3,396,768 8/1968 Kurihara 452/138

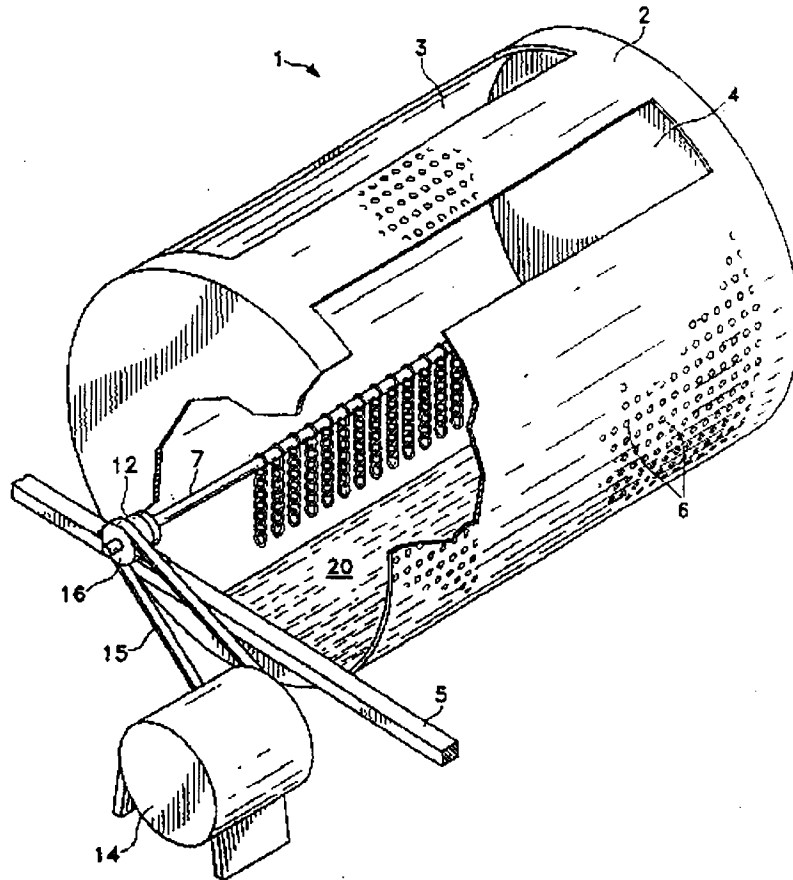
3,829,931	8/1974	Suerbaum	.....	452/138
4,485,526	12/1984	Opanasenko	.....	452/99
4,637,094	1/1987	Matsubayashi	.....	452/138
4,839,942	6/1989	Damp	.....	459/99
4,875,255	10/1989	Kent	.....	452/99
4,899,890	2/1990	Ewing et al.	.....	452/138

Primary Examiner—Willis Little
Attorney, Agent, or Firm—M. Howard Silverstein; John D. Fado

[57] **ABSTRACT**

Spiny pads are centrifugally propelled in a spiralling-outward pathway by means of a plurality of fingers that swing around a cylindrical chamber from a concentric shaft. The interior surface of the chamber is partially lined with spine shearers such as a rasp, so that the pads scrape against the rasp and thereby are despined. Spine pieces leave the chamber through small perforations in the chamber wall.

2 Claims, 4 Drawing Sheets



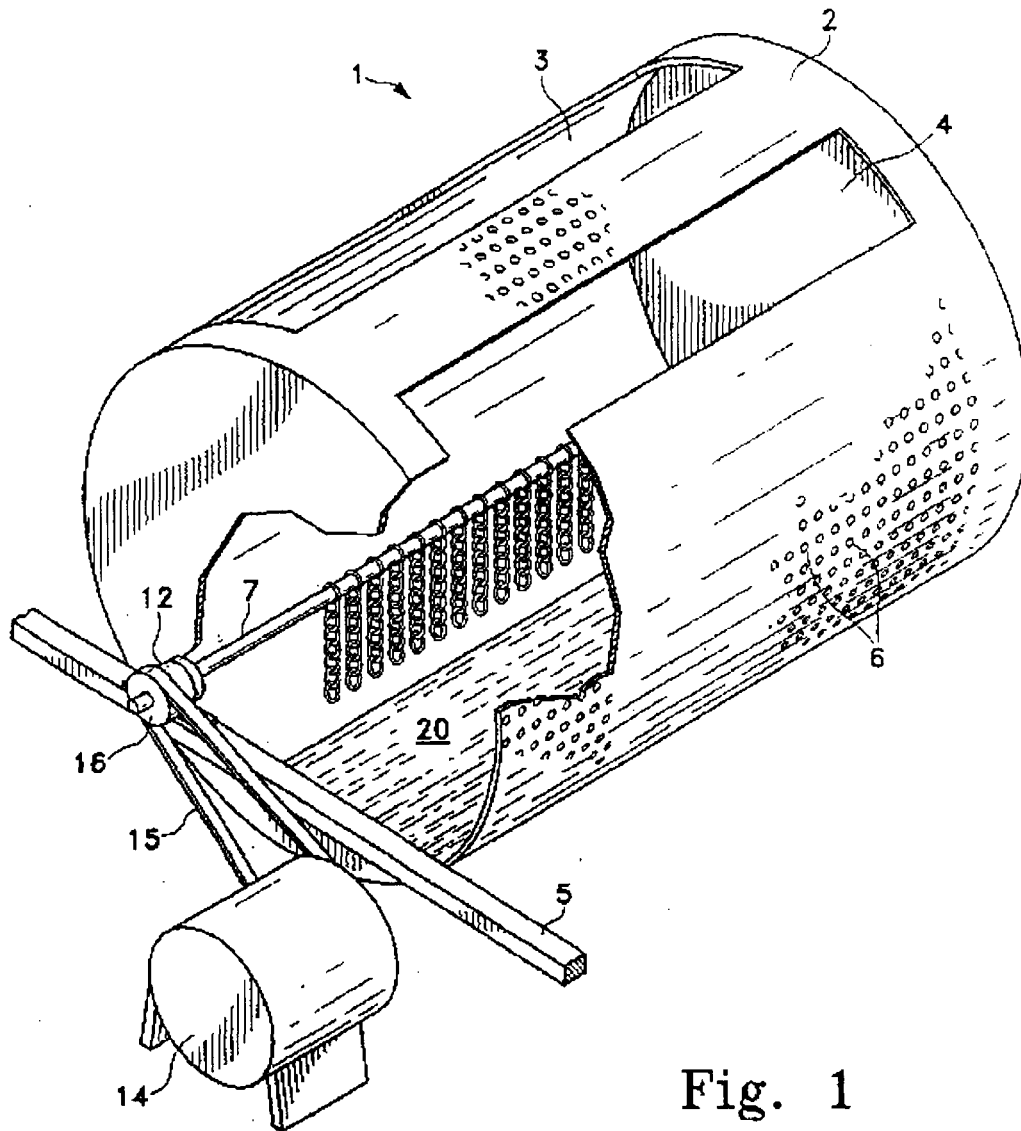


Fig. 1

ANEXO 2. PATENTE No. 5,196,036: APARATO PARA REMOVER ESPINAS DE PENCAS DE NOPAL Y SIMILARES



US005196036A

United States Patent [19]
Lamas

[11] **Patent Number:** 5,196,036
 [45] **Date of Patent:** Mar. 23, 1993

[54] **DE-THORNING APPARATUS FOR REMOVING THORNS FORM THE NOPAL CACTUS PETALS AND THE LIKE**

[75] **Inventor:** Leonardo R. Lamas, Tucson, Ariz.

[73] **Assignee:** Victor Flores, Tucson, Ariz.

[21] **Appl. No.:** 706,163

[22] **Filed:** May 28, 1991

[51] **Int. Cl.:** A01G 3/02

[52] **U.S. Cl.:** 47/1.01

[58] **Field of Search:** 47/1.01

[56] **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

1,855,104	4/1932	Edgin	47/1.01
2,167,337	7/1939	DeMeester	47/1.01
2,646,621	7/1953	Catanese	47/1.01
2,806,325	9/1957	Fox	47/1.01
5,062,210	11/1991	Arroyo, Jr.	47/1.01

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

198967	8/1907	Fed. Rep. of Germany	47/1.01
--------	--------	----------------------	---------

Primary Examiner—David A. Scherbel

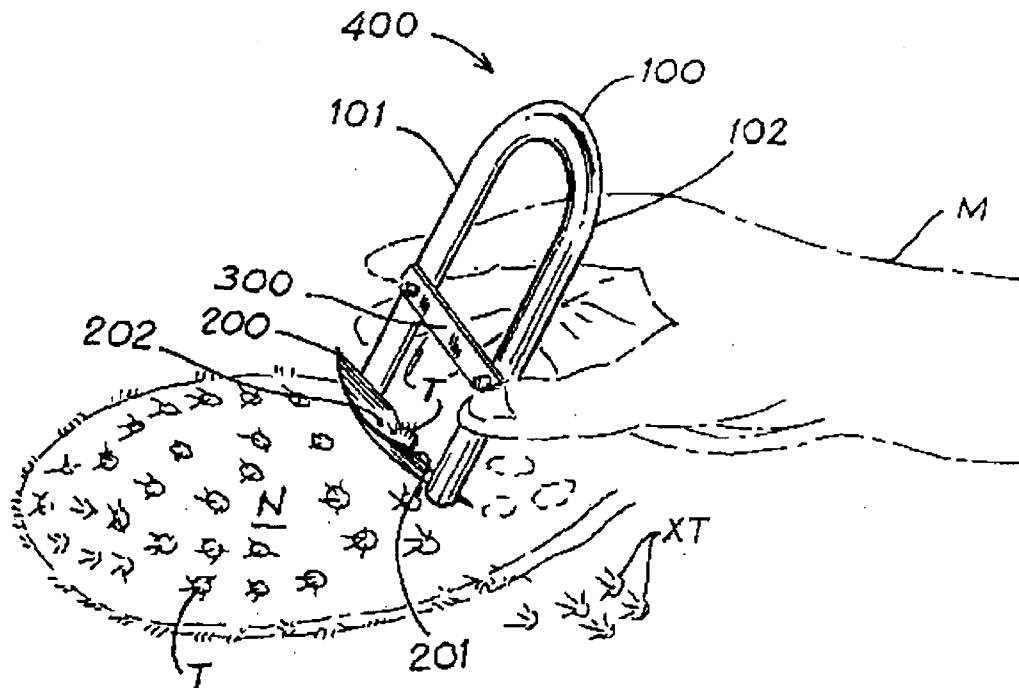
Assistant Examiner—Joanne C. Downs

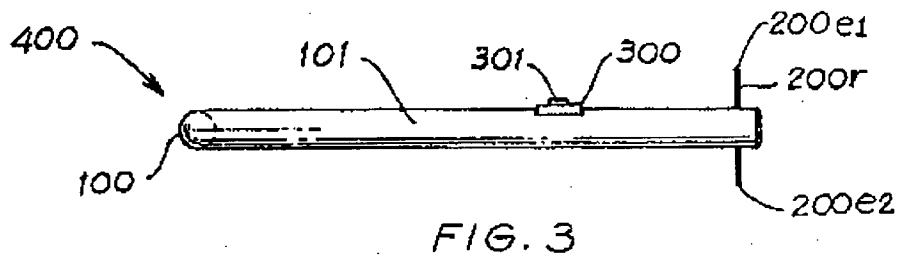
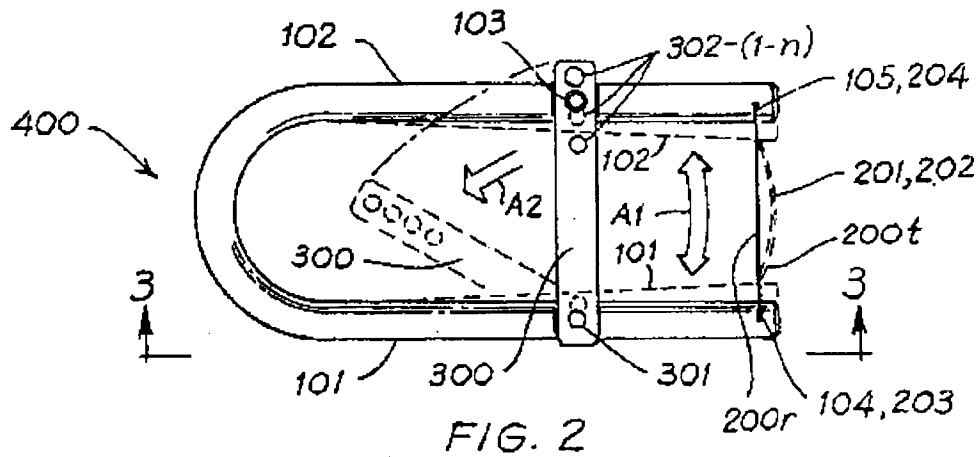
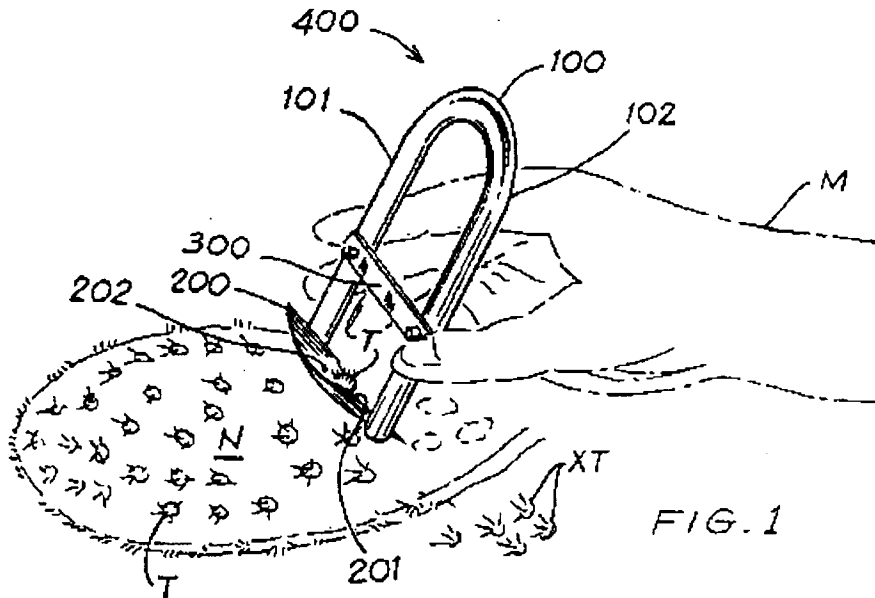
[57] **ABSTRACT**

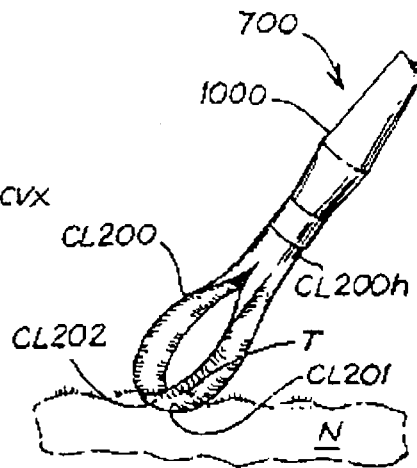
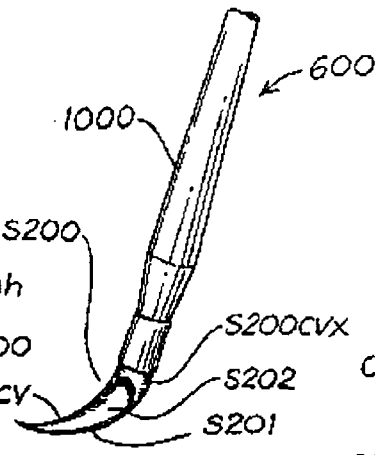
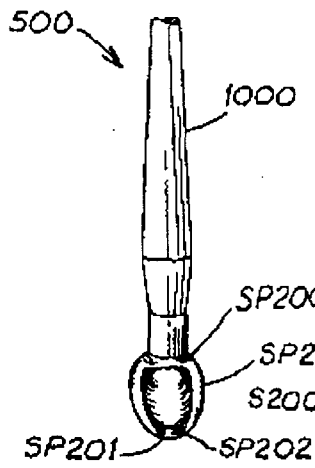
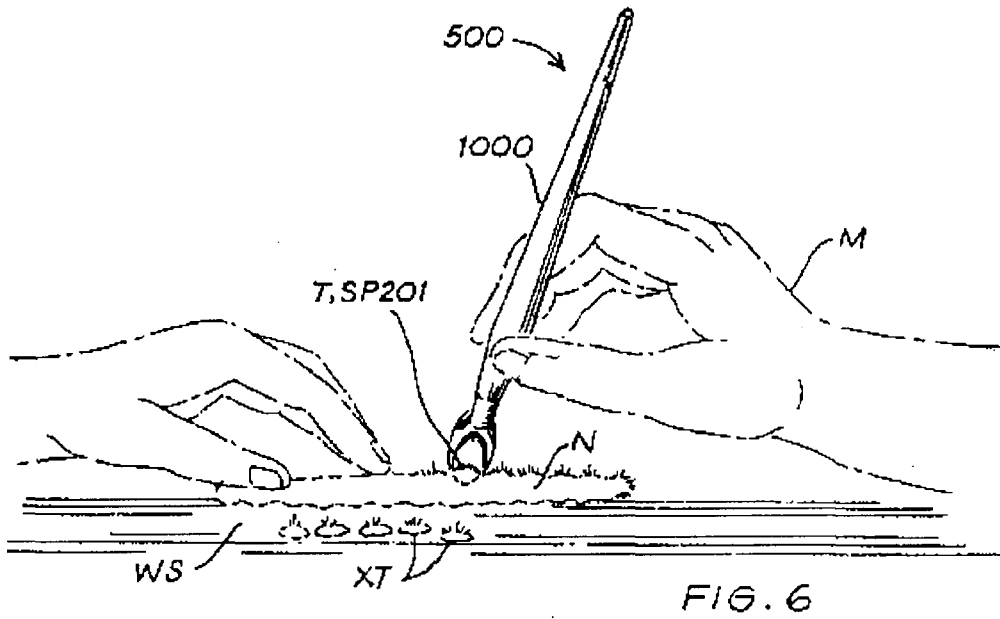
A de-thorning instrument that can be manipulated to

gouge thorny processes on cactus petals, such as those found on the nopal cactus, for preparation as a food staple. The de-thorning instrument can be provided as a pre-shaped cutting instrument or shapable cutting instrument that gouges only the swelled base of the thorny process on the cactus petal in a single sweep of the de-thorning instrument. The de-thorning instrument is an edged instrument having an edged body structure including at least one concave edged portion and an adjacent expanded body portion that effects simultaneous cutting and removal of the cactus thorns. A handle member is attached to the edged body structure for ease of manipulating the apparatus. The edged body structure is preferably a flat, substantially thin, flexible, edged body structure that facilitates being manually formed into a concave edged portion, including an expanded body portion adjacent the concave edge that facilitates the simultaneous removal of the cut thorn process. The concave edged portion and expanded body portion can be alternatively provided as a pre-formed, ready-to-use de-thorning instrument, such as a spoon-like de-thorning instrument, a sickle-shaped de-thorning instrument, or a closed-loop, open body de-thorning instrument.

4 Claims, 2 Drawing Sheets







ANEXO 3. PATENTE No. 5,062,210: HERRAMIENTA REMOVEDORA DE ESPINAS

United States Patent [19]

[11] **Patent Number:** 5,062,210

Arroyo, Jr.

[45] **Date of Patent:** Nov. 5, 1991

[54] **CACTUS THORN REMOVING TOOL**

[56]

References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

[76] **Inventor:** Jose C. Arroyo, Jr., 229 Casalon Dr.
#7, O'Fallon, Mo. 63366

967,831 8/1910 Pratt 30/49

Primary Examiner—Douglas D. Watts
Attorney, Agent, or Firm—Donald J. Breh

[21] **Appl. No.:** 605,103

[57] **ABSTRACT**

[22] **Filed:** Oct. 26, 1990

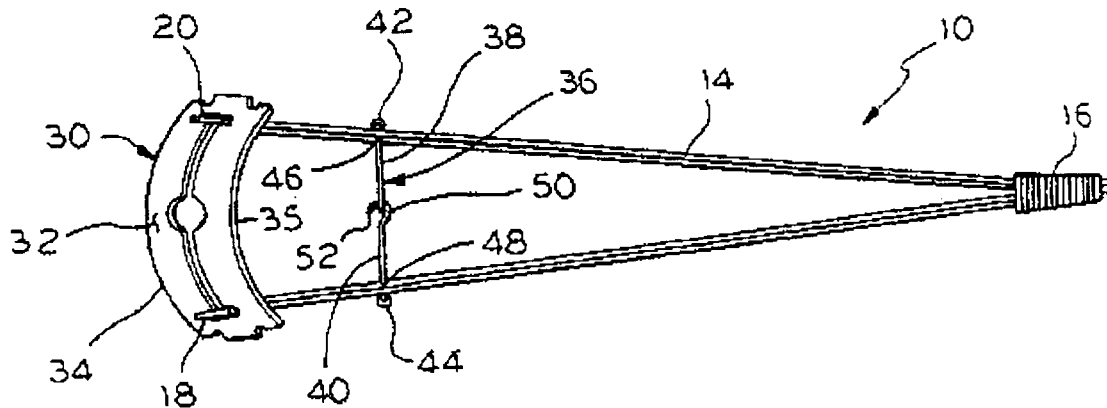
A cutter for removing thorns from cactus is disclosed including a fork shaped member having a pair of prongs pivotably connected together at one end and having tabs at free ends received in traverse slots in a conventional wafer type razor blade. A tie member holds the prongs in a spacing to flex the razor blade into a concavo convex shape with the convex surface facing outwardly from the free ends of the cutting edge of the blade perpendicular to the plane of the prongs.

[51] **Int. Cl.⁵** B26B 3/00

[52] **U.S. Cl.** 30/317; 30/331;
30/339; 47/1.01

[58] **Field of Search** 30/47, 85, 87, 121,
30/169, 317, 330, 331, 332, 339; 15/236.1;
47/1.01

3 Claims, 1 Drawing Sheet



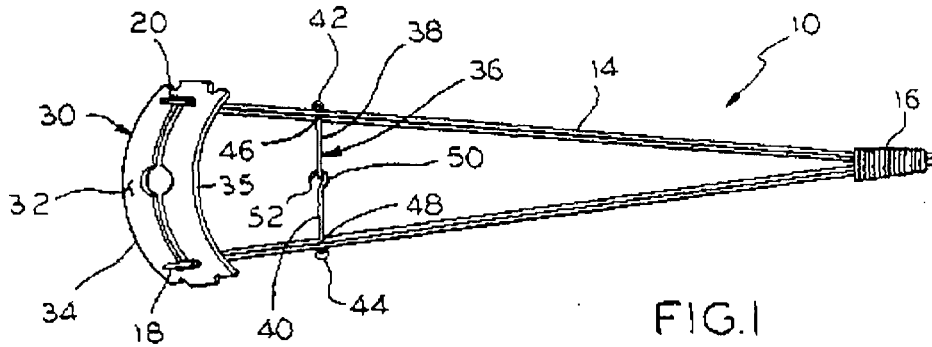


FIG. 1

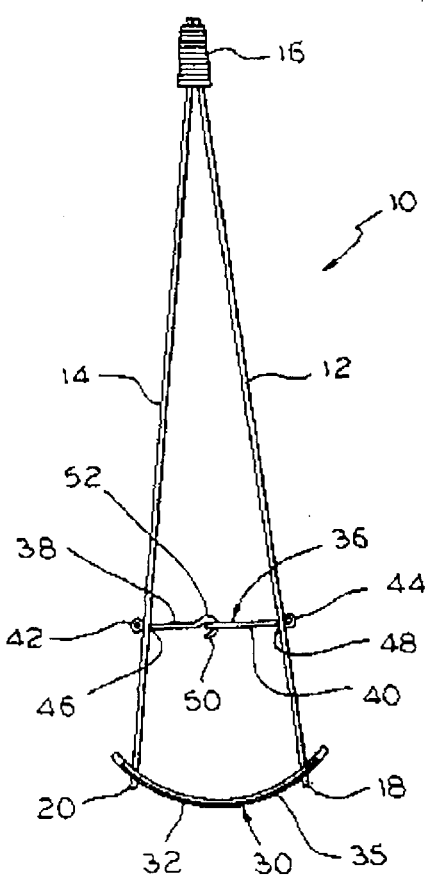


FIG. 2

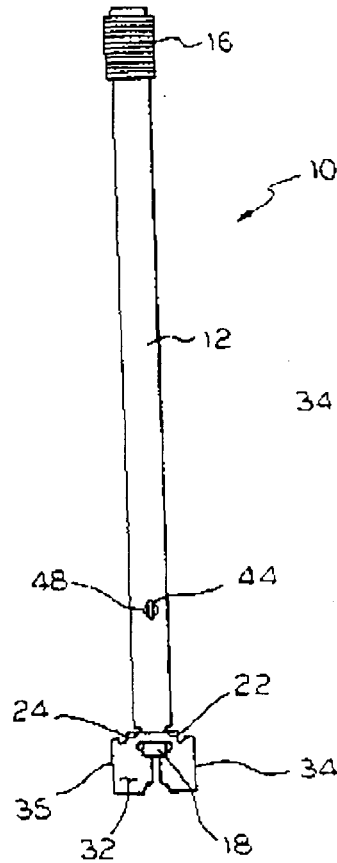


FIG. 3

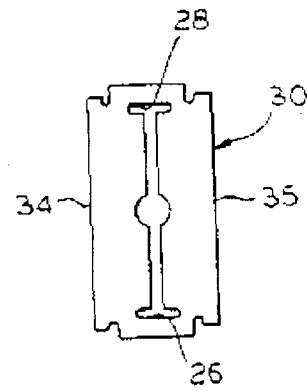


FIG. 4

ANEXO 4. PATENTE No. 5,318,472: APARATO DESESCAMADOR DE PESCADO



US005318472A

United States Patent [19]
Johnson

[11] **Patent Number:** 5,318,472
 [45] **Date of Patent:** Jun. 7, 1994

- [54] **FISH SCALING DEVICE**
- [76] **Inventor:** Israel C. Johnson, 2814 E. West Ave., Shreveport, La. 71107
- [21] **Appl. No.:** 992,568
- [22] **Filed:** Dec. 18, 1991
- [51] **Int. Cl.:** A22C 25/00; A22C 25/02
- [52] **U.S. Cl.:** 452/99; 452/101; 452/105; 452/195
- [58] **Field of Search:** 452/98, 99, 102, 101, 452/105, 194, 195, 196

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

- 614124 6/1935 Fed. Rep. of Germany 452/98
- 828656 5/1938 France 452/101

Primary Examiner—Willis Little
Attorney, Agent, or Firm—John M. Harrison

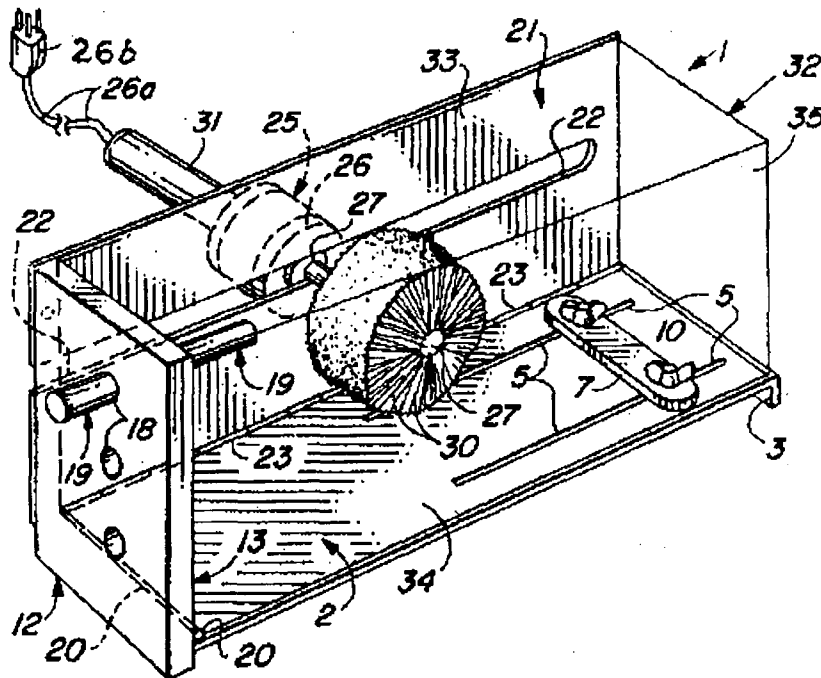
[57] **ABSTRACT**

A fish scaling device which is characterized by a flat support designed to receive a fish for scaling, a tail clamp adjustably mounted on one end of the support for clamping the tail of the fish to the support and a head clamp located at the opposite end of the support for immobilizing the head of the fish. In a preferred embodiment a scaling device which includes an electric motor, to which is attached a scaling tool, is used for scaling the fish. In another preferred embodiment a transparent cover is fitted over the support and the fish to be scaled and a slot is provided in a scaling panel hinged to the support, such that the scaler can be moved from side-to-side along the support to scale the fish when the cover is used to prevent scattering of the scales.

[56] **References Cited**
U.S. PATENT DOCUMENTS

1,982,083	11/1934	Strand	17/5
2,557,272	6/1951	Gabriel	17/5
2,655,689	10/1953	Witte	17/5
2,928,118	3/1960	Hairston	452/81
3,248,751	5/1966	Wilborn	17/8
3,445,885	5/1969	Reitz	17/70
3,518,719	7/1970	Anderson	17/70
3,740,794	6/1973	Smith	17/70
3,790,988	2/1974	Maxwell	17/70
3,833,967	9/1974	Kreiser	17/70
4,619,019	10/1986	Hardy	452/101

4 Claims, 1 Drawing Sheet



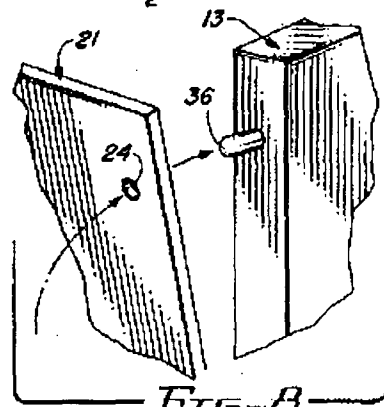
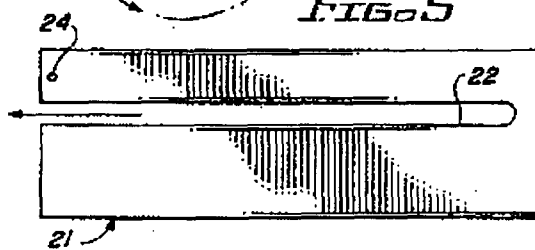
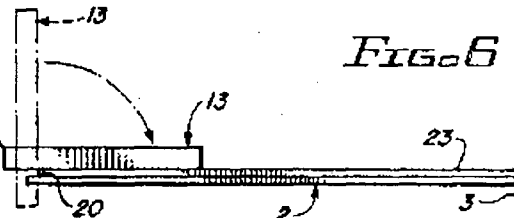
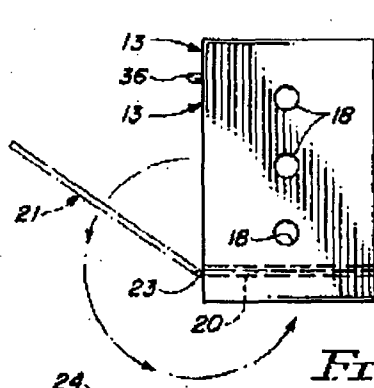
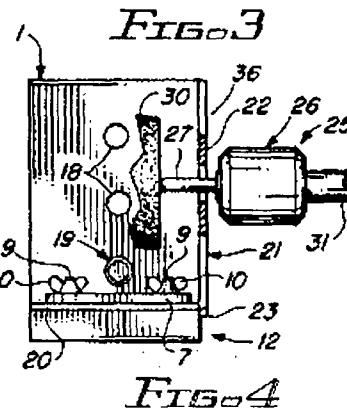
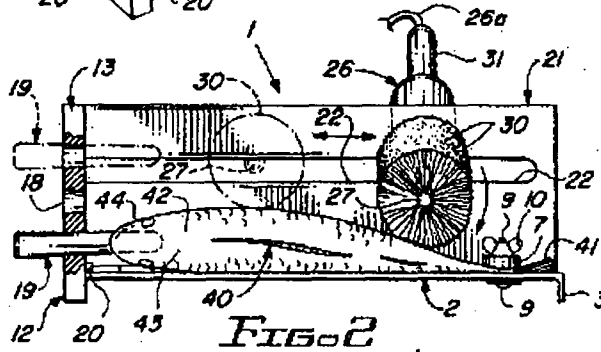
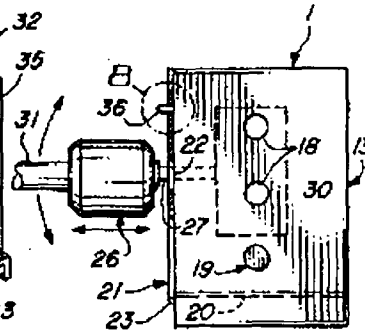
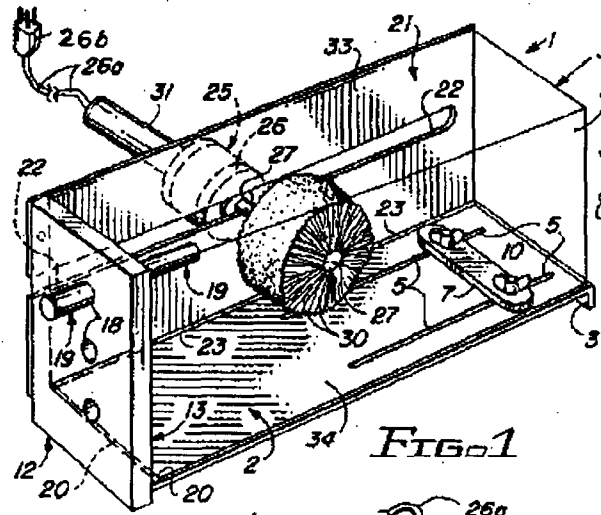


FIG. 7

FIG. 8

ANEXO 5. PATENTE No. 3,911,530: SISTEMA Y MÉTODO PARA REMOVER PLUMAS DE PATOS Y OTRAS AVES

United States Patent [19]

[11] **3,911,530**

Kalfsbeek et al.

[45] **Oct. 14, 1975**

[54] **SYSTEM AND METHOD FOR REMOVING FEATHERS FROM DUCKS AND OTHER FOWL**

[76] **Inventors: James S. Kalfsbeek, 8th and Elm Sts., College City, Calif. 95931; Peter C. Kalfsbeek, Rte. 1, Box 123, Williams, Calif. 95490.**

[22] **Filed: Feb. 5, 1973**

[21] **Appl. No.: 329,520**

[52] **U.S. Cl. 17/11.1 R; 69/26**

[51] **Int. Cl.² A22C 21/02**

[58] **Field of Search 17/11.1 R, 47; 15/311, 15/383; 69/26**

[56] **References Cited**

UNITED STATES PATENTS

1,006,304	10/1911	Smith	17/11.1 R
1,218,174	3/1917	Faint	17/11.1 R
1,230,222	6/1917	Reiske	17/11.1 R
1,233,904	7/1917	Patton	17/11.1 R
1,474,702	11/1923	Atkinson	17/47 X
1,737,225	11/1929	Dummer	17/11.1 R
1,809,891	6/1931	Dummer	17/11.1 R
2,113,232	4/1938	Hinchliffe	17/11.1 R
2,206,731	7/1940	Schlicksupp	17/11.1 R
2,260,855	10/1941	Kittroldge	17/11.1 R
2,753,590	7/1956	McKendree	17/11.1 R
3,694,848	10/1972	Alcala	15/383

FOREIGN PATENTS OR APPLICATIONS

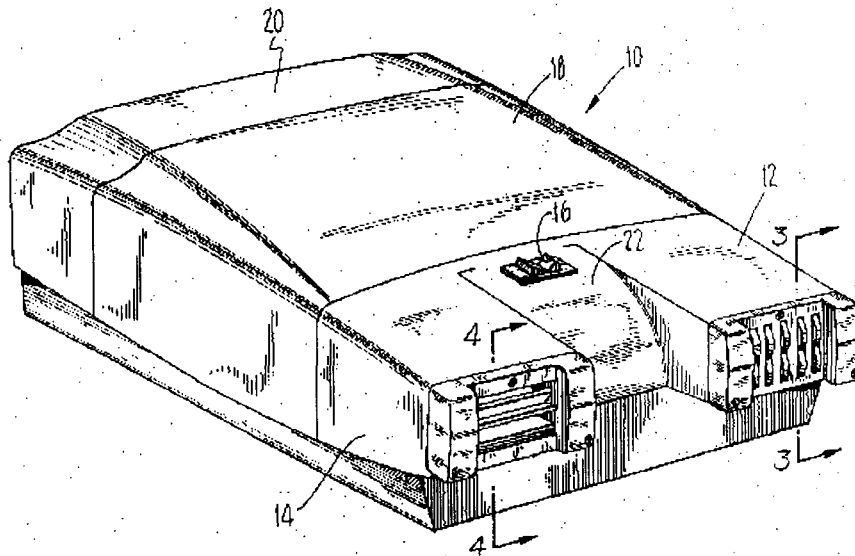
126,590 6/1959 U.S.S.R. 17/11.1 R

Primary Examiner—Robert Peshock
Assistant Examiner—James D. Hamilton
Attorney, Agent, or Firm—Townsend and Townsend

[57] **ABSTRACT**

A system and method for plucking ducks and other fowl is disclosed. A device is illustrated having a feather plucking head adapted to pluck feathers from the fowl. The feather plucking head has a pair of juxtaposed rollers, at least one of which is lobed or eccentric to intermittently engage the other. The rollers are located at one end of a suction channel which draws the feathers between the rollers. When the rollers engage, the feathers are grasped near their base and snapped off the bird much as if they were hand plucked. The rollers have grooved surfaces corresponding with the longitudinal members of a protective grating, and the rollers are located such that the roller surfaces between the grooves extend into the slots in the grating between the longitudinal members. A down stripping head is also connected to the suction channel, and a collection box is located in the channel so that the feathers and down are compacted in the box.

7 Claims, 5 Drawing Figures



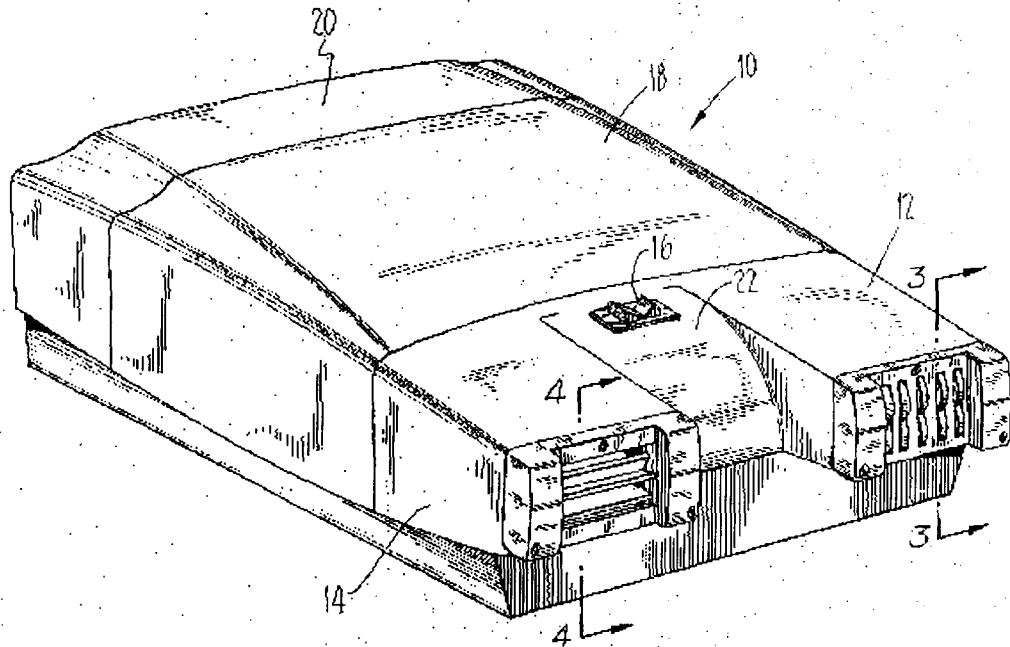


Fig. 1

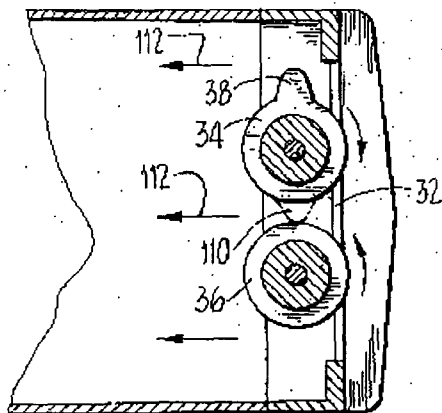


Fig. 3

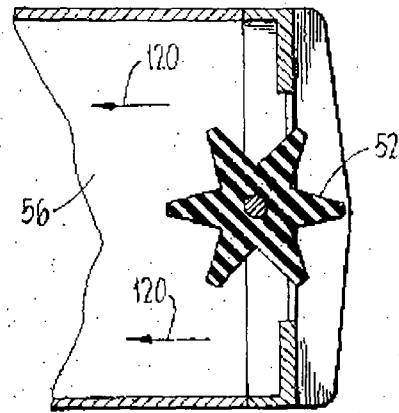


Fig. 4

ANEXO 6. PATENTE No. 5,752,436: APARATO PELADOR DE PAPAS



United States Patent [19]
Fuhrman

[11] Patent Number: 5,752,436
[45] Date of Patent: May 19, 1998

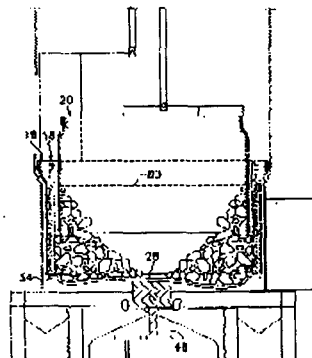
[54] POTATO PEELING APPARATUS
[75] Inventor: Jeffrey E. Fuhrman, Hanover, Pa.
[73] Assignee: UTZ Quality Foods, Inc., Hanover, Pa.
[21] Appl. No.: 736,517
[22] Filed: Oct. 24, 1996
[51] Int. Cl.⁶ A23N 7/00; A47J 17/00
[52] U.S. Cl. 99/633; 99/584; 99/623;
99/630
[58] Field of Search 99/584, 623-633,
99/638-641, 451/327; 426/480-483

2,676,633	4/1954	Lohre et al.	146/49
2,794,472	6/1957	Veenhuizen et al.	146/49
2,860,371	11/1958	Krull	17/5
3,134,413	5/1964	Donsa et al.	146/49
3,134,414	5/1964	Wuroth	146/50
3,480,057	11/1969	Wilhelm	146/231
3,496,976	2/1970	Nielsen	146/50
3,581,387	6/1971	Radutsky et al.	209/73
3,762,308	10/1973	Groene et al.	99/632
3,765,533	10/1973	Stephens et al.	209/73
3,848,524	11/1974	Senrow	99/631
4,122,951	10/1978	Alaminos	209/545
4,152,767	5/1979	Lalotis	364/560
4,164,291	8/1979	Carlow	414/136
4,168,005	9/1979	Sandbank	209/552
4,184,598	1/1980	Cowlin et al.	209/705
4,205,752	6/1980	Malvick et al.	209/564
4,221,297	9/1980	Aranda Lopez et al.	209/576
4,251,555	2/1981	Kroenig	426/231
4,271,968	6/1981	Mehrkam et al.	209/564
4,281,764	8/1981	Powler et al.	209/557
4,308,959	1/1982	Houwer et al.	209/563
4,348,277	9/1982	Cowlin et al.	209/705
4,350,442	9/1982	Arild et al.	356/51
4,351,437	9/1982	Long	209/545
4,368,462	1/1983	Crawley	340/723
4,391,185	7/1983	Stanley	99/489
4,442,764	4/1984	Bos et al.	99/633
4,450,760	5/1984	Wilson	99/536
4,493,105	1/1985	Beall et al.	382/21
4,493,420	1/1985	Dennis	209/587
4,520,702	6/1985	Davis et al.	83/71
4,581,632	4/1986	Davis et al.	358/106
4,581,762	4/1986	Lupinus et al.	382/22
4,626,677	12/1986	Browne	250/514
4,687,107	8/1987	Brown et al.	209/556
4,687,326	8/1987	Curby, Jr.	356/5
4,710,389	12/1987	Dumow	426/231
4,735,323	4/1988	Okada et al.	209/582
4,738,175	4/1988	Little et al.	83/71
4,776,466	10/1988	Yoshida	209/565
4,790,022	12/1988	Dennis	382/8
4,831,922	5/1989	Cogan et al.	99/486
4,889,241	12/1989	Cogan et al.	209/552
4,963,035	10/1990	McCarthy et al.	382/28
4,998,467	3/1991	Kovach	99/632
5,020,675	6/1991	Cowlin et al.	209/538
5,065,672	11/1991	Federighi, Sr.	99/631
5,085,325	2/1992	Jones et al.	209/580
5,090,576	2/1992	Menten	209/587

[56] References Cited

U.S. PATENT DOCUMENTS

Re. 33,357	9/1990	Randall	358/106
107,321	9/1870	Atkinson	
777,590	12/1904	de Donneville	
809,582	1/1906	Robinson	
877,550	1/1908	Clark	99/631
942,932	12/1909	Robinson	
954,047	4/1910	Powell	
1,359,766	11/1920	Stephen	
1,378,058	5/1921	Schaefer	
1,384,356	7/1921	Smith	
1,422,708	7/1922	Hodgdon et al.	
1,457,007	5/1923	Smith	
1,637,830	8/1927	Munnsdurff	
1,641,993	9/1927	Schaefer	
1,644,448	10/1927	Robinson	
1,664,304	3/1928	McCathron	
1,681,737	8/1928	Lindahl	
1,695,420	12/1928	Eckert	
1,728,846	9/1929	Wesgaard	
1,766,999	6/1930	Johanson	
1,886,061	11/1932	Speidel	
1,945,978	2/1934	Palombo et al.	146/49
1,966,501	7/1934	Hoe	146/49
2,231,543	2/1941	McClung et al.	146/49
2,262,383	11/1941	Carlson	146/50
2,326,356	8/1943	Haslam	146/201
2,499,291	2/1950	Baumann	146/49
2,569,607	10/1951	Hardt	146/50
2,613,712	10/1952	Pearlman	146/49
2,633,884	4/1953	Carstedt	146/49



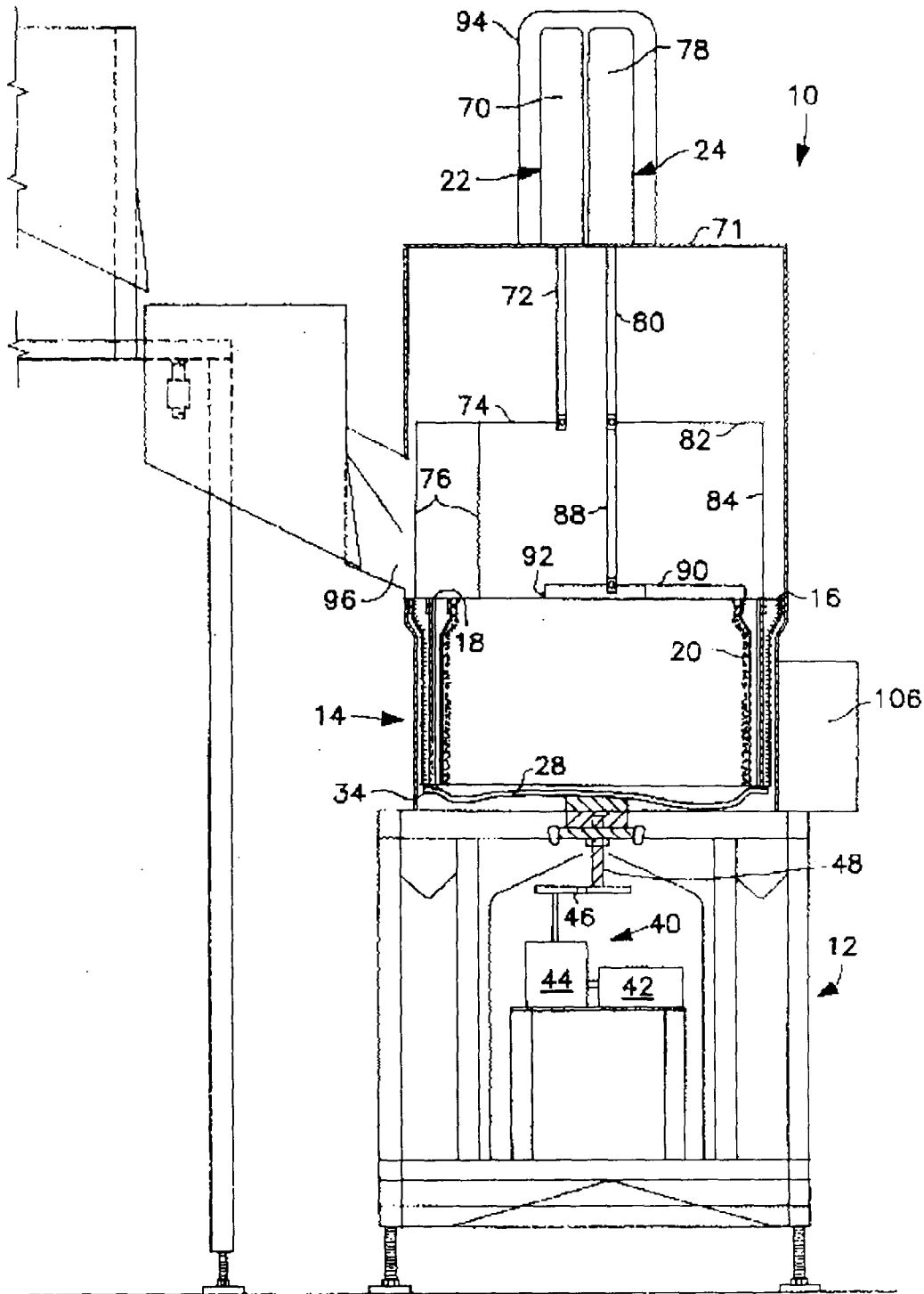


FIG. 3

ANEXO 7. PATENTE No. 5,312,419: APARATO DEPILADOR CON ACCIÓN GIRATORIA



US005312419A

United States Patent [19]

[11] Patent Number: **5,312,419**

Garenfeld et al.

[45] Date of Patent: **May 17, 1994**

- [54] **DEPILATION APPARATUS WITH TWISTING ACTION**
- [75] Inventors: **Andreas J. Garenfeld; Rob Klasen; Marinus J. J. Dona, all of Eindhoven, Netherlands**
- [73] Assignee: **U.S. Philips Corporation, New York, N.Y.**
- [21] Appl. No.: **993,265**
- [22] Filed: **Dec. 18, 1992**
- [30] Foreign Application Priority Data
Dec. 23, 1991 [EP] European Pat. Off. 91203380.0
- [51] Int. Cl.³ **A45D 26/00; A22C 21/02**
- [52] U.S. Cl. **606/133; 606/131; 69/26**
- [58] Field of Search **19/2; 69/20, 26; 606/131, 133; 452/E2, 84, 85; 30/34.2, 42, 46**
- [56] **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

1,875,980	9/1932	Bingham	
1,923,415	8/1933	Bingham	17/11
2,788,651	4/1957	Qvarnstrom	69/20
2,900,661	8/1959	Schnell	452/84
3,468,141	9/1969	Soleanico et al.	69/20
3,608,153	9/1971	Berrett	69/20 X
3,911,530	10/1975	Kalfsbeck et al.	17/11.1
4,079,741	3/1978	Daer et al.	128/355
4,279,253	7/1981	Haes et al.	128/355
4,375,902	3/1986	Alazet	19/2
4,726,375	2/1988	Gross et al.	128/355
4,807,624	2/1989	Gross et al.	128/355
4,830,004	5/1989	Alazet	128/355
4,933,024	6/1990	Dolev	606/133
5,100,413	3/1992	Dolcy	606/133

5,108,410	4/1992	Iwasaki et al.	606/133
5,112,342	5/1992	Foerster et al.	606/133
5,116,348	5/1992	Gorter	606/133
5,217,469	6/1993	Dolev	606/133

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

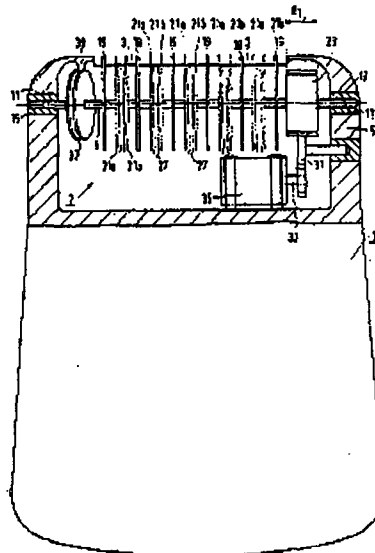
788130	10/1935	France	
9100700	1/1991	PCT Int'l Appl.	606/133
420470	12/1934	United Kingdom	
461572	2/1937	United Kingdom	

Primary Examiner—Clifford D. Crowder
Assistant Examiner—John J. Calvers
Attorney, Agent, or Firm—Ernestien C. Bartlett

[57] **ABSTRACT**

A depilation apparatus is provided with a depilation member (7) with pinching elements (19, 21, 69, 73, 111, 115) for consecutively holding hairs growing from the skin clamped in and pulling these hairs from the skin and comprises means (7, 41, 67) for twisting the hairs about their longitudinal axes before the depilation member (7) pulls the hairs from the skin whereby a considerable reduction of the required pulling force, a reduction of the pain occurring during pulling-out and a reduction of the risk of hair fracture during pulling-out of the hairs is obtained, the twisting action of the depilation apparatus being obtained through the use of a pair of disc-shaped pinching elements (19, 21, 69, 73, 111, 115) with cooperating pinching surfaces (23a, 23b, 71, 75, 113, 117) which slide alongside one another at least temporarily in the pinching position of the pinching elements (19, 21, 69, 73, 111, 115) and the pinching elements (19, 21, 69, 73, 111, 115) having different rotation speeds in the pinching position.

17 Claims, 7 Drawing Sheets



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [Aguayo, 1997] Aguayo, Humberto, *Modelo del Proceso de Diseño Conceptual: Integración de las Metodologías QFD, Análisis Funcional y TRIZ*, Tesis de Maestría, I.T.E.S.M., Campus Monterrey, 1997.
- [Akao, 1990] Akao, Yoji, *Quality function Deployment: Integrating Customer Requirement into Product Design*, Productivity Press, Cambridge, Mass., 1990.
- [Al-Ashaab, 1998] Al-Ashaab, Ahmed H.S., "Ingeniería Concurrente: Un Enfoque Integrado del Desarrollo del Producto", Material no publicado, ITESM Campus Monterrey, 1998.
- [Altov, 1994] Altov, H. (seudónimo de G. S. Altshuller), *The Art of Inventing, Suddenly the Inventor Appeared*, traducido por L. Shulyak, Ideation International Inc., 1994.
- [Altshuller, 1984] Altshuller, G. S., *Creativity as an Exact Science*, Garbon and Breach, New York, 1984.
- [ASI, 1989] ---, "Utilización de Diagramas de QFD en el Diseño Variante de Productos", American Supplier Institute, 1989.
- [Blosiu y Kowalik, 1996] Blosiu, J. y Kowalik, J, "TRIZ and Business Survival," *TRIZ Journal*, <http://www.triz-journal.com>, Noviembre 1996.
- [Box, 1988] Box, George, "Statitistical Tool for Improving Designs", *Mechanical Engineering*, Enero 1988.
- [Capsey, 1973] Capsey, R., *Patents: An Introduction for Engineers and Scientists*, Newnes-Butterworths, Londres, 1973.
- [Clausing, 1993] Clausing, Don, *Total Quality Development: A Step by Step Guide to World Class Concurren Engineering*, ASME Press, New York, 1993.
- [Cohen, 1995] Cohen, Lou, *Quality Function Deployment: How to make QFD work for you*, Adisson-Wesley, Reading, Mass., 1995.

- [Earle, 1992] Earle, James, *Engineering Design Graphics: AutoCAD Release 11*, Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts, 1992.
- [Ertas y Jones, 1993] Ertas, A. y Jones, J., *The Engineering Design Process*, John Wiley & Sons, 1993.
- [Granados, 1991] Granados, Diódoro, *El Nopal: Historia, Fisiología, Genética e Importancia Frutícola*, Trillas-UACH, 1991.
- [Hitomi, 1979] Hitomi, K., *Manufacturing Systems Engineering*, Taylor & Francis, London, 1979.
- [Hubka, 1980] Hubka, Vladimir, *Principles of Engineering Design*, Butterworth Scientific, Londres, 1980.
- [Ideation, 1995] ---, *Metodología TRIZ*, Ideation International, 1995.
- [Kaplan, 1994] Kaplan, Stan, *An Introduction to TRIZ, the Russian Theory of Inventive Problem Solving*, Ideation International Inc., 1994.
- [León, 1998] León, Noel, "La Metodología QFD-TRIZ-CAD/CAE: Innovación sistemática para el Desarrollo de Productos", Material no publicado, ITESM Campus Monterrey-Ideation International, 1998.
- [McCracken, 1983] Mc Cracken, *A Handbook for Inventors: How to Protect, Patent, Finance, Develop, Manufacture and Market your Ideas*, Scriber & Sons, 1983.
- [Montgomery, 1988] Montgomery, Douglas, "Experimental Design and Product and Process Development", *Manufacturing Engineering*, Septiembre, 1988.
- [Pahl y Beitz, 1996] Pahl, G. y Beitz, W., *Engineering Design: A Systematic Approach*, Springer Verlag, Londres, 1996.
- [Peña, 1998] Peña, Luis E., *Aplicación de Diseño para Manufactura y Ensamble a Maquinaria Pesada*, Tesis de Maestría, ITESM Campus Monterrey, 1998.
- [Priest, 1988] Priest, John, *Engineering Design for Producibility and Reliability*, M.Dekker, New York, 1988.

- [Pugh, 1991] Pugh, Stuart, *Total Design: Integrated Methods for Successful Product Engineering*, Addison Wesley, 1991.
- [Rodríguez, 1995] Rodríguez, Jaime, *Reducción de la Salida de Mucílago en el Nopal (Ountia ficusindica) durante las Fases de Hidratación*, Tesis de Licenciatura (Ing. Agroindustrial), Universidad Autónoma de Chapingo, 1995.
- [Shillito, 1994] Shillito, M. Larry, *Advanced QFD: Linking Technology to Market and Company Needs*, John Wiley and Sons, New York, 1994.
- [Terninko et al., 1995] Terninko, Zusman y Zlotin, *Step by Step TRIZ: Creating Innovative Solution Concepts*, Responsible Management, New Hampshire, 1996.
- [Terninko et al., 1998] Terninko, John, "76 Standar Solutions", *Material para Curso de TRIZ (Parte no publicada enviada al autor por Terninko)*, New Hampshire, 1998.
- [Ullman, 1992] Ullman, David, *The Mechanical Design Process*, Mc. Graw- Hill, New York, 1992.
- [USPTO, 1998] ---, Base de Datos de Patentes en Internet, Oficina de Patentes y Marcas Registradas de los Estados Unidos (USPTO), World Wide Web, <http://patent.womplex.ibm.com/>.

Centro de Información-Biblioteca



30002005791744