

SISTEMA POSICIONADOR DE CLISÉS EN LONAS DE PVC, PARA LA
IMPRESIÓN DE CAJAS DE CARTÓN CORRUGADO

LUISA FERNANDA MURIEL GIL

ANDRÉS MORENO LLANO

MATEO GÓMEZ GONZALES

MARÍA PAOLA ROLDÁN PELÁEZ

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

MEDELLÍN

2010

SISTEMA POSICIONADOR DE CLISÉS EN LONAS DE PVC, PARA LA
IMPRESIÓN DE CAJAS DE CARTÓN CORRUGADO

LUISA FERNANDA MURIEL GIL

ANDRÉS MORENO LLANO

MATEO GÓMEZ GONZALES

MARÍA PAOLA ROLDAN PELÁEZ

Proyecto de grado

Asesor

Sergio Aristizábal Restrepo

Ingeniero de Producción

Especialista en Sistemas de Información

Especialista en Rediseño de Productos

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

MEDELLÍN

2010

Nota de aceptación:

Firma del presidente de jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Medellín, 15 de Octubre de 2010

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a todas aquellas personas que colaboraron en el desarrollo de este proyecto, especialmente a:

Sergio Aristizábal Restrepo, asesor del proyecto de grado, por su apoyo y contribución durante todo su desarrollo.

Juan Ramón Ospina, por su colaboración en cuanto a información suministrada.

PAPELSA S.A, y todas las empresas del sector cartonero que nos abrieron sus puertas y aportaron en la fase de entrevistas.

Vicente Arango Villa, por su asesoría y disponibilidad para el desarrollo de la fase de diseño de detalle y electrónica del proyecto de grado.

Metálicos JVEL, por la colaboración en la construcción del prototipo.

Al Centro de Laboratorios de la Universidad EAFIT y al laboratorio de geología por la donación del sistema de elevación para el proyecto.

Industrias REYMO S.A.S, por la fabricación de piezas especiales.

A nuestras familias por su apoyo incondicional durante todo el desarrollo del proyecto.

Y a todas aquellas personas que de manera directa o indirecta hicieron que este proyecto se llevara a cabo.

CONTENIDO

	pág.
AGRADECIMIENTOS.....	4
LISTA DE CUADROS.....	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE ANEXOS.....	11
GLOSARIO.....	13
RESUMEN.....	15
RESUME.....	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCIÓN.....	19
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	21
1.1 ANTECEDENTES.....	21
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	27
1.3 OBJETIVOS.....	28
1.3.1 Objetivo general.....	28
1.3.2 Objetivos específicos.....	28
1.4 ALCANCE Y PRODUCTO.....	29
1.5 DECLARACION DE LA MISIÓN.....	30
2. METODOLOGÍA Y METODOS EMPLEADOS.....	33
2.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA METODOLOGIA UTILIZADA.....	33
3. INVESTIGACIÓN DE MERCADOS.....	37

3.1	DEFINICIÓN DEL MERCADO	37
3.2	MERCADO OBJETIVO	42
3.3	TRABAJO DE CAMPO.....	43
3.4	ESTADO DEL ARTE	44
3.5	PDS. ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO DE PRODUCTO.....	46
3.6	LLUVIA DE IDEAS	49
3.6.1	Evaluación de los conceptos.	50
4.	DISEÑO CONCEPTUAL.....	55
4.1	SÍNTESIS DE LA FUNCIÓN	55
4.1.1	Caja negra.	55
4.1.2	Estructura funcional.	56
4.1.3	Matriz morfológica.....	59
4.1.4	Propuestas según rutas factibles.....	62
4.1.5	Evaluación de alternativas.	65
4.1.6	Arquitecturas del producto.....	66
4.2	SÍNTESIS DE LA FORMA.....	68
4.2.1	Boards.	69
4.2.2	Alfabeto visual.	72
4.2.3	Explicación del concepto solución.	76
5.	DISEÑO DE DETALLE.	81
5.1	DESARROLLO DEL CONCEPTO.....	81
5.1.1.	Componentes a fabricar del Sistema Posicionador de Clisés.....	81
5.1.2.	Componentes estándar del Sistema Posicionador de <i>Clisés</i>	83
5.1.1	Cálculos de Ingeniería.	84

5.1.2 Análisis CAD/CAE.....	87
5.3 INTERFAZ CON EL USUARIO	90
5.3.1 Esquema electrónico.	91
5.4 ANÁLISIS ERGONÓMICO	92
5.4.1 Principios de ergonomía aplicados en el diseño de SPC400T	93
6. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.....	97
6.1 CAMBIOS REALIZADOS DURANTE EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN	97
6.2 PROCESO DE FABRICACIÓN	97
6.3 PROCESO DE ENSAMBLE	98
7. PRUEBAS DEL PRODUCTO	101
7.1 PRUEBAS DE INGENIERÍA	101
7.1.1 Prueba de tracción para banda de transmisión.	101
7.1.2 Prueba de trazado.....	103
7.2 PRUEBAS DE SOFTWARE	104
7.3 PRUEBAS DE USUARIO	104
8. VIABILIDAD ECONÓMICA	107
8.1 PROCESO DE PRE-ALISTAMIENTO ACTUAL.....	107
8.2 PROCESO DE PRE-ALISTAMIENTO CON SISTEMA POSICIONADOR DE CLISÉS	109
9. CONCLUSIONES	112
BIBLIOGRAFÍA	114
ANEXOS	119

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Declaración de la misión del proyecto.....	30
Cuadro 2. Mercado. Empresas Sector cartón en Colombia.....	38
Cuadro 3. Estado del arte	45
Cuadro 4. PDS definitivo del proyecto	47
Cuadro 5. Tabla conceptos preliminares	49
Cuadro 6. Conceptos a evaluar.	52
Cuadro 7. Matriz de visualización	52
Cuadro 8. Matriz morfológica	61
Cuadro 9. Alternativas de diseño según las rutas factibles.....	62
Cuadro 10. Alternativas a evaluar.....	65
Cuadro 11. Matriz de puntuación	66
Cuadro 12. Lista de piezas y materiales	82
Cuadro 13. Lista de partes estándar.....	83
Cuadro 14. Datos iniciales.....	84
Cuadro 15. Propiedades del material en SolidWorks.....	87
Cuadro 16. Convenciones de figura 27.....	91
Cuadro 17. Comparación de los materiales utilizados en las bandas de transmisión.....	101
Cuadro 18. Costo de un operario en el área de pre-alistamiento en PAPELSA S.A. Medellín.	108
Cuadro 19. Lonas requeridas en PAPELSA S.A. Medellín.....	108
Cuadro 20. Tiempo de trazado por lona en PAPELSA S.A. Medellín.....	109
Cuadro 21. Tabla de costos de construcción del sistema	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 22. Ahorro de tiempo.....	¡Error! Marcador no definido.
Cuadro 23. Costos de operación.	109

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de fabricación del cartón corrugado.....	22
Figura 2. Proceso de fabricación clisés en PAPELSA S.A.	23
Figura 3.Clise.....	24
Figura 4. Proceso de trazado de lonas actualmente en PAPELSA S.A.....	24
Figura 5. <i>Plate mounting/proofing machine</i> , Opti-Chek	26
Figura 6. Metodología de ULRICH, Kart T. y EPPINGER, Steven D.	34
Figura 7. Modelo de Pahl y Beitz del proceso de diseño	34
Figura 8. Metodología de Ingeniería de Diseño de Producto.	35
Figura 9. Composición del consumo de fibras en la industria de papel y cartón. ..	41
Figura 10. Estructura simplificada de la cadena de pulpa, papel e industria gráfica y la ubicación del mercado al cual se quiere llegar.	42
Figura 11. Mesa de muestra <i>Data Technology DT3000</i>	51
Figura 12. Caja negra del sistema posicionador de clisés.	56
Figura 13. Estructura funcional.	57
Figura 14. Componentes del sistema	67
Figura 15. Arquitecturas de producto.....	67
Figura 16. Board de usuario (estilo de vida)	70
Figura 17. Board de la emoción (PRECISIÓN).....	71
Figura 18. Board del contexto.....	72
Figura 19. Referente formal. Tiro al blanco.....	73
Figura 20. Exploración formal	74
Figura 21. Colores y texturas del referente formal	74
Figura 22. Tipografía.....	75
Figura 23. Alternativas de logotipo y logotipo seleccionado	75
Figura 24. Estudio de tensiones.....	88
Figura 25. Estudio de desplazamiento.....	89

Figura 26. Estudio de deformaciones unitarias.	89
Figura 27. Esquema eléctrico y esquema de ubicación de los sensores en SPC400T.	91
Figura 28. Relación entre tres puntos fundamentales para un buen diseño ergonómico.	93
Figura 29. Medidas generales del sistema en la posición más baja con la mesa ubicada verticalmente.	93
Figura 30. Medidas generales del sistema en la posición más elevada con la mesa ubicada verticalmente.	94
Figura 31. Posición de trabajo.	94
Figura 32. Botones de paro de emergencia y on/off del sistema.	95
Figura 33. Palanca de inclinación de la mesa y <i>switch</i> para graduar la altura.	95
Figura 34. Otras posiciones del sistema.	96
Figura 35. Producción de las piezas del sistema posicionador de <i>clisés</i>	98
Figura 36. Ensamble y sub ensamblés del sistema posicionador de <i>clisés</i>	99

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Propiedades de los *clisés*.

Anexo B. Flexografía.

Anexo C. Trabajo de campo.

Anexo D. Propiedades de los materiales.

Anexo E. Procesos de manufactura.

Anexo F. Ergonomía.

Anexo G. Manual de mantenimiento de SPC400T.

Anexo H. Planos técnicos y de ensamble.

Anexo I. Manual de usuario.

Anexo J. Lluvia de ideas.

Anexo K. Cartas de proceso.

Anexo L. Prueba de tracción para banda de transmisión.

Anexo M. Prueba de cilindros neumáticos.

Anexo N. Prueba de fuerza necesaria para romper el momento del carro principal.

Anexo O. Prueba dinámica para el carro principal.

Anexo P. Prueba de fuerza necesaria para romper el momento del carro secundario.

Anexo Q. Prueba dinámica para el carro secundario.

Anexo R. Prueba de calibración del software.

Anexo S. Prueba de trazado.

Anexo T. Características motor paso a paso.

Anexo U. Match 3 Mill install configuration.

Anexo V. Sheet Cam Manual.

Anexo W. Video prueba de usuario.

GLOSARIO

CARTÓN CORRUGADO: Unión de tres papeles con diferentes especificaciones, donde el central forma una onda lineal. Este tipo de cartón es usado principalmente para la fabricación de empaques.

“CLISÉS”: Fotopolímero líquido de impresión flexográfica para impresión de cajas de cartón corrugado el cual lleva el diseño gráfico de la caja (Ver anexo A).

“CNC”: Control numérico computarizado.

LONAS DE PVC: Fabricada en policloruro de vinilo (PVC), sirve como soporte de los *clisés*, para luego ser montada en los rodillos de impresión de cajas de cartón corrugado.

“MOOD BOARD”: Colección de imágenes, fotos, diagramas, bosquejos, dibujos, palabras, texturas y colores alrededor de un tema en específico.

MOTOR PASO A PASO: es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, lo que significa es que es capaz de avanzar una serie de grados (paso) dependiendo de sus entradas de control, son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos.

MOTORREDUCTOR: apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente.

“PDS”: Del inglés *Product Design Specification*, Especificación de Diseño de Producto. Dentro del proceso de diseño, el PDS sirve para entender la naturaleza

de un problema, y en consecuencia, estar en mejores condiciones de poder diseñar una mejor solución al mismo.

PRE-ALISTAMIENTO: Es la etapa en la producción de cajas de cartón corrugado donde se ubican los *clisés* en las lonas de PVC, para luego ser montado en los rodillos de impresión.

RESUMEN

En este proyecto se describe el diseño, proceso y desarrollo de un Sistema posicionador de *clisés* (máquina CNC), para la elaboración de trazado de lonas de PVC en la etapa de pre-alistamiento de la impresión de cajas de cartón corrugado, enfocado a empresas del sector cartonero.

El resultado de todo este proceso es el diseño, modelación y construcción total del prototipo.

El sistema posicionador de *clisés*, tiene la posibilidad de ser graduado tanto en altura como en inclinación, con el fin de proporcionarle al usuario la mayor comodidad a la hora de ubicar y fijar las lonas.

Para el trazado o la marcación de la lona se cuenta con un *software* diseñado para mover con precisión los carros en el eje X y Y, los cuales van guiados por unos rieles que permiten que su movimiento sea fluido.

Para el sistema de elevación de la mesa, se cuenta con un motorreductor conectado a un tornillo sinfín que permite un asenso seguro y constante. Este sistema cuenta con una capacidad de carga de 250 Lbs.

Todo el proceso está basado en una interacción entre la máquina y el computador, donde el usuario es quien introduce los datos al controlador, éste se encarga de interpretar, convertir y transmitir los datos en movimientos (X,Y y Z) hasta marcar un carácter geométrico en la lona de PVC.

El objetivo de este proyecto es crear una máquina que reemplace el proceso manual de trazado de lonas de PVC, que sea de buena calidad y bajo costo, mejorando la productividad en la empresa.

ABSTRACT

The research and development of “Sistema Posicionador de Clisés SPC” Intended to trace PVC canvas in the pre-setting process in the industry of cardboard boxes is described in this project. The system is intended to enterprises enrolled in the cardboard industry.

The research and development process concludes in the manufacturing of the actual prototype.

The Sistema Posicionador de Clisés allows the user to adjust the height and the angle in order to provide the most comfortable environment to trace and prepare the canvas.

The system is equipped with software that aids in moving with fluidity and accuracy the carts along the X and Y axis. The carts are guided by rails that smooth the progress of displacement.

The height adjusting system is equipped with a gearmotor attached to a worm screw that allows a safe and constant rising of the table. This system lifts up to 250 lb.

All the system is based on the interaction between the machine and the computer, where the user types the data in the controller, and the software interprets, converts and transmits the moving data (X, Y and Z axis) until they are converted into a geometric figure on the PVC.

The main goal of this project is the creation of a machine able to replace the mechanical work required to trace PVC, of low cost and high quality, allowing an increase in the productivity of the firm.

INTRODUCCIÓN

En las empresas manufactureras se presenta un fenómeno, donde las máquinas y equipos necesarios para cada tipo de producto se van haciendo cada vez más especializados en su negocio. Es así como cada campo de producción cuenta ya con sus equipos particulares y sus proveedores únicos en el mercado. Sin embargo, aún los proveedores especializados de equipos no siempre pueden satisfacer las necesidades de un cliente particular, dadas las condiciones únicas de tecnología, uso y productos que cada cliente maneja. Este es el caso de PAPELSA S.A, que en el negocio de producción de cartones corrugados, emplea equipos especializados en este campo, pero que no necesariamente se ajustan en todos los casos a lo que su Planta de producción requiere. Un caso particular es la ubicación de *clisés* en las lonas de PVC, un procedimiento fundamental en su proceso productivo, para el cual existen equipos comerciales, pero son muy costosos o bien, no cumplen con las exigencias que PAPELSA S.A requiere y es de allí en donde nace la necesidad de desarrollar un equipo que cumpla esta particular demanda.

Este problema particular, no es una necesidad que surgió de la inexperiencia de una compañía o del desconocimiento del estado del arte en cuanto a estos equipos, pues el origen de PAPELSA S.A se remonta a la década de los 50 cuando se impulsó en Antioquia la actividad reforestadora para proteger sus cuencas hidrográficas. Entre las empresas que promovieron esta industria se destacaron Cipreses de Colombia e Industrias Forestales Doña María.

Estudios realizados tendientes a buscar usos de las maderas provenientes de estos cultivos, dieron como resultado la creación de una empresa productora de pulpa de papel. Es así, como en el año 1973 nace la Productora de celulosa S.A “PROCECOLSA”, ubicada en el municipio de Barbosa, Antioquia.

En 1978 la empresa integra verticalmente el proceso e inicia los montajes de la Planta papelera y Planta de corrugado, destinadas a la producción de papel *liner kraft*, corrugado medio, papel para tubos, papel para sacos, láminas y cajas de cartón corrugado. Con la puesta en marcha de éstas dos Plantas nace en 1981 Papeles y Cartones S.A. “PAPELSA S.A”.

EN 1995, PAPELSA S.A buscando ampliar su capacidad en Bogotá compra una Planta de corrugado orientada a brindar una atención más oportuna a los clientes de esta zona.

En 1997 la empresa implementa su sistema de gestión de calidad y obtiene el sello ICONTEC de conformidad con la NTC 452 para cajas de cartón corrugado pared sencilla y NTC 1202 para cajas de cartón corrugado doble pared.

El 24 de Junio de 1998, PAPELSA S.A pasa a ser parte del grupo multinacional SMURFIT KAPPA, brindándole esta asociación gran fortaleza tanto económica como en conocimiento y es así como hoy PAPELSA S.A es una empresa preparada para atender el mercado de empaque a escala nacional e internacional, con productos de calidad certificada y excelente servicio¹.

La empresa hoy en día busca que sus procesos sean cada vez más eficientes logrando así una reducción en los costos y alcanzando una ventaja competitiva. Aunque aun depende de la habilidad de un operario en algunos procesos para alcanzar las cantidades de lotes proyectados a entregar.

¹ OSPINA, Juan Ramón. Documentos PAPELSA S.A. Medellín, 2009.

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

El mercado del cartón y del papel es uno de los más competidos y rentables del mundo, de él se derivan productos de consumo regular para todo tipo de industrias².

En Colombia, la industria de los corrugados es ampliamente competida, existen grupos y empresas de todos los tamaños, dentro de éste se destacan: Cartones América, Empaques Industriales, Empacor, Propack, Paking S.A, Cartón De Colombia S.A y PAPELSA S.A.

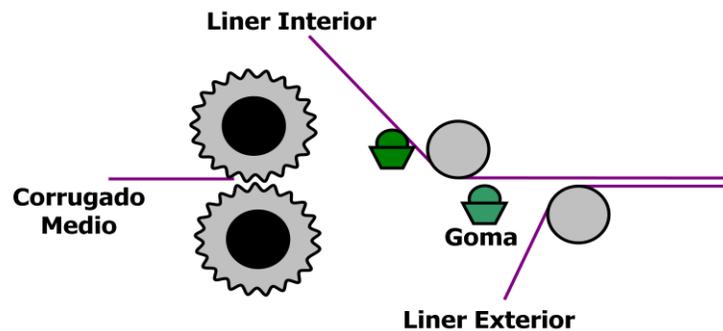
El proceso productivo mediante el cual se fabrica el corrugado, y del cual se desprenden productos como cajas, exhibidores entre otros, comienza con los requerimientos del cliente, que consecutivamente son traducidos y materializados por parte de un equipo de ingenieros de empaques. Éstos diseños parametrizados según estándares, se envían a la Planta donde comienza el proceso.

Este proceso de fabricación comienza en el Molino, en donde se fabrica el papel en un 100% con materiales reciclados, y a su vez es enrollado en bobinas. Posteriormente, éstas bobinas pasan a la Planta de corrugado en donde se forma el producto final.

² CÁMARA de la Industria de Pulpa, Papel y Cartón. ANDI. Consultado en Septiembre 2009, en <http://www.andi.com.co/pages/comun/infogeneral.aspx?Id=15&Tipo=2>

Para fabricar láminas de cartón corrugado es necesario utilizar tres rollos de papel, los cuales van engomados entre sí. Del primer rollo, se obtiene el *liner* interior, seguido de un segundo rollo, el corrugado medio, que le da la estructura a la lámina, y posteriormente se encuentra un tercer rollo de cartón del que se desprende el *liner* exterior (ver figura 1).

Figura 1. Proceso de fabricación del cartón corrugado



Fuente. Documentos PAPELSA .S.A

Una vez terminadas las láminas de cartón corrugado, éstas son impresas con el diseño gráfico requerido que llevara el producto. La última parte del proceso consiste en el engomado de las cajas el cual se realiza en una máquina engomadora.

Éste proyecto de grado se enfoca en el proceso de impresión del diseño gráfico, más específicamente en la etapa de Pre-alistamiento, en donde de forma manual se ubican los *clisés* en las lonas, que posteriormente serán llevadas a las máquinas para la impresión de las cajas.

La flexografía (ver anexo B), es el proceso industrial por medio del cual se estampan las láminas de corrugado que subsiguientemente se convertirán en cajas, exhibidores, mobiliario, entre otros productos.

La imagen grafica es una de las partes más importantes para las empresas. La razón radica en que el logo, el símbolo o el uso de los colores y elementos gráficos son los que identificarán o harán pensar al espectador en el nombre de la empresa e identificaran sus productos de otros.

El diseño de la imagen incluye no solamente el logotipo o logoemblema de una empresa o comercio, sino todo el “feeling” -por decirlo de alguna manera- que identifica a una marca, sus productos o servicios.

Esto puede variar de una empresa a otra, pero lo importante es que se desarrolle toda una imagen y/o un estilo visual para cada una.

Ésta imagen es enviada por el diseñador industrial de PAPELSA S.A. a los operarios de Pre-alistamiento, en donde proceden a realizar los *clisés* que llevarán dicho diseño (ver figura 2 y 3).

Figura 2. Proceso de fabricación clisés en PAPELSA S.A.



Fuente. Elaboración propia

Figura 3.Clise



Fuente. Elaboración propia

Seguidamente estos pasan a ser ubicados manualmente en unos objetos denominados Lonas, que sirven de soporte para luego realizar el montaje correspondiente en las máquinas y generar el tiraje del producto requerido por el cliente.

Figura 4. Proceso de trazado de lonas actualmente en PAPELSA S.A.



Fuente. Elaboración propia

Es importante resaltar que en PAPELSA S.A el proceso de ubicación de los *clisés* en las lonas es un proceso crítico, ya que ésta tarea requiere de gran tiempo. El operario al tener el arte con las medidas donde deben ir ubicados los *clisés*, comienza a trazar manualmente una cuadrícula (ver figura 4) que le sirve como guía para dibujar el desarrollo de la caja en la lona, posteriormente marca los centros en los cuales deben ir ubicados los *clisés*. Ésta actividad requiere de gran agilidad, ya que los cálculos de las medidas correctas son realizados mentalmente o en calculadora, lo que puede dar cabida a errores. Finalmente el operario ubica el *clise* en el lugar correspondiente.

El rayado de estas lonas, puede llevar desde treinta minutos hasta una hora y media, esto depende de la cantidad de colores, del tamaño de la lona y de que el diseño de la impresión cumpla con los requerimientos del cliente.

Adicionalmente se encuentran en el mercado equipos diseñados específicamente para llevar a cabo tareas complementarias, y/o subsiguientes al montaje. Empresas como *Flexo Mounting*, *Bieffebi*, *Sys Tec Converting*, *E.L Harley Inc*, *Container Graphics Corporation*, *Jm Heaford*, *Av Flexologic*, fabrican y comercializan equipos conocidos como *plate mounting/proofing machines*. Éstos equipos, no realizan el trazado de las lonas, su función es verificar, y/o montar los *clisés* en materiales de soporte como lonas, rodillos y otros elementos similares (Ver figura 5).

Figura 5. *Plate mounting/proofing machine*, Opti-Chek



Fuente. E.L .Harley, Inc.

PAPELSA S.A, es una de las empresas más importantes en el rubro de la fabricación y el estampado de corrugados, y nos ha propuesto la tarea de desarrollar un sistema similar al *plate mounting/proofing machine*, que no sea tan costoso, y que les permita agilizar y optimizar el proceso de ubicación de *clisés* en las lonas.

Actualmente, PAPELSA S.A. en la Planta de Barbosa, como se menciona anteriormente, realiza todo el proceso de rayado de lonas de forma manual y poco productiva. Por día, realizan un trazado promedio de cinco lonas, mientras que en la Planta ubicada en el Valle del Cauca, se traza un promedio de 25 lonas mediante la utilización de una máquina similar a las que se comentaron anteriormente (Opti-Chek producida por E.L Harley)³.

³ CAMPIÑO, Marta. PAPELSA S.A. Cali, 2009.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto pretende suplir la necesidad de PAPELSA S.A de agilizar el proceso de posicionamiento de *clisés*, mediante el diseño y la construcción de un sistema trazador de lonas para la ubicación de *clisés*, ya que es allí donde se comienzan a afectar las medidas de productividad de la empresa.

La idea es llegar a un prototipo que satisfaga las necesidades anteriormente mencionadas y así, aparte de agilizar el proceso, garantizar la mejor calidad a la hora de la impresión. El proyecto no solo llega hasta la etapa de prueba y funcionamiento sino que se realizará a manera de complemento, un análisis de viabilidad económica que le permitirá, en primer lugar, a Smurfit Kappa poseer herramientas de toma de decisión para la implementación de este sistema en cada una de las Plantas en donde se requiera.

PAPELSA S.A no adquiere una de las máquinas que se encuentran en el mercado debido a su falta de soporte técnico comercial en el país, su mantenimiento especializado y a que éstas traen consigo una serie de funciones inoficiosas para el caso específico de la empresa. Lo que se busca, como se mencionó anteriormente, es generar una solución con mantenimientos simples, más económica, con un retorno de la inversión en un período más atractivo para la empresa y ajustada a las necesidades reales del proceso en PAPELSA S.A.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general.

Construir el Prototipo de un sistema que permita hacer más eficiente la etapa de pre-alistamiento para la impresión de corrugados, con una inversión menor y resultados comparables a los obtenidos mediante el uso de máquinas similares.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Definir un método eficiente, ergonómico y preciso para realizar las operaciones requeridas para el posicionamiento de *clisés*, de acuerdo a los formatos y tamaños empleados actualmente en PAPELSA S.A.
- Generar un diseño CAD del dispositivo, que permita hacer una simulación del funcionamiento y obtener los planos de detalle y fabricación del equipo.
- Realizar los cálculos de ingeniería que se requieran para dimensionar los componentes del sistema.
- Seleccionar los elementos comerciales o establecer las condiciones de operación para el prototipo a construir.
- Fabricar un prototipo a partir del diseño CAD y los cálculos realizados.

- Realizar pruebas de usuario, para medir el incremento de productividad y precisión obtenida.
- Determinar la viabilidad económica del prototipo realizado, a partir de los posibles ahorros para mayor productividad y menor desperdicio que se puedan alcanzar, de acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas de usuario.

1.4 ALCANCE Y PRODUCTO

- Documento final del proyecto de grado.
- Cálculos de ingeniería.
- Modelación 3D.
- Planos de ingeniería.
- Análisis de viabilidad económica.
- Pruebas del sistema y de usuario.
- Prototipo final.
- Artículo en el formato de la revista de la escuela de ingeniería de la universidad EAFIT.

1.5 DECLARACION DE LA MISIÓN

La declaración de la misión para el proyecto Sistema posicionador de *clisés* en lonas de PVC, para la impresión de cajas de cartón corrugado consiste en la formulación y definición clara de las suposiciones bajo las cuales se direccionará el equipo de desarrollo del producto (ver cuadro 1).

Cuadro 1. Declaración de la misión del proyecto

Sistema posicionador de <i>clisés</i> en lonas de PVC, para la impresión de cajas de cartón corrugado.	
Descripción del producto.	Sistema de ingeniería que de solución al problema que conlleva el trazado manual de lonas de PVC para la impresión de cartón corrugado.
Beneficios.	<ul style="list-style-type: none"> • Se agilizará el proceso de pre-alistamiento con el fin de minimizar los tiempos de producción. • Se ahorrará en las horas hombre. • Se ahorrará aproximadamente 85´650,000 de pesos al no tener que adquirir un sistema existente en el mercado. • Se diseñará un sistema que se adaptará exclusivamente a las necesidades y requerimientos de la industria del cartón corrugado.
Postulados y restricciones.	<ul style="list-style-type: none"> • Posicionador semiautomático. • Tecnología existente en el mercado. • Costo no superior a 25´000.000 de pesos. • Procesos de manufactura disponibles en el medio. • Precisión esperada de más o menos un milímetro.
Metas.	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar y construir en un año, un prototipo de buena calidad.
Visión.	Para el 4 de octubre de 2010 Se espera concebir un sistema simple y funcional que de solución al problema planteado. Este no debe exceder un presupuesto cercano a los 25 millones de pesos y debe garantizar que el mismo ayude a minimizar los sobre costos y demoras del proceso productivo en PAPELSA S.A
Personas interesadas.	<ul style="list-style-type: none"> • Operarios. • Departamento de producción y mantenimiento. • Ingenieros de empaques. • Gerencia. • Departamentos de Diseño.

Fuente. Elaboración propia.

En este primer capítulo se desarrolló la definición del problema, justificación, antecedentes, objetivos y el alcance del proyecto. Se obtuvo definición total de proyecto, conocimiento de cómo se realiza la ubicación de los clisés en PAPELSA S.A y la existencia de sistemas en el mercado utilizados en el área de pre-alistamiento en el sector del cartón corrugado.

2. METODOLOGÍA Y METODOS EMPLEADOS

La metodología implementada como base para el procedimiento de desarrollo es la de Ulrich Kart T. y Steven D. Eppinger, de proceso de desarrollo genérico en el libro “Diseño y Desarrollo de productos”⁴.

Es importante hacer claridad en que a medida que se avanza en el desarrollo del proyecto se completa la metodología propuesta inicialmente dando como resultado la metodología de flujo finalmente utilizada. (Ver figura 8)

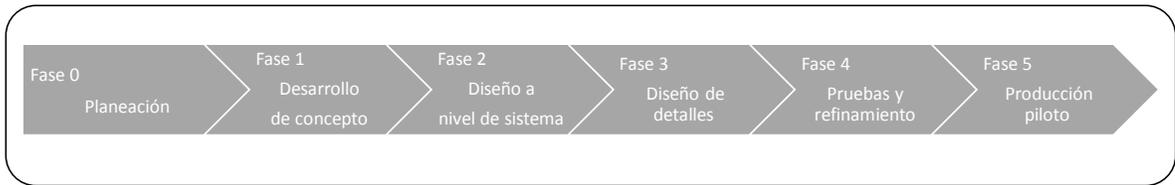
Para el diseño ingenieril se utilizó la metodología de Ulrich Kart T. y Steven D. Eppinger, para el proceso de diseño del producto se implementó la metodología de Pahl y Beitz llegando así a la definición de estructuras muy específicas.

2.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA METODOLOGIA UTILIZADA

A continuación se mostrarán las metodologías claves mencionadas anteriormente que dieron como resultado la metodología definitiva.

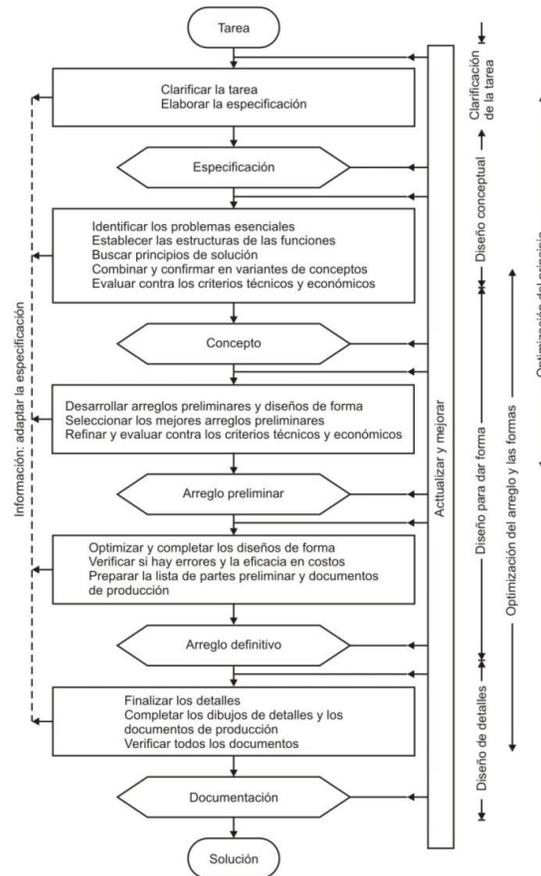
⁴ ULRICH, Kart T. y EPPINGER, Steven D. Diseño y desarrollo de productos. Enfoque multidisciplinario. 3 ed. México D.F.: McGraw-hill, 2004. 9 p.

Figura 6. Metodología de ULRICH, Kart T. y EPPINGER, Steven D.



Fuente. ULRICH, Kart T. y EPPINGER, Steven D. Diseño y desarrollo de productos. México: McGraw-hill, 2004. 9 p.

Figura 7. Modelo de Pahl y Beitz del proceso de diseño

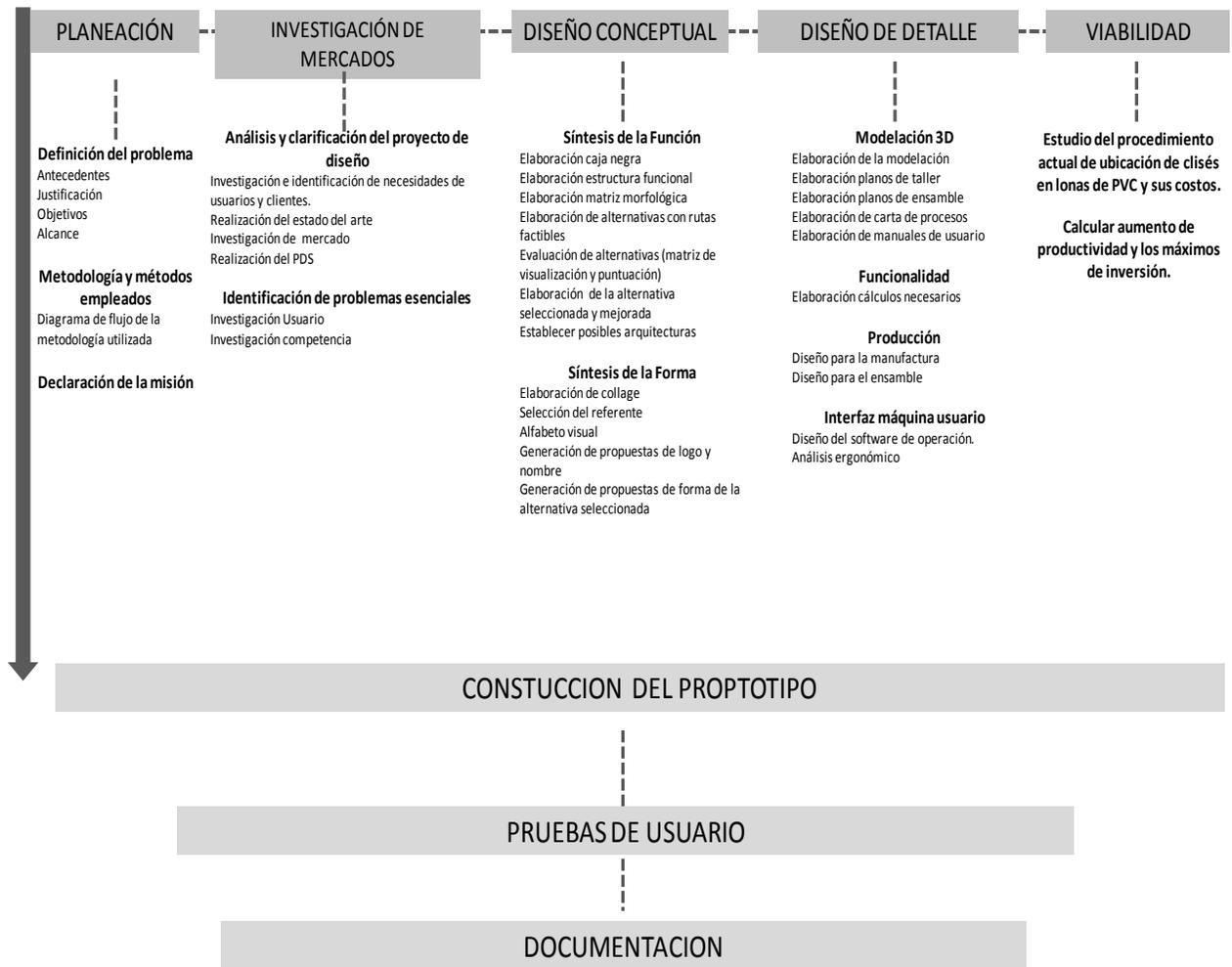


Fuente. CROSS, Nigel. Métodos de diseño. Estrategias para el diseño de productos. México: Limusa, 2008. 37 p.

Con respecto a la viabilidad económica se consideró como una fase aparte, en la cual se siguieron las instrucciones del formato usado en la materia evaluación de proyectos 2009-1, sugerido por el profesor Juan Camilo Villegas de la universidad EAFIT.

Diagrama de la metodología definitiva.

Figura 8. Metodía Ingeniería de Diseño de Producto.



Fuente. Recopilación. Elaboración propia

En este capítulo se desarrollan diferentes metodologías, para obtener la metodología final a desarrollar en el proyecto, ésta es una recopilación de toda la bibliografía obtenida durante la carrera.

3. INVESTIGACIÓN DE MERCADOS

3.1 DEFINICIÓN DEL MERCADO

El mercado del cartón en Colombia está conformado por algo más de 15 empresas productoras de celulosa para papel, papeles y cartones, que representan el 100% de la producción colombiana de pulpa para papel y más del 90% de la producción de papeles y cartones (ver tabla 2). Generan más de 7.000 empleos directos y, según cifras de 2008 el valor de sus activos supera los 7 billones de pesos, alcanzando ingresos operacionales por 3,5 billones de pesos⁵.

Este sector se encuentra en un constante crecimiento gracias a las aperturas económicas y las necesidades de un mejor servicio que requiere el cliente final de estas industrias. Se encontró así un conjunto de consumidores potenciales que comparten la misma necesidad en la etapa de pre alistamiento, en la realización de actividades como el trazado de lonas de PVC.

En la medida en que las empresas reconozcan la necesidad de invertir en nuevas tecnologías que sean asequibles a sus recursos financieros y que cumplan con resolver el objetivo específico y poder brindarles a sus clientes un producto y un servicio de alta calidad, que no genere pérdidas, que sean eficiente y de un precio razonable; las empresas podrán llegar a ser altamente competitivas abriendo nuevos mercados.

Algunas de las principales empresas del sector en Colombia son:

⁵ CÁMARA de la Industria Pulpa, Papel y Cartón. ANDI. Consultado en Septiembre 2009, en <http://www.andi.com.co/pages/comun/infogeneral.aspx?Id=15&Tipo=2>

Cuadro 2. Mercado. Empresas Sector cartón en Colombia.

EMPRESA	DESCRIPCIÓN
	<p>CARTONES AMERICA S.A es una empresa dedicada a la fabricación de cajas corrugadas papeles a base de materiales reciclados. Son los segundos productores en cartón corrugado y terceros productores de papeles como liners, cartulinas, plegadizas.</p>
	<p>CARTONERA NACIONAL S.A es una empresa que se dedica a la fabricación de empaques de cartón corrugado de tipo domico o de exportación con o sin recubrimiento, en flautas C, B o E, satisfaciendo así las necesidades del mercado colombiano en este sentido.</p>
	<p>EMPACOR S.A. es una empresa privada, que inició su operación industrial y comercial en 1979, con el propósito de suplir la demanda en el sector de los empaques corrugados, convirtiéndose en una de las empresas pioneras en la producción y conversión de papel.</p>
	<p>EMPAQUES INDUSTRIALES COLOMBIANOS S.A. es una empresa dedicada al sector del papel y el cartón.</p>
	<p>PACKING S.A es una empresa dedicada a la producción y venta de láminas, empaques y componentes en cartón corrugado los cuales se pueden imprimir mediante sistema de impresión flexográfica.</p>
	<p>PAPELSA S.A es una empresa dedicada a la fabricación de productos con fibras 100% recicladas, manteniendo los mejores indicadores del mundo en consumo de agua para la producción papelera y reutilizando la totalidad de las aguas empleadas en el proceso productivo de nuestras plantas de corrugado.</p>
	<p>PROPAC S.A es una empresa dedicada a comercialización de papel y empaques en cartón corrugado, que a través del dinamismo y la calidad, busca una participación creciente en el mercado nacional y el cumplimiento de los márgenes de rentabilidad establecidos en armonía con la comunidad y el medio ambiente.</p>
	<p>SMURFIT KAPPA S.A es el mayor productor de papeles y empaques del país, con ventas anuales durante el 2009 de \$670 mil millones. es una Compañía integrada desde la semilla del árbol hasta la fabricación de empaques; tenemos operaciones en las cuatro principales ciudades del país y nuestras acciones están inscritas en la bolsa de valores.</p>

Fuente. Elaboración propia. Información suministrada por las páginas web de las respectivas empresas.

El sector pulpa, papel y cartón tiene como visión incrementar su competitividad y globalización para el año 2015 triplicando sus exportaciones, generando operaciones rentables y mejorando en excelencia, donde aparece el tratado de libre comercio con estados unidos como una gran oportunidad para lograr estas metas⁶.

Durante el 2008 la industria del papel registró el mayor crecimiento de la última década (36,9%). En el 2009 se desaceleró este ritmo de crecimiento por el impacto de la crisis; sin embargo, la recuperación que se observó se acentuó en el 2010⁷.

Actualmente el sector del papel, en todos sus ámbitos –gráfico, embalaje, higiénico y sanitario ha apostado con firmeza por la innovación. Si bien la productividad de la industria papelera se ha incrementado un 42% en los últimos diez años, la situación de enfriamiento de la actividad económica mundial ha repercutido en una reducción de la producción en 2008, del 4,5%⁸.

La capacidad de producción de papel y cartón en Colombia ha mantenido un crecimiento moderado en los últimos 5 años. Esto se debe al aumento tanto de empresas en el sector como al incremento de plantas productivas por las empresas existentes.

⁶ Publicar S.A Directorio Comercial de Empaques Colombia Pack. Consultado en Agosto 2010, en www.colombiapack.com/web/infosector.aspx.

⁷ Blogspot. Noticias del mercado útil. Consultado en Julio 2010, en <http://noticiasutilescolares.blogspot.com/2010/06/industria-del-papel-apuesta-por.html>

⁸ Interempresas. Industria del papel. Consultado en Agosto 2010, en <http://www.interempresas.net/Graficas/Articulos/33205-Industria-del-papel.html>

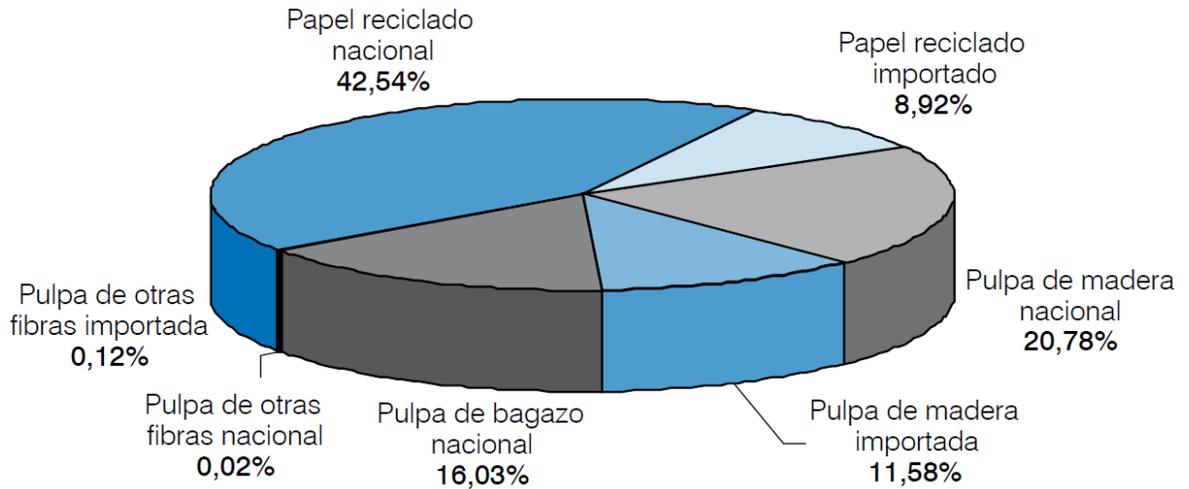
El sector del papel en Colombia es un sector tradicionalmente importador aunque en los últimos años se ha producido un aumento de las exportaciones. No obstante Colombia todavía es un país con un bajo consumo de papel y cartón per cápita. Mientras que países como España tienen un consumo anual de 171Kg/habitante Colombia se sitúa en 20Kg/habitante muy lejos también del mayor consumidor mundial que es Estados Unidos con un consumo de 347Kg/habitante. En cuanto a las empresas papeleras podemos destacar que Kimberly Colpapel disputa el liderazgo con Smurfit Kappa, ambos con una participación declinante⁹.

La materia prima básica para la producción de papeles y cartones es la celulosa. Ésta se obtiene de papel reciclado o de la pulpa de fibras vegetales. El 51% de las fibras utilizadas en Colombia provienen de papel reciclado, el 33% de la pulpa de madera-que se utiliza para los productos absorbentes-y el 16% de la pulpa de bagazo de caña de azúcar. En menores cantidades, se utiliza pulpa de fibras especiales, como “*linters*” de algodón¹⁰. Según los requisitos de resistencia y del uso que se le vaya a dar al producto, se utilizan fibras de composición diferente, bien sean cortas o largas y vírgenes o recicladas (ver figura 9).

⁹ Notas sectoriales. Documento el sector del papel y el cartón en Colombia. Consultado en Agosto 2010, en <http://www.icex.es/icex/cma/contentTypes/common/records/viewDocument/0,,00.bin?doc=577630>

¹⁰ Cámara de la Industria de Pulpa, Papel y Cartón de la ANDI, Documento Sectorial. Cadena pulpa, papel, cartón, industria gráfica e industrias editoriales. Consultado en Septiembre 2010, en http://www.comisionesregionales.gov.co/informaci%C3%B3n_sectorial/papel.pdf.1
4 p.

Figura 9. Composición del consumo de fibras en la industria de papel y cartón.

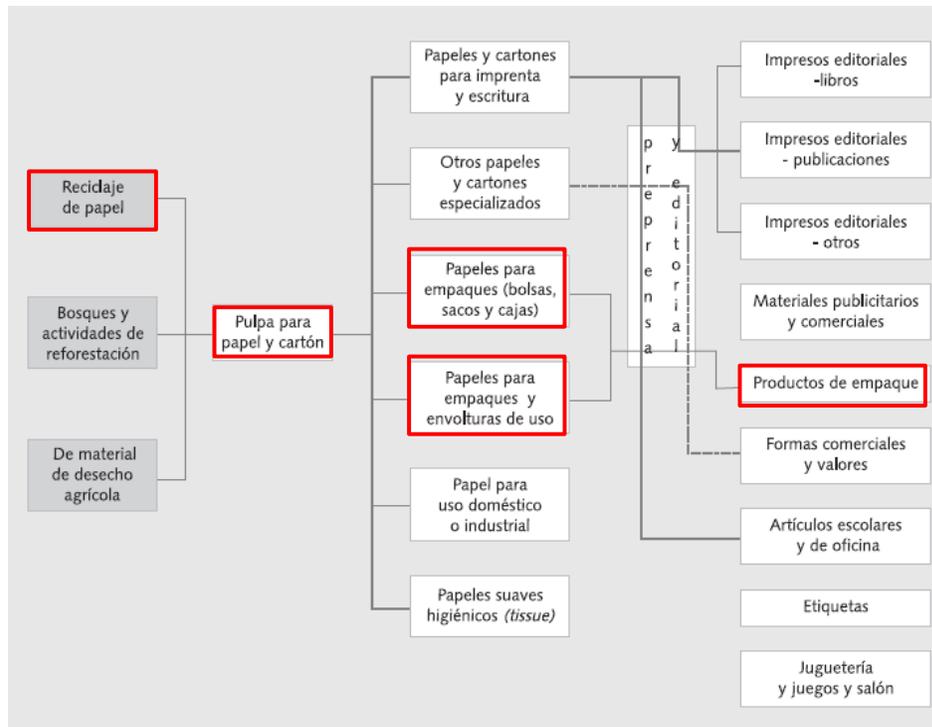


Fuente. Documento Sectorial. Cadena pulpa, papel, cartón, industria gráfica e industrias editoriales. ANDI. 14 p.

Una de las actividades más significantes dentro de la cadena de fabricación de papel y cartón y sus respectivos productos es la producción de empaques, que se generan desde el cartón y la cartulina llamados plegadizas y empaques corrugados.

Los tipos de cartones y cartulinas más utilizados para la fabricación de empaques varían de acuerdo a la combinación de papeles (ver figura 10).

Figura 10. Estructura simplificada de la cadena de pulpa, papel e industria gráfica y la ubicación del mercado al cual se quiere llegar.



Fuente. Documento Sectorial. Cadena pulpa, papel, cartón, industria gráfica e industrias editoriales. ANDI

3.2 MERCADO OBJETIVO

El mercado al cual se quiere dirigir nuestro proyecto es al grupo Smurfit Kappa Cartón de Colombia, “es el mayor productor de papeles y empaques del país, con ventas anuales durante el 2009 de \$670 mil millones”¹¹. Es una compañía que

¹¹ Smurfit Kappa. Cartón de Colombia S.A. [En línea]. Disponible en: <http://www.smurfitkappa.com.co/DropdownMenu/About+us/> [Consultado en Julio 2010]

tienen operaciones en las cuatro principales ciudades del país Barranquilla, Cali, Bogotá y Medellín.

Este mercado se puede extender a largo plazo a los diferentes países donde el Grupo Smurfit Kappa posea plantas de producción.

3.3 TRABAJO DE CAMPO

Se realizarán entrevistas en dos plantas destacadas en el sector del cartón corrugado, las cuales son PAPELSA S.A y SMURFIT KAPPA. CARTÓN DE COLOMBIA S.A. (Ver anexo C)

Los aspectos más relevantes de las visitas de campo son:

- Las dimensiones de las lonas deben ser tenidas en cuenta para el diseño del sistema:

Largo estándar: 158 cm.

Ancho: 75, 90, 110, 120, 140 cm.

- El factor de elongación varía dependiendo de la máquina en la cual va a ser montada la lona.
- En el mercado y en las empresas existen máquinas que permiten realizar el rayado de las lonas. En ocasiones no es posible utilizar estas máquinas para el rayado debido a que hay limitaciones de tamaño o en el caso de PAPELSA S.A la máquina no se encuentra en la planta y no hay disponibilidad de tiempo para realizar la labor.
- Se debe tener en cuenta la pestaña plástica que tiene un ancho de 5 cm.

- Se debe tener en cuenta las perforaciones (5) de 3mm X 30mm para asegurar las lonas en los rodillos.
- El rayado de lonas requiere de una precisión no mayor a 2mm.
- Especificaciones de las lonas de PVC.
- Considerar que el sistema posea libertad de desplazamiento en los ejes X y Y.
- Tener en cuenta la importancia de los centros del diseño en las lonas.

3.4 ESTADO DEL ARTE

Herramienta de investigación que ayuda a analizar sistemas que se encuentran en el mercado y que pueden dar solución al problema planteado.

En el siguiente cuadro se muestran sistemas que se asemejan al sistema a desarrollar con sus respectivas especificaciones técnicas, precio, referencia entre otra información relevante para el proyecto.

Cuadro 3. Estado del arte

Empresa cotizante	Contacto	País	Marca	Referencia	Precio	Especificaciones técnicas	Imagen
Machine Point Consultants, S.L	Pilar Álvarez. Directora comercial.	España	Bieffebi - OMNIA 335 - 150 B	300026218 Montador de clises. Modelo 2007	40.000 EUR aprox \$120.000.000 de pesos	<p>Ancho de tambor: 1500 mm Desarrollo de impresión (mín): 280 mm Desarrollo de impresión (máx): 1020 mm Peso de los tambores: 300 Kg La rotación del cilindro es controlado con pedal o por computador, todo esto con dos motores de 250W de corriente continua. Sistema de registro de imágenes que permite montar "en el registro" sin la necesidad de micro puntos o cruces. El sistema consta de dos monitores SONY de 14" y dos cámaras SONY con zoom de 3x a 60x de magnificación combinada. El sistema permite comparar la placa de montaje con la prueba del color anterior o en relación con líneas si no desea imprimir la prueba. La precisión del registro para tener una posición perfecta de la placa se puede comprobar directamente en los monitores, mientras que, gracias a la magnificación de imágenes, usted puede obtener una mayor precisión y montar el registro perfecto independientemente de la presencia de micro puntos o cruces.</p>	    
Polygraphica Equipment Limited	Andrew Lapish. Director comercial.	Horbury, Wakefield, West Yorkshire	Bieffebi - Mirage 320-270	R47781 modelo 1983	4.500 Libras esterlinas. Aprox. \$13.800.000 de	Ancho de tambor: 2700 mm	
Polygraphica Equipment Limited	Andrew Lapish. Director comercial.	Horbury, Wakefield, West Yorkshire	BIEFFEBI MIRAGE 318 / 270 FL MOUNTER PROOFER	R52743 modelo 1985	8.500 Libras esterlinas. Aprox. \$27.000.000 de pesos	<p>Ancho de tambor: 2700 mm Repetición de impresión: mínimo 60 milímetros y máximo 270 milímetros. Sistema de espejos para la ubicación de clises garantizando alta precisión.</p>	

Cuadro 3. Continuación.

Empresa cotizante	Contacto	País	Marca	Referencia	Precio	Especificaciones técnicas	Imagen
Barco graphics	Berit Ownde. Vnecedor	Alemania	Esko artwork	Kongsberg serie XL	18.750 Libras	<p>Área de trabajo: 1680x1270mm,1680x3050mm</p> <p>Velocidad de corte: 50m/min - 33IPS</p> <p>Sistema de sujeción: bomba de vacío</p> <p>Sistema de corte: cuchilla</p> <p>Fuerza vertical de la herramienta: 220 N - 500 N</p> <p>Consta de una serie de herramientas y cabezales adaptables que ofrecen velocidad, potencia y flexibilidad para ser utilizados en diferentes materiales desde cartones delgados hasta maderas y acrílicos</p>	
Ibertec sistemas	German Boneth. Director comercial.	Española	Zünd	LC - 2400	10.400 Libras	<p>Área de trabajo: 800x800mm, 2200x3000mm</p> <p>Velocidad de corte: 1 - 1000mm/s</p> <p>Sistema de sujeción: bomba de vacío</p> <p>Sistema de corte: cuchilla</p> <p>Superficie de la mesa en acrílico</p>	
E.L. Harley	www.elharleyinc.com/opti-chek-sp.htm	Estados Unidos	opti-chek	P-5000	Información no disponible	<p>interfaz con el usuario: dos monitores de 12"</p> <p>Diámetro de rodillos: Mínimo 6.5" máximo 23".</p> <p>Rodillos intercambiables.</p> <p>Ancho del rodillo: 41"</p>	
Omnia	www.stconverting/omnia.htm	Estados Unidos	Omnia	OMNIA 335	Información no disponible	<p>La interfaz con el usuario: 2 monitores de 15"</p> <p>Ancho de rodillo: 35.43"</p>	

Fuente. Elaboración propia

3.5 PDS. ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO DE PRODUCTO

El PDS, es una parte fundamental del proyecto ya que es el punto de partida para el diseño del producto, es donde se especifican los requerimientos, las demandas (D), y los deseos (d) del usuario (ver cuadro 4).

Cuadro 4. PDS definitivo del proyecto

CLASIFICACIÓN	NECESIDAD	INTERPRETACIÓN	MÉTRICA	UNIDAD DE LA MÉTRICA	VALOR DE LA MÉTRICA	IMPORTANSIA	DEMANDA O DESEO	ESPECIFICACIONES
DESEMPEÑO Y FUNCIONAMIENTO								
	Que el sistema tenga movimiento en los ejes necesarios.	Desplazamiento sincrónico ortogonal (En X _i en Y, en Z y en XYZ)	Rango de movimiento en ejes X,Y, Z.	Milímetros.	x= 1557 y = 1250 z=150.	5	Deseo.	I
	Que el sistema garantice el correcto registro de los clises.	El sistema cuenta con un grado de precisión.	Tolerancia.	Milímetros.	Menos de un milímetro.	5	Demanda.	I
	Que el sistema funcione con energías convencionales.	El sistema funciona con energía eléctrica.	voltaje.	voltaje, Newton fuerza	110 V.	4	Deseo.	U
	Que el sistema agilice el proceso de pre alistamiento.	El sistema es mas eficiente y preciso que el actual.	Tiempo.	Minutos.	Inferior a 25minutos por lona.	5	Demanda.	I
	Que el operario tenga el control sobre el sistema.	El sistema posee un computador como sistemas de control.	NA.	NA.	NA	5	Demanda.	I
	Que el sistema tenga la posibilidad de hacer perforaciones para los amarres en las maquinas.	El sistema posee sistema de troquelado de las lonas.	Tipo de Accionamiento.	Tipo.	Manual.	2	Deseo.	U
	Que el sistema sea fácil de usar.	El sistema presenta una interfaz clara.	Secuencias.	Cantidad.	5	3	Deseo.	I
	Que el sistema pueda trabajar largas jornadas.	El sistema esta diseñado para trabajar como mínimo un turno de trabajo continuo.	Tiempo.	Horas.	Superior a 6.	5	Demanda.	I
	Que en el sistema se puedan ubicar lonas de diferentes tamaños.	En el sistema se pueden ubicar y trazar los diferentes tamaños de lonas.	Medida mínima y máxima de las lonas.	Milímetros.	800x1570 y 1250x1570	5	Demanda.	I
ACABADO Y ESTÉTICA								
	Que el sistema tenga una forma agradable a la vista.	Se maneja alfabeto visual, referente y formas fluidas.	subjetivo.	Subjetivo.	Subjetivo.	3	Deseo.	U
	Que el sistema posea guardas de seguridad.	El sistema posee guardas de seguridad por elementos o piezas móviles.	Número de guardas.	Cantidad.	Mínimo 1 por subsistema.	4	Deseo.	U
	Que el interior sea seguro.	El sistema no posee aristas cortantes.	Radios.	Milímetro.	>5	4	Deseo.	I
MATERIALES								
	Que el material posea buenas propiedades mecánicas.	La estructura del sistema posee materiales proporcionales a los cálculos realizados para la estructura.	Esfuerzo.	Mega pascuales.	Anexo D.	5	Deseo.	I
	Que el material del exterior sea resistente a la corrosión.	La estructura posee un recubrimiento anticorrosivo y/o el sistema esta construido en polímeros o aceros inoxidable.	Pintura electroestática.	Espesor de película en micras.	30mM.	3	Deseo.	I
PROCESOS DE MANUFACTURA O FACILIDAD DE MANUFACTURA								
	Que el sistema sea fácil de construir.	Procesos de manufactura se encuentran en la universidad o en PAPELSA.	Proceso de Manufactura.		Anexo E.	5	Demanda.	I
	Que las partes a fabricar sean pocas.	El sistema posee mayor cantidad de partes estándar y pocas fabricadas.	Porcentaje de piezas estándar.	Porcentaje.	Mayor o igual al 50 %	4	Deseo.	I
	Que el ensamble del sistema sea fácil.	Tiempo necesario para ensamblar el equipo.	Tiempo.	Horas.	Inferior a 36 horas.	5	Demanda.	I
	Que el ensamble del sistema sea fácil.	Numero de partes.	Cantidad.	Unidades.	Menor de 50.	3	Deseo.	I

Fuente. Elaboración propia

CLASIFICACIÓN	NECESIDAD	INTERPRETACIÓN	MÉTRICA	UNIDAD DE LA MÉTRICA	VALOR DE LA MÉTRICA	IMPORTAN SIA	DEMANDA O DESEO	ESPECIFICACIONES
TIEMPO PARA DESARROLLAR EL PROYECTO O CRONOGRAMA								
	Que el prototipo este listo para el día indicado.	El sistema esta listo en La fecha impuesta.	Día de la entrega.	Fecha.	27 de septiembre de 2010.	5	Demanda.	U
	Que se revise todo a final de cada etapa.	Cada fase del proceso se verifica antes de pasar a la siguiente.	Tiempo.	Horas.	2 máximo.	4	Deseo.	U
	Que se cumpla con el cronograma.	El cronograma se cumple en alto grado.	Porcentaje de cumplimiento.	Porcentaje.	90%	5	Demanda.	U
ERGONOMÍA								
	Que sea fácil montar las lonas.	El proceso de montaje de las lonas se realiza fácilmente.	Tiempo.	Minutos.	Menos de 25 minutos por lona.	4	Demanda.	I
	Que los controles del sistema sean cómodos.	La posición de los controles se ajustan a estándares ergonómicos.	Ver anexo F Interacción hombre maquina y sistemas de control			4	Demanda.	I
	Que sea de fácil mantenimiento.	El tiempo de mantenimiento es corto.	Tiempo.	Días.	1Máximo.	3	Deseo.	I
	Que se incluya un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para el sistema.	Frecuencia de mantenimientos.	Días transcurridos.	Cantidad de días.	10 días.	4	Demanda.	I
	Que el sistema no genere ruido excesivo.	El sistema emite niveles de ruido permisibles durante su funcionamiento.	Intensidad sonora (Anexo F)	Decibeles.	Entre 80 y 60.			
	Que cuente con sonidos de alerta.	El sistema proporciona sonido para saber cuando finaliza el proceso.	Intensidad sonora (Anexo F)	Decibeles.	Entre 80 y 60.	4	Deseo.	I
DESECHOS								
	Que el sistema se fabrique con materiales que sean reciclables.	Los materiales con los que esta hecho el sistema sean reutilizables o reciclables.	Porcentaje de componentes reciclables.	Porcentaje.	40%	3	Deseo.	I
	Que el sistema se fabrique con materiales que sean reciclables.	El sistema permite desensamblar sus componentes para facilitar la separación de los diferentes materiales.	Porcentaje de desensamble de subsistemas.	Porcentaje.	40%	3	Deseo.	I
PARTES ESTÁNDAR								
	Que la perfilaría sea toda igual.	Manejar una sola referencia comercial de perfilaría.	Tipo.	Pulgadas.	1"x2" calibre 16.	3	Deseo.	I
	Que la tortillería sea estándar.	El sistema utiliza sistema métrico.	Sistema internacional SI.	Milimetro.	De 3 a 12 mm.			
	Que el sistema use rodamientos, cuñas, cojinetes y demás elementos estándar.	El sistema utiliza sistema métrico.	Sistema internacional SI.	Milimetro.	Rodamientos de SKF 6000.	2	Deseo.	I
COSTO DEL PRODUCTO								
	El costo total del proyecto no supera los 25 millones de pesos.	El costo total del proyecto esta alrededor de los 25 millones de pesos.	Pesos colombianos.	Pesos Colombianos.	25 millones.	3	Deseo.	I
DOCUMENTACION								
	Que el sistema posea manual de ensamble y mantenimiento.	El sistema posee manuales de ensamble y mantenimiento.	Ver anexo G	Cantidad.	1.	3	Demanda.	I
	Planos de Ingeniería y Lista de Partes.	El proyecto entrega planos técnicos y de ingeniería.	ver anexo H	Cantidad.	1.	2	Demanda.	I
	Manual de Usuario y Solución de problemas comunes.	El proyecto entrega manual de usuario.	Ver anexo I	Cantidad.	1.	2	Demanda.	I
USUARIOS								
	Que me sienta seguro al usar el sistema.	El sistema no aporrea al usuario.	Sistemas de seguridad.	Cantidad.	Mínimo 2.	4	Demanda.	U
	Que el sistema es fácil de operar para el usuario.	El sistema posee una buena cantidad de elementos de información.	Elementos de información.	Número de elementos.	Entre 4 y 8 aprox.	4	Demanda.	U
	Que el sistema sea cómodo de usar.	Sistema ajustable a las medidas antropométricas del usuario.	Ver anexo F Interacción hombre máquina y sistemas de control.			5	Deseo.	U
ENSAYOS Y PRUEBAS								
	Que el sistema cumpla con un plan de pruebas.	El sistema cumple con un plan de pruebas previamente diseñado.	Plan de pruebas.	Ver anexo L- S y capitulo diseño de detalle.		4	Demanda.	I

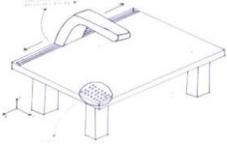
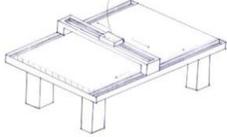
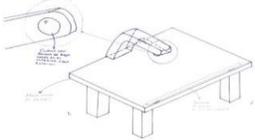
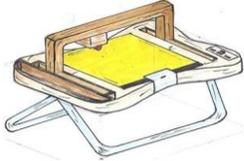
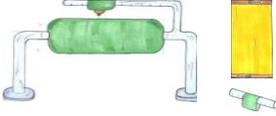
Fuente. Elaboración propia

3.6 LLUVIA DE IDEAS

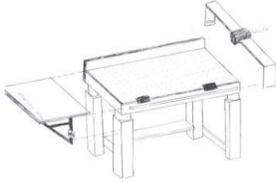
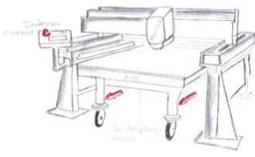
Utilizando la técnica de lluvia de ideas, con la participación de todos los integrantes del grupo de trabajo de proyecto, se dan posibles soluciones a sub sistemas dentro del sistema a diseñar (ver anexo J).

Conceptos preliminares obtenidos a partir de la lluvia de ideas, aproximándose así al diseño del sistema.

Cuadro 5. Tabla conceptos preliminares

CONCEPTOS	DESCRIPCIÓN
	<p>Mesa con sujeción de vacío para la lona. El brazo que se muestra tiene un desplazamiento solo en X y en su extremo cuenta con un cabezote giratorio, el cual, tiene montado un laser que tendría forma apuntar en la dirección Y.</p>
	<p>Esta mesa cuenta con un sistema en X y Y móvil el cual tiene en su carro un marcador de tinta que se mueve en la dirección Z. La lona se sujeta con una pestaña y por medio de pesas ubicadas en las esquinas.</p>
	<p>Este sistema consta de un cabezote giratorio que permite mover un laser en dirección X y Y combinadas con el fin de cubrir toda la zona de trabajo. La lona se sujeta en un extremo por medio de una pestaña y con vacío</p>
	<p>Mesa con forma adecuada para que el operario pueda tener acceso a todas las partes de la lona para ubicar los clises. Posee un espacio para poner los implementos necesarios para ubicar los clises como son el bisturi, tijeras y para depositar residuos. El sistema consta de un cabezote que es movido por unos motores y desplazado por unos rieles, la lona se fija mediante unas pinzas y la lona es rayada por un lapicero.</p>
	<p>La lona es montada en un rodillo, esta se sujeta por medio de unas correas, simulando el montaje en las maquinas de impresión. El rodillo gira y el sistema rayador se desplaza en dirección x y por una regleta con medidas. El operario manualmente gira el rodillo y desplaza el sistema rallador hasta la medida correcta.</p>

Cuadro 5. Continuación.

CONCEPTOS	DESCRIPCIÓN
	<p>Mesa donde se ubica la lona por medio de una pinza de todo el largo le la lona. Esta presenta un riel por donde se desplaza en x y un cabezote gracias a un motor. Hay un lapicero que raya la lona, este se mueve en dirección z debido a un cilindro hidráulico.</p>
	<p>Mesa rectangular, con extensión de esta. El sistema posee un cabezote que es movido por unos motores y desplazado por unos rieles, la lona se fija por medio de una bomba de vacío que succiona y permite que la lona este extendida en su totalidad, en esta se refleja un punto por medio de un láser el cual es portado por el cabezote permitiendo al operario marcar un punto en el espacio donde este lo esté mostrando. Además lleva un sistema de troquelado, que permite al operario perforar la lona en los puntos por donde pasan las correas de fijación del rodillo.</p>
	<p>Esta mesa cuenta con un sistema en X y Y móvil el cual tiene en su carro un marcador de tinta que se mueve en la dirección Z marcando de esta manera un punto en la lona. La lona es sujeta por medio de una bomba de vacío. La mesa posee una extensión que permite ajustar la mesa en la dimensión deseada.</p>

Fuente. Elaboración propia.

3.6.1 Evaluación de los conceptos. Al tener los conceptos preliminares se prosigue a evaluarlos por medio de la matriz de visualización, esta consiste en comparar los conceptos con un sistema que se encuentre en el mercado y que le pueda dar solución al problema planteado. Esta evaluación es guiada por criterios, que son los principales requerimientos del usuario consignados en el PDS.

3.6.1.1 Matriz de visualización. La matriz de visualización se denomina con frecuencia selección del concepto Pugh. El propósito es reducir el número de conceptos de manera rápida y mejorada.

Esta evaluación se realiza teniendo como referente la mesa de muestras (*Data technology DT3000*) que se encuentra en PAPELSA S.A. Medellín. Es el punto de partida para evaluar las alternativas en la matriz de visualización del concepto (ver tabla 6 y 7), de modo que los criterios de selección sean valorados de acuerdo a la

comparación de la máquina *Data technology* con respecto a las alternativas, dándole una clasificación de mas (+), menos (-) o igual (0).

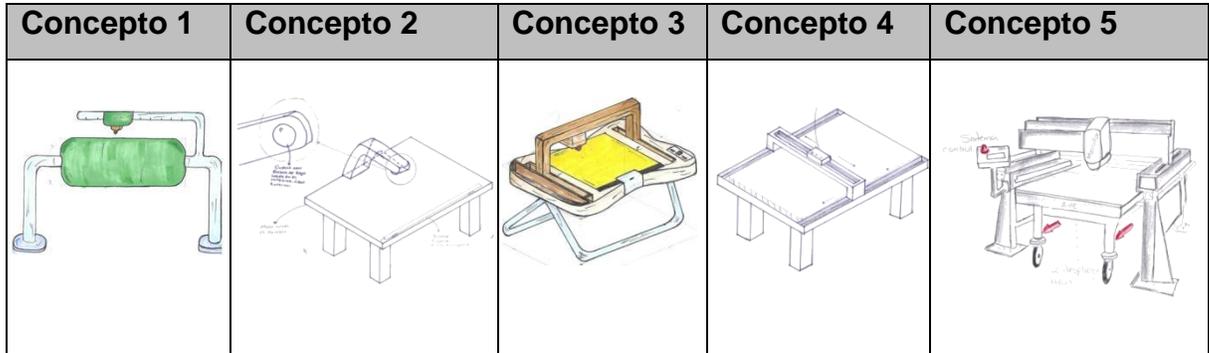
Data technology es un sistema que corta muestras de cajas en cartón corrugado. Ésta funciona por medio de dos rieles fijos los cuales guían un tercer riel que se desplaza en el eje y, a su vez este posee un cabezote que se mueve en los ejes x y z. El cabezote posee una cuchilla encargada de cortar el desarrollo de la caja en una lámina de cartón corrugado, la que es sujeta a la mesa por medio de vacío. La mesa está rodeada de un sistema de láser para evitar accidentes, pues si está en funcionamiento y el operario interrumpe el láser, se detiene inmediatamente. Igualmente el software que opera esta máquina, está diseñado para los diferentes calibres comerciales del cartón (ver figura 11).

Figura 11. Mesa de muestra *Data Technology DT3000*.



Fuente. Elaboración propia

Cuadro 6. Conceptos a evaluar.



Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 7. Matriz de visualización

CRITERIO DE SELECCIÓN	CONCEPTOS				
	1	2	3	4	5
Desempeño y Funcionamiento					
Que el sistema garantice el correcto registro de los clises	-	+	+	+	+
Que el sistema tenga en cuenta los diferentes factores de elongacion.	+	+	+	+	+
Que el sistema funcione con energía eléctrica	+	+	+	+	+
Que el sistema agilice el proceso de pre alistamiento	+	+	+	+	+
Que el sistema tenga la posibilidad de hacer perforaciones para los amarres en las maquinas	0	0	0	+	+
Que en el sistema se puedan ubicar lonas de diferentes tamaños	+	+	+	+	+
Acabado y Estética					
Que el sistema posea guardas y carcasas de seguridad.	+	+	+	-	-
Proceso de Manufactura o facilidad de manufactura					
Que las partes a fabricar sean pocas	+	0	-	0	0
Que el ensamble del sistema sea fácil	+	0	0	0	0
Ergonomia.					
Que sea fácil montar las lonas	0	+	0	+	+
Que sea fácil el acceder a los instrumentos de trabajo	0	+	+	0	0
Que los controles del sistema sen cómodos	0	+	+	+	+
Que sea de fácil mantenimiento	+	0	0	0	0
Desechos					
Que cuente con un espacio donde botar los residuos de los clises y lonas	0	0	0	0	0
Sumar +	8	9	8	8	8
Sumar -	1	0	1	1	1
Sumar 0	5	5	5	5	5
Puntuacion neta	7	9	7	7	7
Rango	2	1	2	2	2
¿Continúa?	No	Si	No	Si	No

Fuente. Elaboración propia.

Los conceptos 2 y 4 son los conceptos que se consideran más adelante, debido a que su funcionamiento es claro y viable.

En este tercer capítulo se realiza investigación del mercado del Cartón Corrugado, de sistemas que existentes que pueden dar solución al problema, las necesidades de los operarios del área de pre-alistamiento de PAPELSA S.A Y SMURFIT KAPPA. CARTÓN DE COLOMBIA S.A y se realiza un primer acercamiento de posibles soluciones. Se obtuvo la definición de las especificaciones de diseño del producto (PDS) con sus respectivos requerimientos, importancia y unidades, además de conceptos preliminares que le dan solución al sistema.

4. DISEÑO CONCEPTUAL

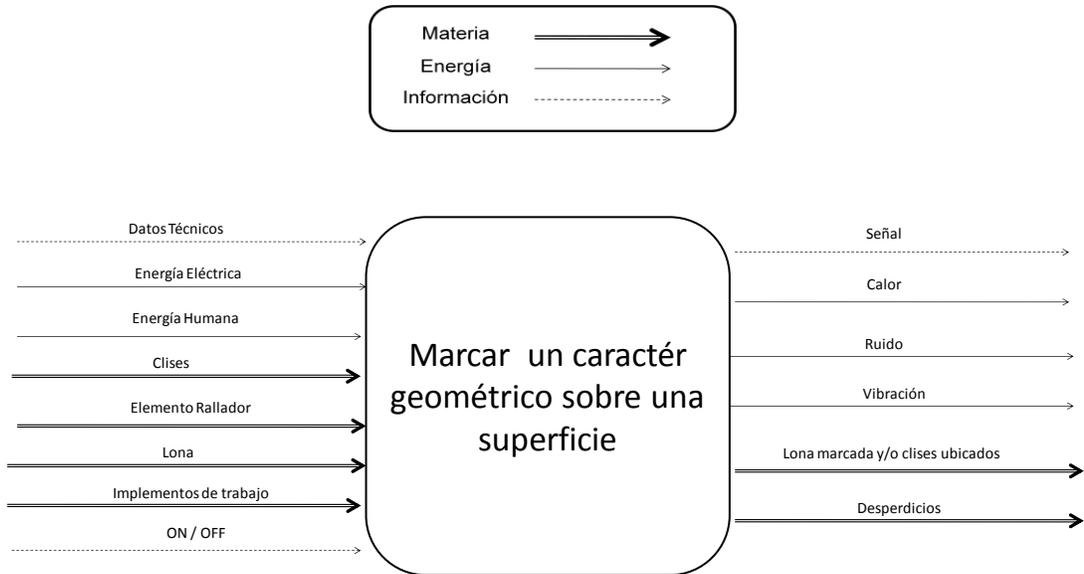
Partiendo del objetivo que se desea alcanzar, se desarrolla en esta etapa el diseño conceptual del producto (máquina), aquí se desenvuelve y se lleva a cabo la síntesis funcional y la síntesis formal, las cuales son el punto de partida para la generación de alternativas de diseño, evaluación y obtención de la propuesta final.

4.1 SÍNTESIS DE LA FUNCIÓN

Aquí se describen las funciones necesarias para el desarrollo del producto y la relación entre cada una de ellas, determinando así los flujos funcionales intercambiando energía, materia e información.

4.1.1 Caja negra. La primera fase de este proceso es la identificación de la función principal, en este caso es marcar un carácter geométrico sobre una superficie, lona de PVC, obteniendo una lona de PVC marcada y con clisés ubicados. Para poder alcanzar este resultado se pretende observar el comportamiento de los diferentes flujos de energía, materia e información como se muestra a continuación en la figura 12.

Figura 12. Caja negra del sistema posicionador de clisés.

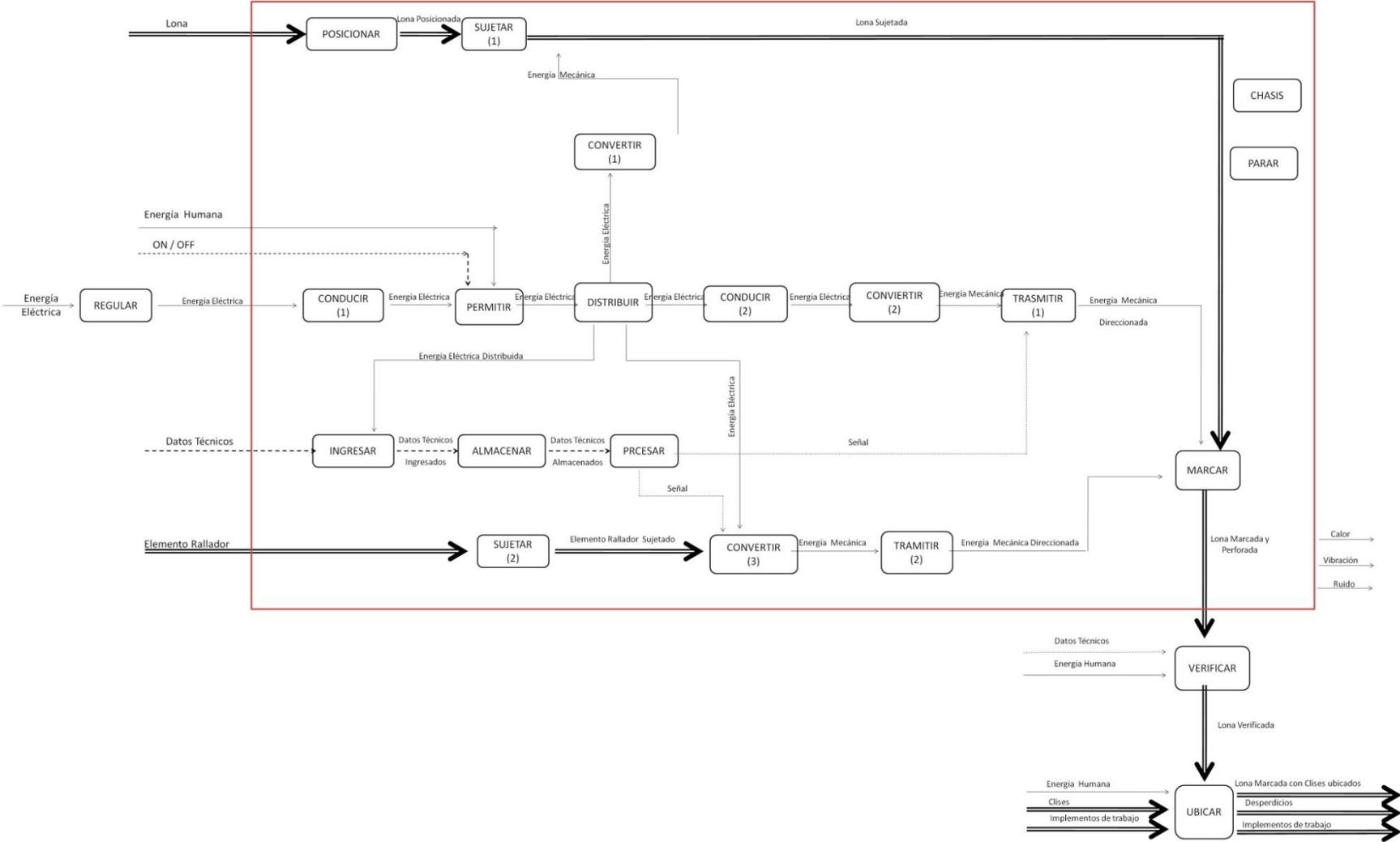


Fuente. Elaboración propia

4.1.2 Estructura funcional. Después de tener la función principal del sistema (marcar un carácter geométrico sobre una superficie) es necesario aclarar y buscar las relaciones entre las sub-funciones que logran llevar a cabo el funcionamiento de la máquina.

En la estructura funcional (ver figura 13) se muestra las actividades que debe realizar el sistema para lograr su función, como es el flujo de materia, energía e información y la relación entre estas.

Figura 13. Estructura funcional.



Fuente. Elaboración propia

4.1.2.1 Sub-funciones del sistema.

Posicionar

Posicionar la lona en el sistema.

Sujetar

1. Sistema que sujeta la lona a la máquina, para que esta no se mueva y se logre la precisión esperada.
2. Sujetar el elemento rayador que marcará el carácter geométrico sobre la lona.

Convertir

1. Convertir energía eléctrica en energía mecánica para sujetar la lona.
2. Convertir energía eléctrica en energía mecánica para realizar movimiento en x y, certificando un recorrido completo a la lona.
3. Convertir energía eléctrica en energía mecánica con el fin realizar movimiento en Z para rayar la lona.

Regular

Regular la energía eléctrica antes de entrar al sistema para evitar picos de energía.

Conducir

1. Conducir la energía eléctrica desde el toma hasta la máquina para su funcionamiento.
2. Conducir la energía eléctrica por la máquina para luego convertirla en energía mecánica para rayar las lonas.

Permitir

Permitir el paso de energía eléctrica al sistema para que comience su funcionamiento.

Distribuir

Distribuir la energía eléctrica a los diferentes sub sistemas (sujetar la lona, movimiento xy, y movimiento en z) para sus respectivos funcionamientos

Trasmitir

1. Transmitir el movimiento x y, para desplazar el sistema rallador.
2. Trasmitir el en movimiento en z, para que se dé el rallado de la lona.

Ingresar

Ingresar los datos de las posiciones de los clisés para ser rallados en las lonas.

Almacenar

Almacenar los datos de de las posiciones del clise.

Procesar

Procesar la información de las posiciones de los clise en el lenguaje del sistema para comenzar con el funcionamiento del mismo.

Marcar

Marcar el carácter geométrico donde va ubicado el clise en la lona.

4.1.3 Matriz morfológica. La matriz morfológica es la búsqueda de posibles soluciones al sistema; al igual que es un análisis sistemático de cómo se van a llevar a cabo las diferentes funciones y por medio de qué componentes. En la matriz morfológica (ver tabla 8) se presentan diferentes sistemas para cada una de

las funciones más importantes representadas en la estructura funcional; esto permite obtener diferentes combinaciones funcionales que son posibles soluciones para el funcionamiento del sistema.

Estas combinaciones son llamadas rutas factibles, en este caso son tres rutas seleccionadas las cuales nos da pie para la generación de alternativas desde una perspectiva funcional como se muestra en el cuadro 8.

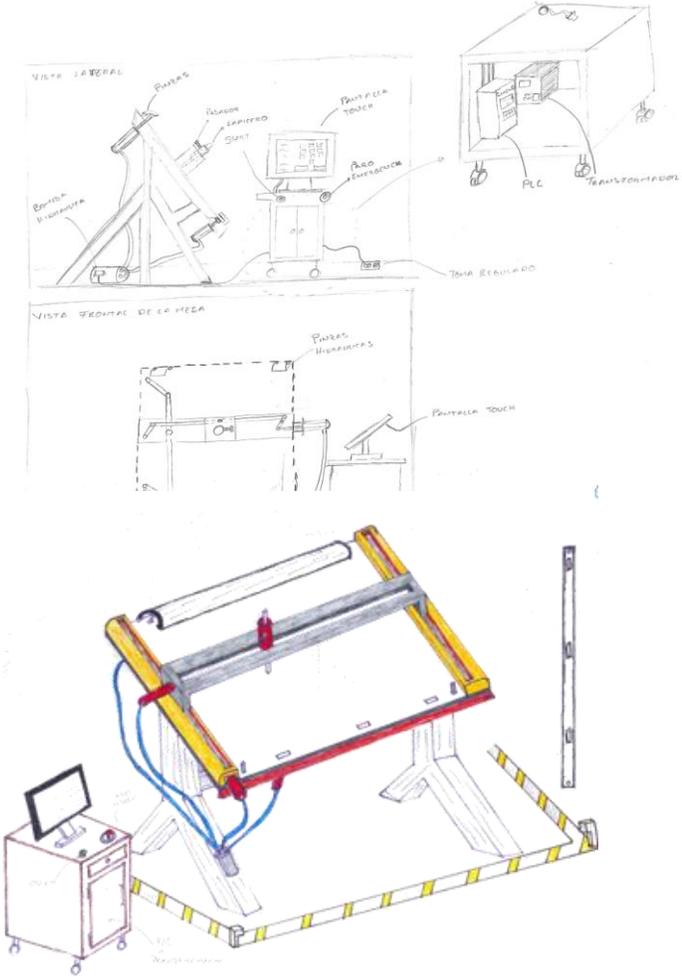
Cuadro 8. Matriz morfológica

SOLUCIONES		1	2	3	4	5	6
FUNCIONES		1	2	3	4	5	6
POSICIONAR <i>Lona</i>		Manual 	Automático 				
SUJETAR 1 <i>Lona</i>		Cinta 	Pinzas 	Vacio 	Pesas 	Pestañas 	Magnéticamente 
CONVERTIR 1 <i>Para sujetar lona</i>		Motor 	Sistema de barras 	Bomba de vacío 	Solenoide 	Cilindro hidráulico 	Cilindro neumático 
CONducIR 1 <i>Energía eléctrica</i>		Cable 					
PERMITIR <i>Paso de energía</i>		Llave 	Botón 	Palanca 	Pedal 	Pantalla touch 	Comando de voz 
DISTRIBUIR <i>Energía eléctrica</i>		Fuente 	Transformador 	PLC 			
CONducIR 2 <i>Energía eléctrica</i>		Cable 					
CONVERTIR 2 <i>Movimiento X Y</i>		Motor 	Sistema de barras 	Bomba de vacío 	Solenoide 	Cilindro hidráulico 	Cilindro neumático 
TRANSMITIR 1 <i>Movimiento X Y</i>		Tornillo sin fin 	Correas 	Engranajes 	Cadenas 	Sistema de barras 	Rieles 
INGRESAR <i>Datos</i>		Teclado alfa numérico 	Pantalla touch 	Perilla 			
ALMACENAR <i>Datos</i>		PLC 	Disco duro 	PC 			
PROCESAR <i>Datos</i>		PLC 	Calculadora 	Mentalmente 			
SUJETAR 2 <i>Elemento rayador</i>		Vacio 	Pinzas 	Mandril 	Pistón 	Pasador 	Manualmente 
CONVERTIR 3 <i>Movimiento Z</i>		Motor 	Pistón 	Sistema de barras 	Solenoide 	Cilindro hidráulico 	Cilindro neumático 
TRANSMITIR 2 <i>Movimiento Z</i>		Tornillo sin fin 	Correas 	Engranajes 	Cadenas 	Sistema de barras 	Rieles 
MARCAR		Lápiz 	Marcador 	Lapicero 	Laser 	Sello 	Punzón 
CHASIS		Perfiles estructurales Paletti 	Perifoneía estructural comercial 				

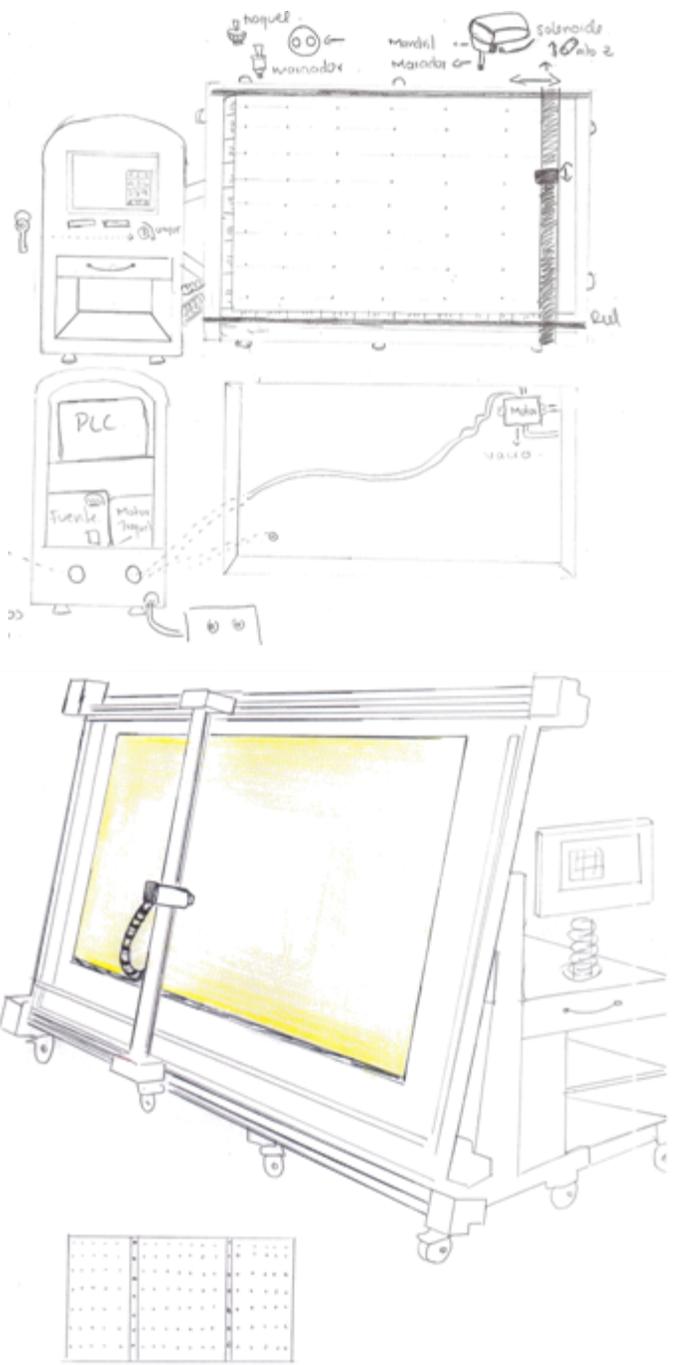
Fuente. Elaboración propia.

4.1.4 Propuestas según rutas factibles.

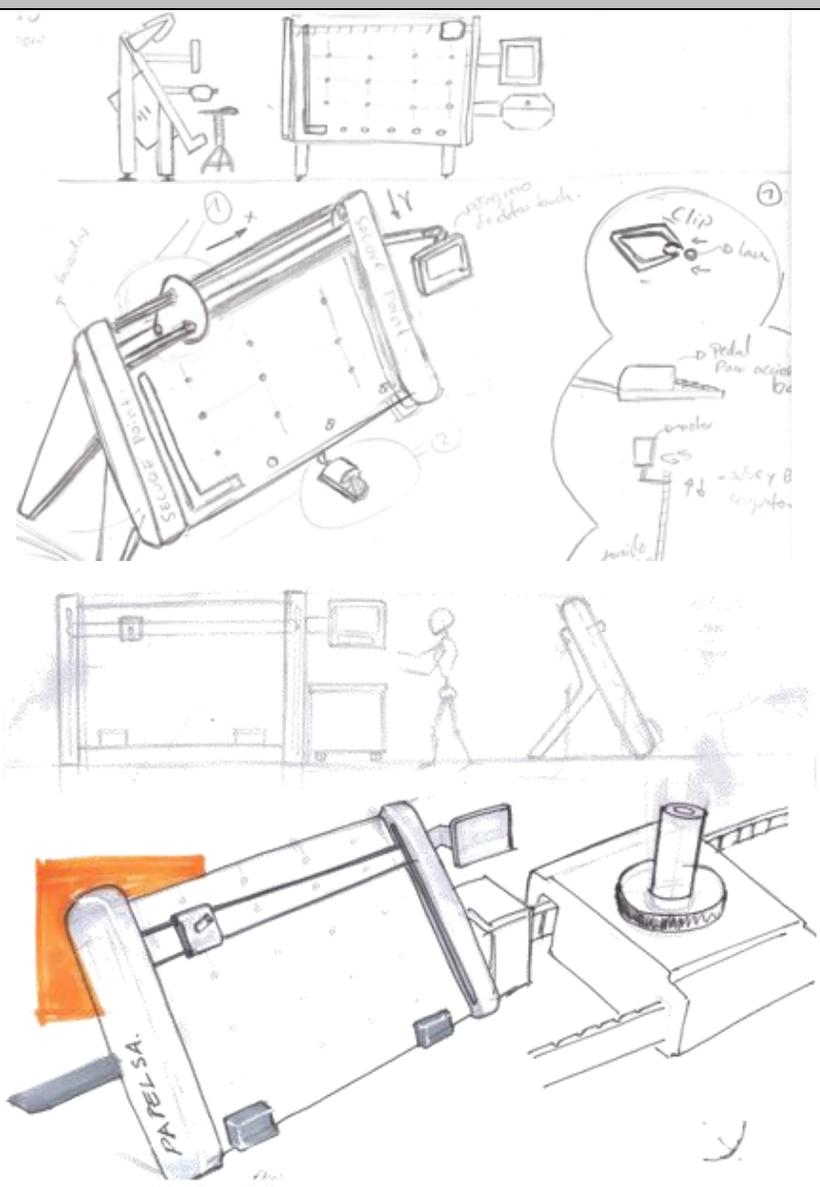
Cuadro 9. Alternativas de diseño según las rutas factibles

SOLUCIONES		ALTERNATIVA
FUNCIONES	● RUTA 1	
POSICIONAR Lona	Manual 	
SUJETAR 1 Lona	Pinzas 	
PERFORAR Lona	Troquel 	
CONVERTIR 1 Para sujetar lona	Cilindro hidráulico 	
CONducIR 1 Energía eléctrica	Cable 	
PERMITIR Paso de energía	Botón 	
DISTRIBUIR Energía eléctrica	Transformador 	
CONducIR 2 Energía eléctrica	Cable 	
CONVERTIR 2 Movimiento X Y	Cilindro hidráulico 	
TRANSMITIR 1 Movimiento X Y	Sistema de barras 	
INGRESAR Datos	Pantalla touch 	
ALMACENAR Datos	PLC 	
PROCESAR Datos	PLC 	
SUJETAR 2 Elemento rayador	Pasador 	
CONVERTIR 3 Movimiento Z	Pistón 	
TRANSMITIR 2 Movimiento Z	Riel 	
MARCAR	Lapicero 	
CHASIS	Perfiles estructurales Paletti 	

Cuadro 9. Continuación.

SOLUCIONES FUNCIONES	● RUTA 2	ALTERNATIVA
POSICIONAR <i>Lona</i>	Manual 	
SUJETAR 1 <i>Lona</i>	Vacio 	
PERFORAR <i>Lona</i>	Troquel 	
CONVERTIR 1 <i>Para sujetar lona</i>	Motor 	
CONducIR 1 <i>Energía eléctrica</i>	Cable 	
PERMITIR <i>Paso de energía</i>	Llave 	
DISTRIBUIR <i>Energía eléctrica</i>	Fuente 	
CONducIR 2 <i>Energía eléctrica</i>	Cable 	
CONVERTIR 2 <i>Movimiento X Y</i>	Motor 	
TRANSMITIR 1 <i>Movimiento X Y</i>	Riel 	
INGRESAR <i>Datos</i>	Teclado alfa numérico 	
ALMACENAR <i>Datos</i>	PLC 	
PROCESAR <i>Datos</i>	PLC 	
SUJETAR 2 <i>Elemento rayador</i>	Mandril 	
CONVERTIR 3 <i>Movimiento Z</i>	Solenoides 	
TRANSMITIR 2 <i>Movimiento Z</i>	Correas 	
MARCAR	Marcador 	

Cuadro 9. Continuación.

SOLUCIONES		ALTERNATIVA	
	● RUTA 3		
FUNCIONES			
POSICIONAR Lona	Manual 		
SUJETAR 1 Lona	Vacio 		
PERFORAR Lona	Brocas 		
CONVERTIR 1 Para sujetar lona	Sistema de barras 		
CONducIR 1 Energía eléctrica	Cable 		
PERMITIR Paso de energía	Palanca 		
DISTRIBUIR Energía eléctrica	PLC 		
CONducIR 2 Energía eléctrica	Cable 		
CONVERTIR 2 Movimiento X Y	Sistema de barras 		
TRANSMITIR 1 Movimiento X Y	Correas 		
INGRESAR Datos	Pantalla touch 		
ALMACENAR Datos	Disco duro 		
PROCESAR Datos	PLC 		
SUJETAR 2 Elemento rayador	Pinzas 		
CONVERTIR 3 Movimiento Z	Sistema de barras 		
TRANSMITIR 2 Movimiento Z	Cadenas 		
MARCAR	Lacer 		

Fuente. Elaboración propia.

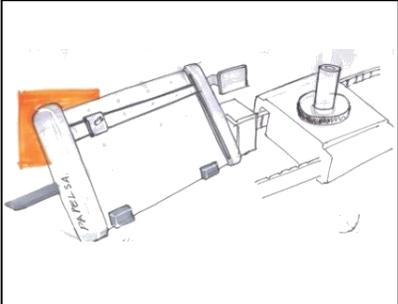
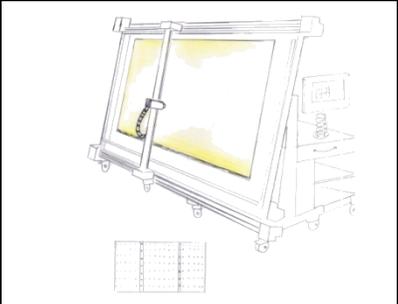
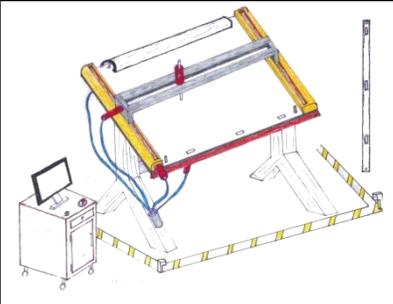
4.1.5 Evaluación de alternativas. Se tienen las alternativas, y el paso a seguir es evaluarlas con los requerimientos más relevantes del PDS para obtener la propuesta que mejor cumple con estas características y así aproximarnos más a la solución del proyecto.

4.1.5.1 Matriz de puntuación. La matriz de puntuación es un método que utiliza una suma ponderada, se le otorga porcentaje (peso) a los criterios seleccionados del PDS, y se califica cada propuesta siendo 10 el mayor puntaje y 1 el menor, posteriormente se pondera esta puntuación con el porcentaje requerido.

Finalmente la propuesta con mayor puntuación es el concepto más viable a realizar.

A continuación se muestran las alternativas a evaluar (ver cuadro 10) y su respectiva matriz de puntuación como se muestra en el cuadro 11.

Cuadro 10. Alternativas a evaluar

Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
		

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 11. Matriz de puntuación

CITERIOS DE SELECCIÓN	PESO	CONCEPTO 1		CONCEPTO 2		CONCEPTO 3	
		calificacion.	puntuacion ponderada.	calificacion.	puntuacion ponderada.	calificacion.	puntuacion ponderada.
Desempeño y Funcionamiento	40%						
Que el sistema garantice el correcto registro de los clises	10	5	0,5	10	1	10	1
Que el sistema tenga en cuenta los diferentes factores de elongacion.	5	5	0,25	5	0,25	5	0,25
Que el sistema agilice el proceso de pre alistamiento	10	8	0,8	7	0,7	8	0,8
Que el sistema tenga la posibilidad de hacer perforaciones para los amarres en las maquinas	10	10	1	10	1	10	1
Que en el sistema se puedan ubicar lonas de diferentes tamaños	5	2	0,1	2	0,1	2	0,1
total			2,7		3,05		3,15
Acabado y Estética	20%						
Que el sistema posea guardas y carcazas de seguridad.	20	10	2	1	0,2	20	4
total			2,0		0,2		4
Proceso de Manufactura o facilidad de manufactura	20%						
Que las partes a fabricar sean pocas	10	5	0,5	5	0,5	5	0,5
Que el ensamble del sistema sea fácil	10	5	0,5	5	0,5	5	0,5
total			1,0		1		1
Ergonomía.	15%						
Que sea fácil montar las lonas	5	2	0,1	2	0,1	2	0,1
Que sea fácil el acceder a los instrumentos de trabajo	2	2	0,04	2	0,04	2	0,04
Que los controles del sistema sen cómodos	5	3	0,15	3	0,15	5	0,25
Que sea de fácil mantenimiento	3	2	0,06	2	0,06	2	0,06
total			0,35		0,35		0,45
Desechos	5%						
Que cuente con un espacio donde botar los residuos de los clises y lonas	5	0	0	0	0	5	0,25
total			0		0		0,25
Puntuacion total			6,0		4,6		8,85

Fuente. Elaboración propia.

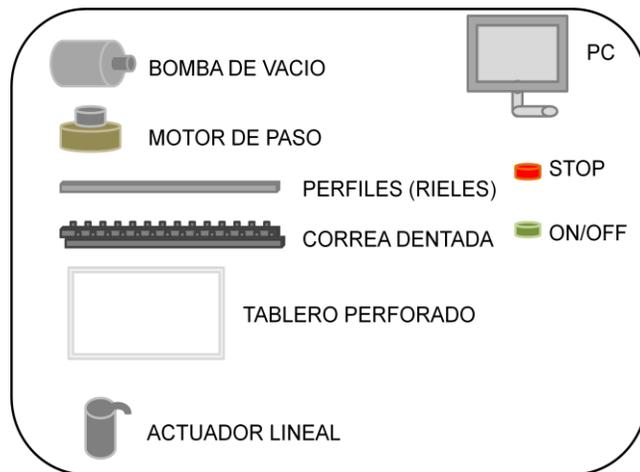
El concepto tres fue el que mayor puntuación obtuvo, debido a su facilidad de construcción y su gran viabilidad de funcionamiento, pero igualmente se tomaron sub-sistemas de las otras alternativas y conceptos tanto formales como funcionales debido a su alta puntuación.

Igualmente se siguen realizando cambios a esta propuesta, teniendo en cuenta su funcionamiento y forma.

4.1.6 Arquitecturas del producto. En la arquitectura del producto se permite ubicar y agrupar los componentes (ver figura 14) de diferentes formas de manera coherente.

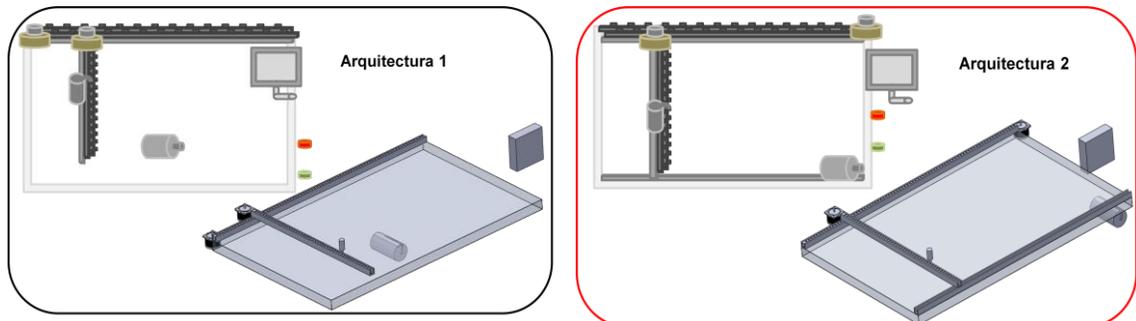
Se desarrollaron cuatro posibles arquitecturas de producto (ver figura 15), utilizando los componentes seleccionados para el funcionamiento del sistema a desarrollar.

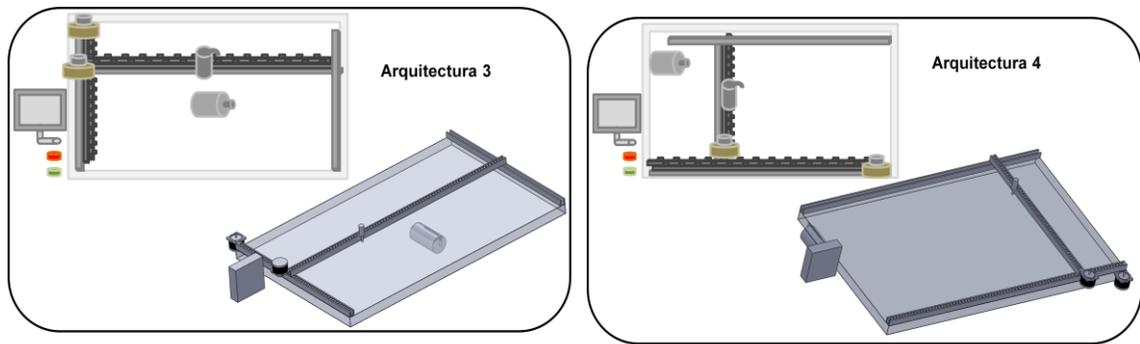
Figura 14. Componentes del sistema



Fuente. Elaboración propia

Figura 15. Arquitecturas de producto





Fuente: Elaboración propia

Después de analizar las arquitecturas, se decidió que la más viable es la arquitectura 2 como se muestra en la figura 15, debido a la simplicidad en la distribución de los componentes y a la facilidad de su funcionamiento, ya que se ayuda de la gravedad para facilitar el desplazamiento en Y, reduciendo el riesgo de atascamiento del actuador lineal, quien es el encargado de hacer el movimiento para rayar la lona. Igualmente se cuenta con un riel en la parte inferior de la mesa para guiar el desplazamiento en el eje X, necesario para garantizar precisión en el rayado.

4.2 SÍNTESIS DE LA FORMA

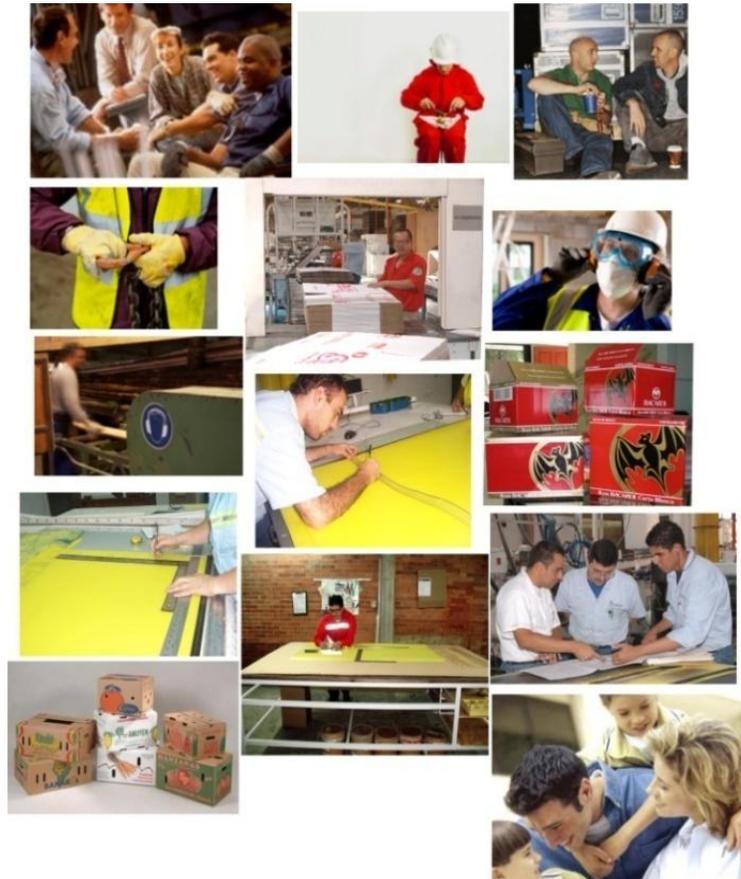
La síntesis de la forma corresponde al desarrollo formal del producto, es decir la exploración de todas las formas del producto, como contornos, interfaz con el usuario, para quien está diseñado y para qué lugar. Es en esta etapa donde se describe el *Product Styling* (forma), la semántica del producto.

Para el desarrollo de la síntesis formal, se utilizó la herramienta el Alfabeto visual el cual consiste en tomar un objeto artificial o natural y explorar la mayor información de este, tanto en sus formas, colores, texturas y mecanismos.

4.2.1 Boards. Los *boards* es una herramienta ligada al lenguaje visual, consiste en recopilar imágenes para entender al usuario en su estilo de vida, recordar el contexto en el que se va a ubicar el diseño y encontrar que la forma este coherente con el usuario. Esta herramienta nos ayuda a generar el *Product Styling*.

El primer *board* es sobre el estilo de vida del usuario, describe sus actividades laborales y sociales (ver figura 16).

Figura 16. Board de usuario (estilo de vida)



Fuente. Elaboración propia.

El segundo *board* es el de la emoción, este es el atributo que se quiere representar en el producto, cual es la emoción que se generaría en el usuario al usar el producto.

La emoción que se quiso reflejar en esta ocasión es la PRECISIÓN, ya que el sistema debe realizar un proceso preciso al rayar la lona, para así tener un correcto registro de los *Clisés*. El usuario debe percibir esta precisión para sentirse confiado al utilizar la máquina (ver figura17).

Figura 17. Board de la emoción (PRECISIÓN).



Fuente. Elaboración propia

Por ultimo se realiza el *board* del contexto, en el que se evidencia el lugar donde se va a ubicar el sistema, donde el usuario se desenvuelve y los elementos que lo rodean. En este caso el contexto es el area de prealistamiento la planta de PAPELSA S.A, ubicada en Barbosa, Antioquia (Ver figura 18).

Figura 18. Board del contexto.



Fuente. Elaboración propia

4.2.2 Alfabeto visual. Como se menciona anteriormente, el alfabeto visual es una herramienta que se utiliza para generar alternativas tanto en color, textura y/o mecanismos, partiendo desde un referente formal, lo que se evidencia a continuación.

Se selecciono un objeto, tiro al blanco (ver figura 19), como referente formal, el cual es coherente con la emoción anteriormente planteada, la precisión. Con las imágenes recopiladas se realizo una exploración formal como se muestra en la figura 20, una búsqueda de los colores y tipografía (ver figuras 21 y 22), al igual

que una exploración de los mecanismos y funciones, los cuales se utilizaron para la elaboración de alternativas del nombre y logotipo del sistema (ver figura 23), al igual que el diseño de varias alternativas para la carcasa del sistema trazador de *clisés*.

Figura 19. Referente formal. Tiro al blanco



Fuente. Elaboración propia

Figura 20. Exploración formal



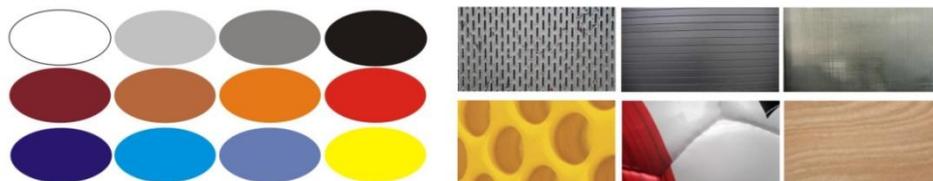
Fuente. Elaboración propia.

Figura 21. Colores y texturas del referente formal

COLORES Y TEXTURAS

Colores primarios, combinación de blanco y negro.

Texturas lisas, limpias y planas.



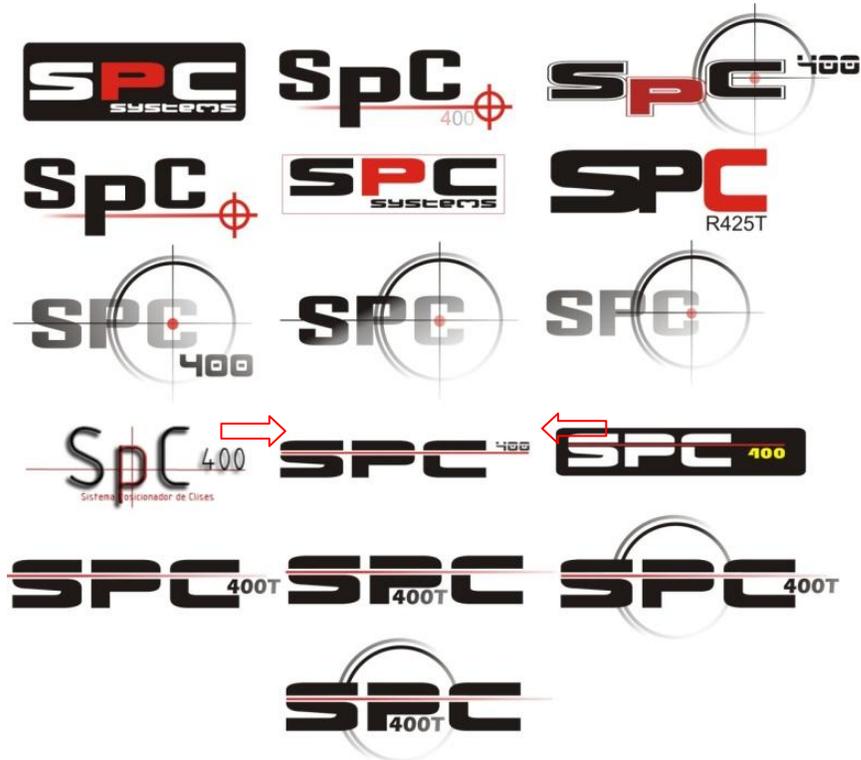
Fuente. Elaboración propia

Figura 22. Tipografía



Fuente. Elaboración propia

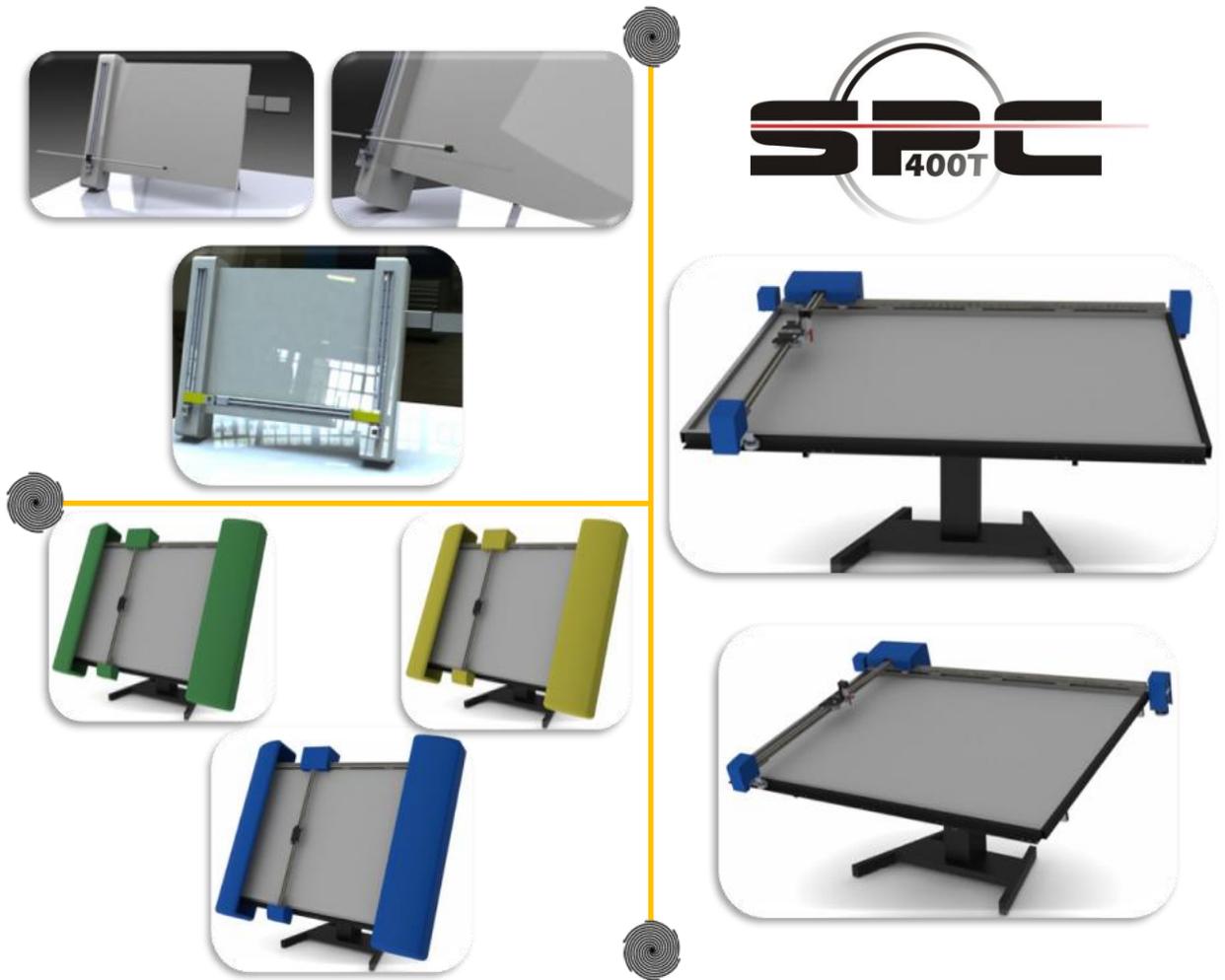
Figura 23. Alternativas de logotipo y logotipo seleccionado



Fuente: Elaboración propia.

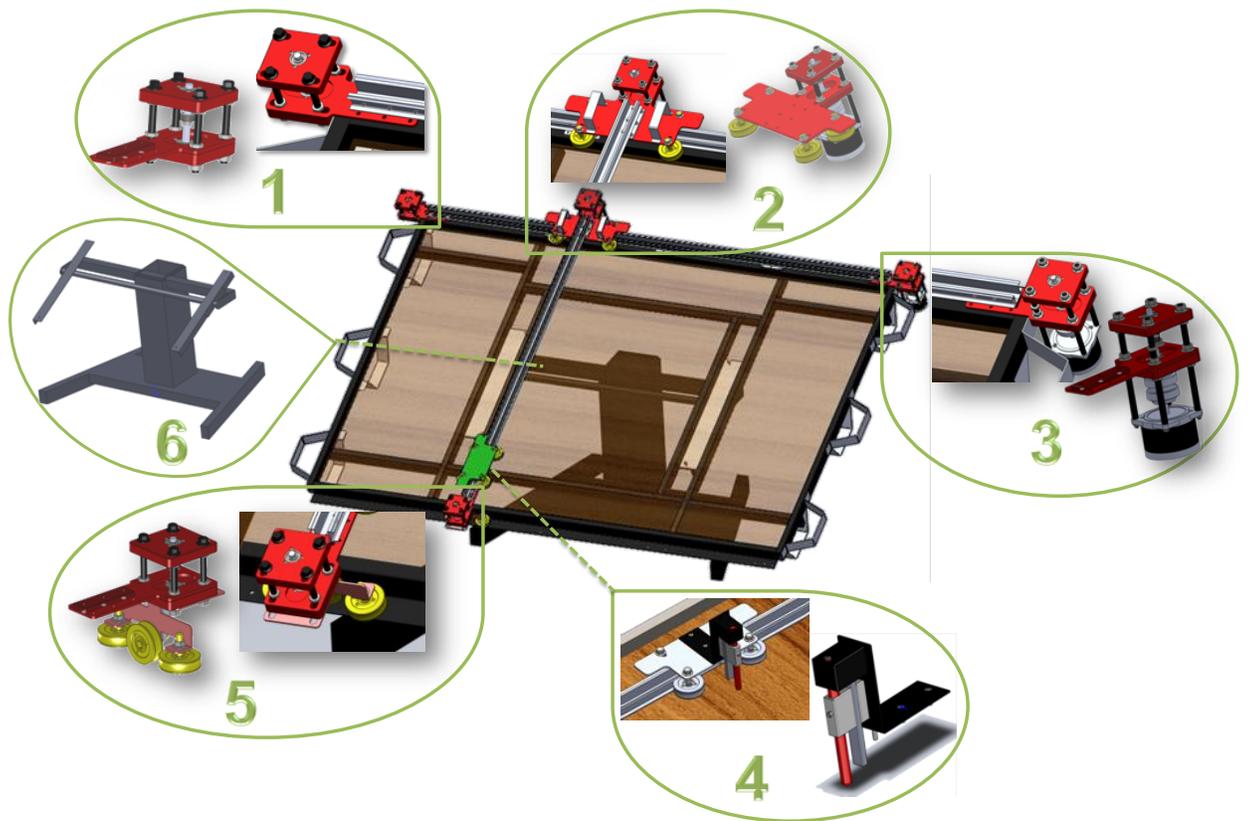
4.2.3 Explicación del concepto solución. Después de realizar toda la exploración funcional y formal, se retomaron las alternativas seleccionadas de las matrices de visualización y puntuación, se mejoraron y modificaron hasta llegar a la propuesta definitiva.

A continuación se muestran algunas imágenes de modelaciones 3D, que registran ese recorrido hasta llegar a la modelación de la propuesta definitiva.



SPC 400T (Sistema Posicionador de Clisés) es un sistema XY que marca un carácter geométrico en lonas de PVC por medio de un marcador que recorre la totalidad de la lona mediante unos rieles. El sistema realiza esta función gracias a un software, donde el usuario ingresa las medidas de donde deben ir ubicados los clisés.

Sub-sistemas de SPC400T.



1. Montaje de retorno: conformada por dos bloques de rodamientos los cuales sirven de apoyo para un eje que llevará una polea. Los bloques de rodamientos están sujetos mediante cuatro pernos a una distancia específica tal y como se muestra en la figura. Uno de los bloques está soportado por una placa de acero de 4.75 mm de espesor. Este conjunto proporciona el retorno para la correa de transmisión de potencia del sistema.

2. El carro principal mostrado en la figura, está conformado por un Montaje de Motor y un carro fabricado con una placa de acero 1020 de 4.75mm de espesor y recubierta con pintura electrostática para protegerla de la corrosión. Este carro principal se va a desplazar a lo largo de un perfil de aluminio y al cual va a estar unido otro perfil similar. Este carro va a estar sujeto a una correa de transmisión para que pueda desplazarse. Las ruedas están fabricadas de Nylatron para reducir la fricción y el desgaste temprano de las mismas.
3. Montaje de Motor: conformado por un motor paso a paso de 12V DC el cual va a transmitir la potencia mediante su eje unido por un acople flexible a otro eje. Este segundo eje está fabricado de Acero plata calibrado a 10mm de diámetro, con una polea encargada de transmitir toda su potencia mediante una correa a todo el sistema.
4. Carro secundario. El carro secundario se encuentra conformado por el subsistema de marcación, el cual, está conformado por un electroimán, un riel corredizo y un marcador. El electroimán, cuando esta energizado, eleva el marcador con el fin de evitar que marque en un punto no deseado. Cuando se desenergiza el marcador cae y marca un punto en el espacio.
5. Este conjunto está compuesto por un sistema de retorno montado en unas ruedas seguidoras que se encargan de proporcionar la estabilidad suficiente para que el sistema no se bloquee al realizar sus movimientos horizontales. Las ruedas están fabricadas en *Nylatron*, el cual, es auto lubricado y que opone la más mínima resistencia al movimiento. Las ruedas están montadas sobre una placa doblada de 4.75mm de espesor y pintada con pintura electrostática con una capa de 35micras aproximadamente.
6. El sistema de apoyo SPC400T está conformado por unas patas eléctricas que le permiten al usuario variar la altura de trabajo y a su vez la inclinación de la mesa. Estas patas están fabricadas de acero y su mecanismo de ascenso está

compuesto por un motor, un motor reductor, un tornillo sin fin y un conjunto de rodamientos.

En este cuarto capítulo se desarrolló el diseño conceptual, dividiéndose en dos partes, la primera denominada síntesis de la función, donde los resultados obtenidos fueron la caja negra, estructura funcional, matriz morfológica donde se generaron y evaluaron tres alternativas y finalmente se realizaron posibles arquitecturas del producto.

La segunda parte fue denominada síntesis de la forma, donde se obtuvieron los *boards*, estos definen el usuario, el contexto donde será ubicado el sistema, la emoción que se quiere reflejar, en este caso es la precisión y a su vez se definió el alfabeto visual, donde se encuentra el referente formal (Tiro al blanco) la exploración formal, los colores, tipografía y logo del sistema SPC.

Lo más importante de este capítulo es que está plasmado el proceso de diseño del sistema hasta llegar al concepto solución.

5. DISEÑO DE DETALLE.

5.1 DESARROLLO DEL CONCEPTO

Luego de obtener el concepto de solución definitivo, como se explicó y se mostró anteriormente se prosigue a mostrar en detalle todos aquellos componentes importantes para el desarrollo de la propuesta, tales como: la estabilidad del chasis, cálculos de ingeniería para la selección de los motores necesarios, esto con el fin de obtener una propuesta que cumpla con los requisitos esenciales que permita que el sistema sea fácil de usar, de bajo precio, y fácil de manufacturar.

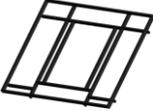
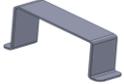
Para el desarrollo de la máquina en su totalidad es necesario hacer referencia a la elaboración de planos técnicos y planos de ensamble, al igual que las cartas de procesos, los cuales son importantes para llevar a cabo la producción y ensamble del sistema.

La interacción con el usuario es a través de una interface (por medio del computador), donde se ingresan las coordenadas x,y,z de donde deben ir ubicados los *clisés* en las lonas de PVC, luego la máquina se encarga de interpretar estos datos y transformarlos en movimiento de trazado, finalmente el usuario ubica los *clisés* en las guías que fueron marcadas.

5.1.1. Componentes a fabricar del Sistema Posicionador de Clisés.

A continuación se presenta una tabla con las partes y materiales que se deben fabricar para la realización del prototipo. Cabe anotar, que estos materiales se podrían optimizar e incluso cambiar para un diseño de producción masiva o en serie. Para mayor información sobre las piezas y materiales ver anexos D y H.

Cuadro 12. Lista de piezas y materiales

MATERIAL	PIEZA	MATERIAL	PIEZA
perfilaría rectángulas en Acero 1020 laminado en frío calibre 16	Chasis. 	Acero HR 3.175 mm	Placa de rueda seguidora 
Acero HR 4.74 mm	Placa carro principal 	Acero plata calibrado a 10mm	Eje de retorno. 
Acero HR 19 mm (mecanizado)	Soporte del riel 	Acero HR 4.74 mm	Placa de carro secundario 
Acero HR 15 mm	Soporte de riel extremo 	Acero HR 4.74 mm	Omega de fijación de carcasa 2 
Acero HR 4.74 mm	Placa del motor. 	Nylatron (PA) 12.7mm D	Ruedas 

Fuente. Elaboración propia.

5.1.2. Componentes estándar del Sistema Posicionador de *Clisés*.

Partes estándar que lleva el prototipo diseñado y desarrollado en este proyecto. Estas piezas son de fácil consecución en distribuidores locales.

Cuadro 13. Lista de partes estándar.

Parte estándar.	Cantidad.
Anillo retenedor 3AM1-10	30und
Banda Policord	4m
Imanes de Neodimio	4und
Poleas en aluminio tipo A	4und
Rodamiento SKF 6000	38und
Sistema de elevación	1und
Tornillo Buton M3X5	144und
Tornillo M10X100	32und
Tornillo M5X20	35und
Tornillo M5X8	21und
Tuerca M10 paso 1.5	11und

Fuente. Elaboración propia.

El sistema de elevación de SPC400T es un tornillo sin fin con un moto reductor el cual tiene la capacidad de resistir 250lb, una elevación máxima de 126cm y una mínima de 74cm con relación al piso. Adicionalmente este sistema cuenta con la posibilidad de escualizarse en diferentes ángulos, para lo cual cuenta con un *clutch* con un torque máximo de 150ft/lb.

La sujeción de la lona es por medio de imanes de Neodimio llamados imanes de alta potencia o tierras raras, están compuestos por neodimio, hierro, boro, y se recubren con níquel contra la oxidación. Son de alta potencia energética y

alcanzan una potencia máxima de hasta 12300 gauss y no es aconsejable exponerlos a temperaturas mayores de 140C° grados.¹²

5.1.1 Cálculos de Ingeniería.

Para el desarrollo de los cálculos, se parte del diseño realizado en solidworks (herramienta 3D CAD/CAE), para obtener un diseño detallado de los elementos de ingeniería necesarios en el sistema, adicionalmente se realizaron pruebas preliminares (ver anexos L y M), todo esto con el fin de justificar la escogencia de las piezas y elementos y permitir un diseño más ajustado a la realidad.

Tabla resumen de los datos iniciales y calculados para el Sistema posicionador de *clisés*.

Cuadro 14. Datos iniciales.

Característica	Métrica
Velocidad máxima de trazado.	3500mm/min
Numero de ejes	3 ejes: x, y, z
Peso del carro principal	4.6 kg
Peso del carro secundario	2.8 kg
Precisión de trazado	1mm
Resistencia a la fricción de las ruedas	Buena
Herramienta de trazado	Marcador
Regulación e impulsión del sistema	110V a 20A 50/60HZ
Área de trabajo	1650X1200
Interface	Computador
Material a trazar	Lona de PVC
Sistema de sujeción de la lona de PVC	Imanes de Neodimio

Fuente: Elaboración propia.

¹² Distriman imanes especiales. [En línea]. Disponible en: <http://www.distriman.com.ar/> [Consultado en Octubre 2010]

5.1.1.1 Cálculos para selección de motor. Para garantizar que los motores desplacen los carros en los ejes X y Y, se calculó el torque necesario que estos deben tener para su correcto funcionamiento en la inclinación de trabajo.

La distancia de aplicación de la fuerza, equivale al radio de la polea utilizada en la máquina.

$$R = 8.3mm = 0.083m$$

Las fuerzas necesarias para romper el momento de los carros fueron obtenidos mediante un dinamómetro calibrado en la Universidad EAFIT. Los resultados son los siguientes:

Fuerza necesaria a 60° de inclinación sin banda de transmisión = 10N

Fuerza necesaria a 60° de inclinación con guaya metálica = 40N

Fuerza necesaria a 60° de inclinación con Policor = 15N

Igualmente se realizaron las mediciones de la fuerza necesaria para mantener en movimiento los carros del sistema y los resultados fueron los siguientes:

Fuerza necesaria a 60° de inclinación sin banda de transmisión = 5N

Fuerza necesaria a 60° de inclinación con guaya metálica = 30N

Fuerza necesaria a 60° de inclinación con Policor = 12N

Conociendo estos valores se procede a averiguar el torque necesario que debe suministrar como mínimo el motor para mover estos carros.

Se sabe que: $T = F \cdot d$

Donde T es el torque requerido, F es la fuerza necesaria y d es la distancia perpendicular que hay del punto de aplicación de la fuerza al centro del eje del motor. Ts será torque para vencer el momento y Td será el torque para mantener

en movimiento los carros del sistema. La posición de trabajo de la mesa es de 60° con respecto al piso.

- $T_{s60^\circ} = 10N \times 0.083m = 0.83N/m$; Sin banda de transmisión.
- $T_{s60^\circ} = 40N \times 0.083m = 3.32N/m$; Con guaya metálica.
- $T_{s60^\circ} = 15N \times 0.083m = 1.244N/m$; Con Policor

Esto muestra que entre más vertical se encuentre la mesa, ésta va a requerir un menor torque por parte del motor para comenzar a rodar.

- $T_{d60^\circ} = 5N \times 0.083m = 0.415N/m$; Sin banda de transmisión.
- $T_{d60^\circ} = 30N \times 0.083m = 2.49N/m$; Con guaya metálica.
- $T_{d60^\circ} = 12N \times 0.083m = 0,996N/m$; Con policor.

Luego de realizar los cálculos para averiguar el toque del motor que se requiere para dar movilidad al sistema, se puede concluir que si se utiliza el Policor como banda de transmisión, se puede utilizar un motor de menor torque que si se utiliza la guaya metálica como banda de transmisión. Por otro lado, se concluye que el torque mínimo requerido para este sistema es de 1.5 N/m ubicando la mesa en su posición de trabajo que es de 60° .

El motor seleccionado para el proyecto es *Vexta stepping motor PH 296-02* con una resolución de 1.8° por paso y un torque de 0,85 N/m. Según las pruebas de fuerza realizadas con el fin de averiguar el torque necesario para mover los carros del sistema (1.5N/m), el motor seleccionado sin ningún tipo de reductor o polea no sería capaz de moverlos. Al utilizar una polea de aluminio, con un diámetro interior de aprox. 16mm, se le está aumentando la ventaja mecánica al motor, logrando así mover los carros sin ninguna dificultad. Ver anexo T para más información sobre estos motores.

5.1.2 Análisis CAD/CAE.

Para determinar si la estructura cumple con las especificaciones preliminares como la estabilidad y resistencia, se realiza un análisis CAD/CAE con la ayuda del programa de Análisis de Elementos Finitos de Solidworks 2010, edición Profesional.

El análisis estático del chasis se realiza con una presión uniforme, distribuida a lo largo de los perfiles que estarán cargados en el prototipo con todos los elementos del sistema. Se supone una resistencia del chasis a la carga de todos los elementos que estarán sobre él y que cuenta con un factor de seguridad mayor de 2. Para este análisis se realizó una malla sólida con un Solver tipo FFEPlus y una temperatura a tensión de acero de 298° Kelvin.

Los elementos para el mallado fueron: 4 Points, 30.144mm de tamaño de elementos, 21447 elementos y 41997 nodos.

La estructura de la mesa consta de perfiles rectangulares calibre 16 [SW] AISI 1020 Acero laminado en frío.

Cuadro 15. Propiedades del material en SolidWorks.

Nombre de propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2.05e+011	N/m ²
Coefficiente de Poisson	0.29	NA
Módulo cortante	8e+010	N/m ²
Densidad	7870	kg/m ³
Límite de tracción	4.2e+008	N/m ²
Límite elástico	3.5e+008	N/m ²
Coefficiente de dilatación térmica	1.2e-005	/Kelvin
Conductividad térmica	51.9	W/(m.K)
Calor específico	486	J/(kg.K)

Fuente: elaboración propia.

Para el análisis del modelo se aplicó una restricción donde se sujeta el sistema de elevación de la mesa.

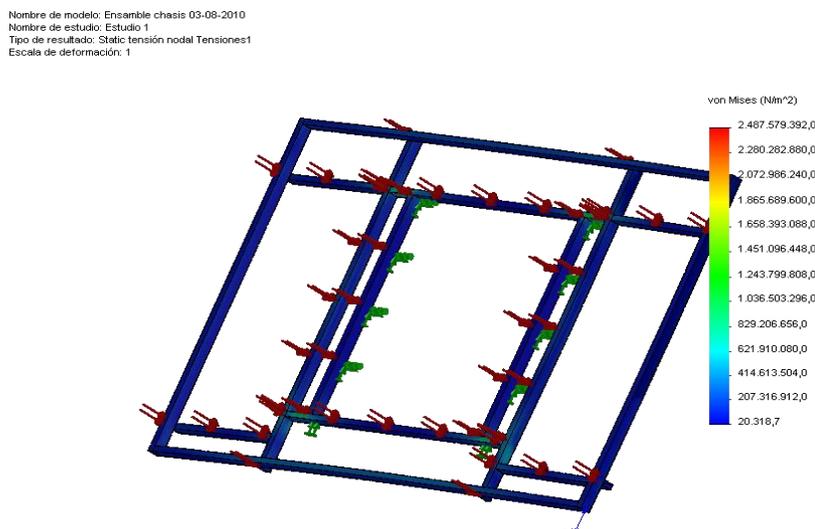
Con respecto a las cargas utilizadas en el análisis, se presenta como una presión ejercida sobre él y distribuida uniformemente por todos los elementos estructurales.

En el chasis no hay conectores como pernos, pasadores o bisagras. Todas las uniones de los elementos que conforman el chasis están dadas por soldadura TIG.

5.1.2.1 Resultados del estudio.

Lo que se observa en las siguientes imágenes son las graficas de tensión, desplazamiento y deformación unitaria con sus respectivos resultados luego de haber realizado los estudios del chasis.

Figura 24. Estudio de tensiones

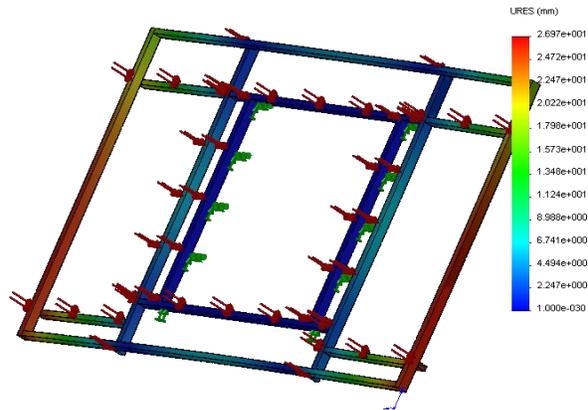


Fuente. Solidworks 2010, edición Profesional.

El estudio de tensión dio como resultado un tensión mínima de 20318.7 N/m² y una máxima de 2.48758e+009 N/m²

Figura 25. Estudio de desplazamiento.

Nombre de modelo: Ensamble chasis 03-08-2010
Nombre de estudio: Estudio 1
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
Escala de deformación: 1

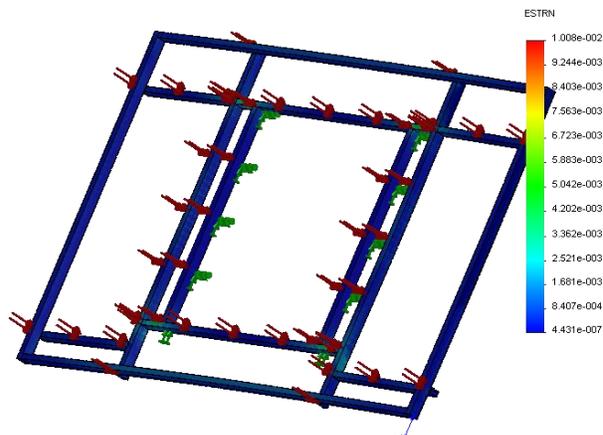


Fuente. Solidworks 2010, edición Profesional.

El estudio de desplazamiento dio como resultado un desplazamiento mínimo de 0mm y uno máximo de 26.9655 mm.

Figura 26. Estudio de deformaciones unitarias.

Nombre de modelo: Ensamble chasis 03-08-2010
Nombre de estudio: Estudio 1
Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
Escala de deformación: 1



Fuente. Solidworks 2010, edición Profesional.

Este estudio dio como resultado un mínimo de deformación unitaria equivalente de $4.43122e-007$ y un máxima de 0.010084

Luego de realizado el análisis de elementos finitos se puede concluir que la deformación y el desplazamiento que sufriría el chasis dado que se le aplicará una presión similar, es despreciable para la función que este cumple. En las gráficas se puede observar que los elementos que más sufren en chasis son los largueros laterales dada su longitud y los puntos de sujeción de todo el chasis.

No basándose en este estudio pero si apoyados en él, podemos determinar que el diseño del chasis cumple con las especificaciones deseadas para el prototipo que será construido a corto plazo. No se descarta obviamente un rediseño y un cambio de material dada una producción masiva del sistema completo.

5.3 INTERFAZ CON EL USUARIO

La interfaz con el usuario es el medio por el cual el usuario se comunica con la máquina, en el caso de SPC400T es por medio un computador, el cual, tiene una aplicación *Mach3*¹³ las que permite generar los movimientos en X, Y, Z. (Ver anexo U)

Adicionalmente el sistema cuenta con un software llamado *Sheet Cam*¹⁴ (ver anexo V) el cual convierte los archivos que contienen las coordenadas de donde deben ir ubicados los *clisés* de *.DXF*¹⁵ en código G.

Las coordenadas deben ser ingresadas por el operario mediante un teclado numérico igual al de los computadores.

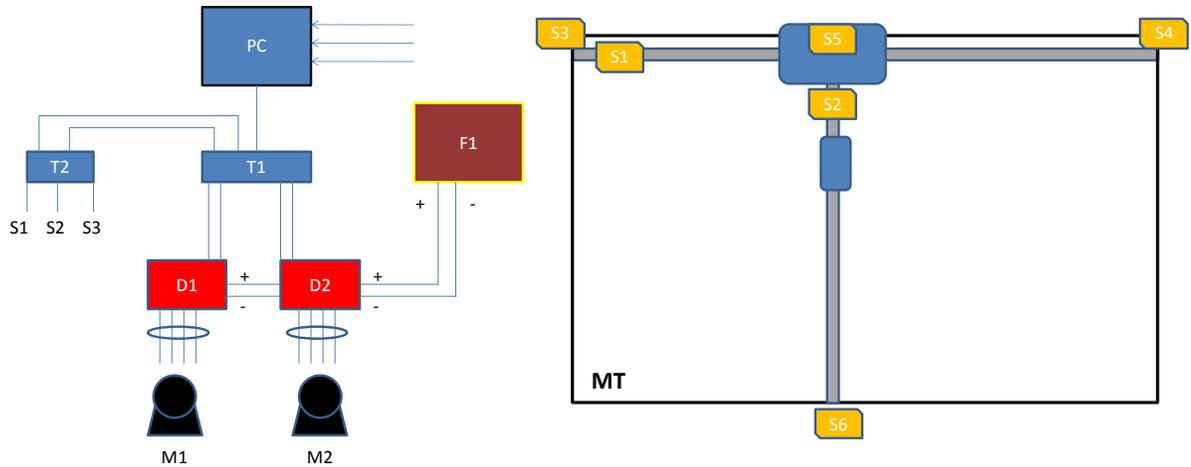
¹³ Mach3. Software en serie de CNC desarrollado por ARTSOFT USA.

¹⁴ Sheet Cam. Desarrollado por Stable Design, en Inglaterra.

¹⁵ .DXF. Extensión de archivos generado por un software CAD.

5.3.1 Esquema electrónico.

Figura 27. Esquema eléctrico y esquema de ubicación de los sensores en SPC400T.



Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 16. Convenciones de figura 27.

SIGLA	DESCRIPCIÓN
M	Motor paso a paso
D	Gecko Drive
T1	Tarjeta de expansión puerto paralelo
F1	Fuente AC/DC
T2	Tarjeta sensores
S1	Swiche home X
S2	Swiche home Y
S3	Swiche fin de carrera X-
S4	Swiche fin de carrera X+
S5	Swiche fin de carrera Y-
S6	Swiche fin de carrera Y+
MT	Mesa de trabajo

Fuente. Elaboración propia.

5.4 ANÁLISIS ERGONÓMICO

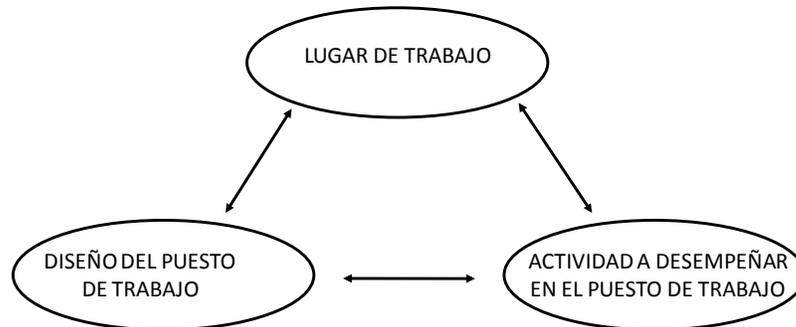
La aplicación de la ergonomía al lugar de trabajo reporta muchos beneficios evidentes. Para el trabajador, unas condiciones laborales más sanas y seguras; para el empleador, el beneficio más patente es el aumento de la productividad.

La ergonomía es una ciencia de amplio alcance que abarca las distintas condiciones laborales que pueden influir en la comodidad y la salud del trabajador, como la iluminación, el ruido, la temperatura, las vibraciones, el diseño del lugar en que se trabaja, las herramientas, las máquinas, el puesto de trabajo entre otros.

Por lo general, es muy eficaz examinar las condiciones laborales de cada caso al aplicar los principios de la ergonomía para resolver o evitar problemas. En este caso para el diseño del sistema se tuvieron en cuenta, el diseño del puesto de trabajo, su comodidad y seguridad al igual que la productividad y bienestar del operario. (Ver anexo F)

Se hizo énfasis en mantener la relación entre el lugar, el diseño del puesto de trabajo y la actividad a desempeñar, (ver figura 28) y así obtener unas condiciones óptimas para el empleado, evitando lesiones y enfermedades habituales debido a malas posturas en la realización de las actividades.

Figura 28. Relación entre tres puntos fundamentales para un buen diseño ergonómico.



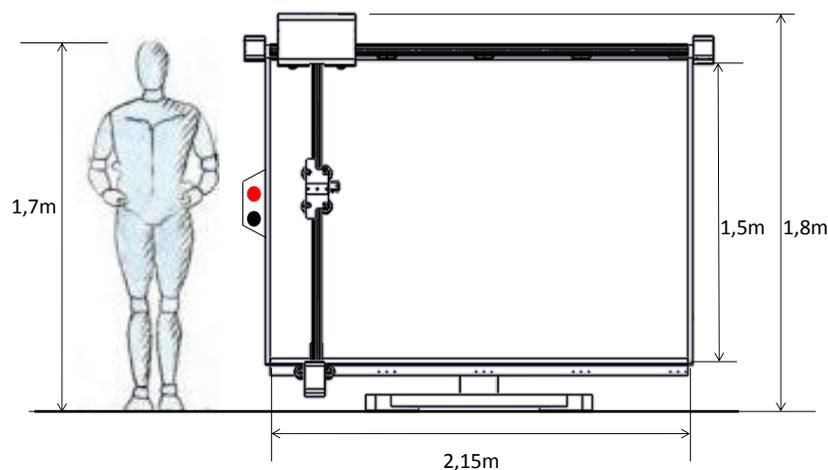
Fuente: Elaboración propia

Los principios aplicados en el diseño del sistema posicionador de clisés:

5.4.1 Principios de ergonomía aplicados en el diseño de SPC400T.

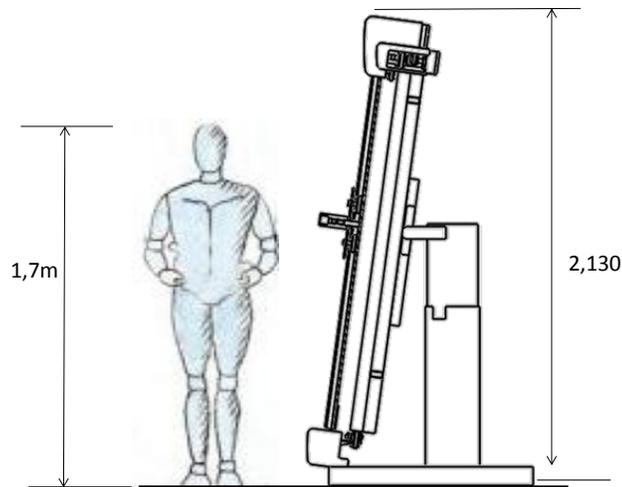
El sistema de apoyo de la maquina, permite que la mesa sea elevada y ubicada en varias posiciones angulares, esto para brindarle al usuario más comodidad al momento de ubicar los *clisés* en la lona de PVC.

Figura 29. Medidas generales del sistema en la posición más baja con la mesa ubicada verticalmente.



Fuente. Elaboración propia

Figura 30. Medidas generales del sistema en la posición más elevada con la mesa ubicada verticalmente.

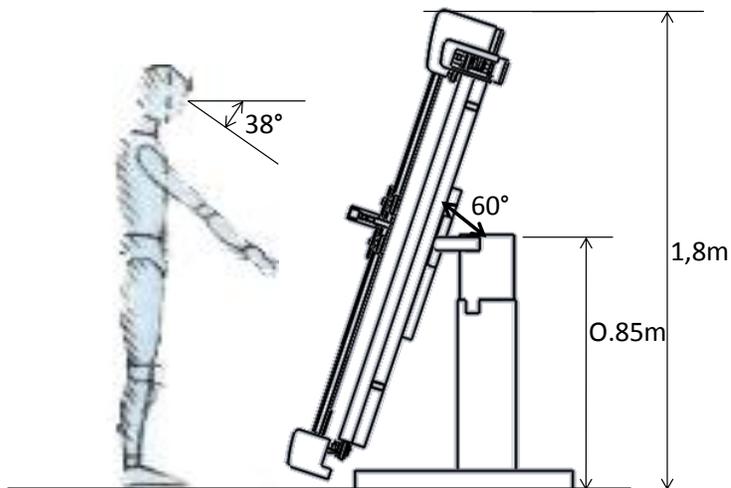


Fuente. Elaboración propia

5.4.1.1 Posición de trabajo.

El sistema debe estar ubicado en la menor altura y a una inclinación de 60° siendo esta la posición de funcionamiento de SPC400T y la posición más ergonómica para que el operario ubique los *clisés* en las lonas.

Figura 31. Posición de trabajo.

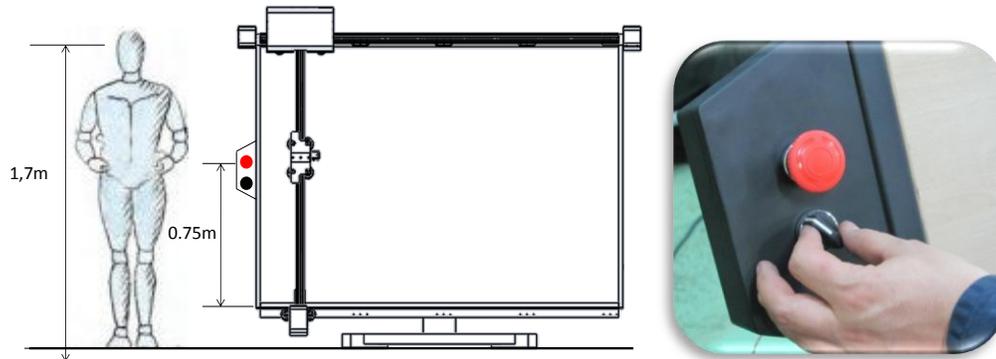


Fuente. Elaboración propia.

5.4.1.2 Comandos.

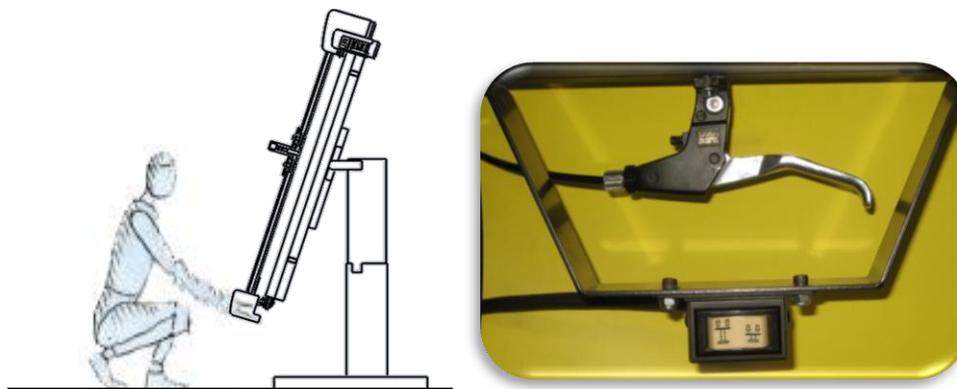
El sistema cuenta con un botón de paro de emergencia y uno de on/off, al igual que una palanca para darle inclinación a la mesa y un swiche para la graduación de altura.

Figura 32. Botones de paro de emergencia y on/off del sistema.



Fuente. Elaboración propia.

Figura 33. Palanca de inclinación de la mesa y *switch* para graduar la altura.

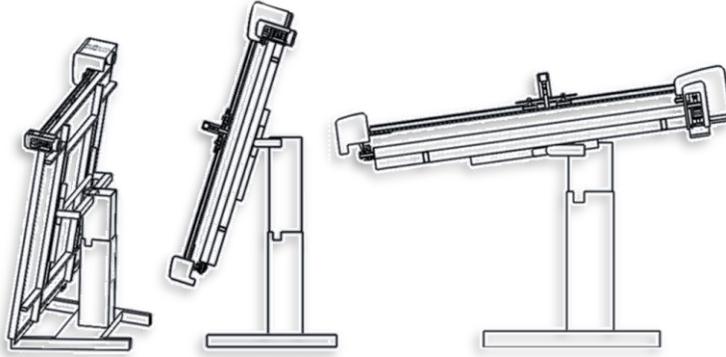


Fuente. Elaboración propia.

La palanca para inclinar la mesa y el *switch* para la graduación de altura se encuentran ubicadas en esta posición debido a que inclinar la mesa desde este punto, evita un desbalanceamiento crítico del sistema y reduce la fuerza que el operario debe ejercer en comparación de si se realiza esta operación desde uno de los laterales o extremos de la mesa. Por otra parte la ubicación del *switch* para la elevación obliga al operario a estar pendiente del punto más bajo de la mesa,

evitando así un estrellón del sistema contra el piso causando daños severos al SPC400T

Figura 34. Otras posiciones del sistema.



Fuente. Elaboración propia.

6. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

Para la construcción de cada una de las piezas del sistema posicionador de clisés para cajas de cartón corrugado, se parte de la consecución de los materiales y elementos pertinentes para cada una de ellas, posteriormente se llevan los materiales a REYMO donde se maquinan todas la piezas de precisión y a JVCEL donde se fabricaron y pintaron las piezas en lámina, como las carcasas, soportes de motor y chasis.

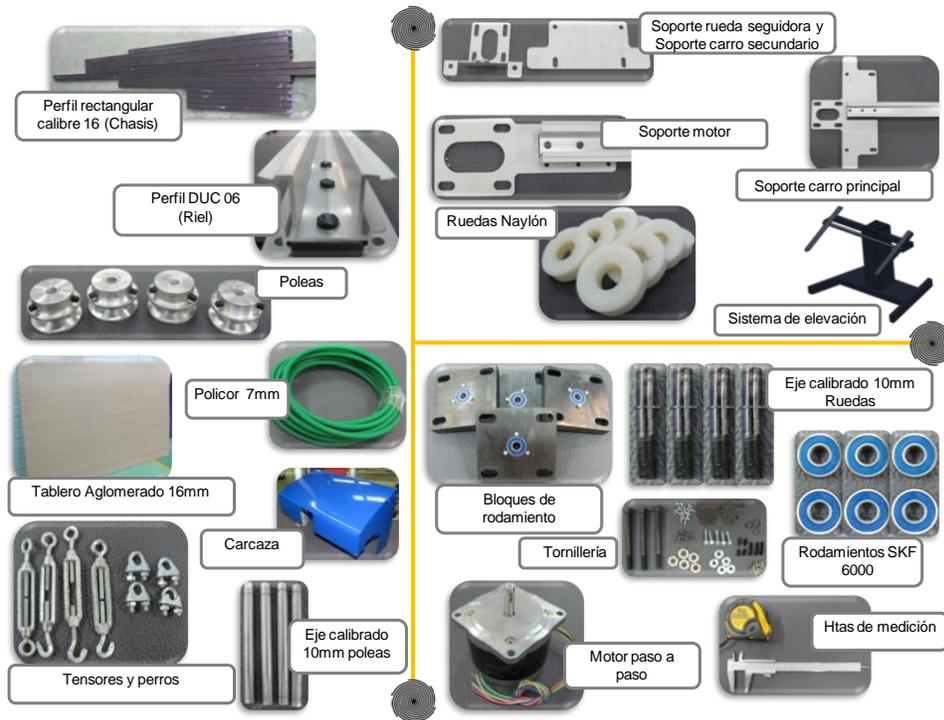
6.1 CAMBIOS REALIZADOS DURANTE EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

Tras una serie de análisis y reuniones con varios asesores y conocedores del tema de la neumática, se optó por la no utilización del vacío como opción de sujeción para las lonas en éste prototipo debido a su alto costo y al retraso que implicaría el diseño y la construcción de éste sistema para el proyecto. En su reemplazo se utilizan una serie de imanes que proporcionan el agarre necesario para mantener en posición las lonas de PVC en el área útil del prototipo.

6.2 PROCESO DE FABRICACIÓN

En la figura 35 se mostrarán algunas de las piezas ya sea en su proceso de fabricación o ya terminadas.

Figura 35. Producción de las piezas del sistema posicionador de *clisés*.



Fuente. Elaboración propia.

6.3 PROCESO DE ENSAMBLE

Para el desarrollo de cada una de las piezas y su respectivo ensamble se utiliza la modelación y sus respectivos planos, para poder llevar a cabo el ensamble del sistema posicionador de *clisés*, el cual se realiza en el taller de soldadura de la universidad EAFIT.

Al obtener todas las piezas listas, se realizó el ensamble total del sistema (ver figura 36)

Figura 36. Ensamble y sub ensambles del sistema posicionador de *clisés*.



Fuente. Elaboración propia.

7. PRUEBAS DEL PRODUCTO

Al finalizar la fabricación y el ensamble del prototipo, se efectúan algunas pruebas para evaluar el funcionamiento de los subsistemas.

7.1 PRUEBAS DE INGENIERÍA

7.1.1 Prueba de tracción para banda de transmisión.

Debido a la naturaleza de la construcción del prototipo para este proyecto se investigo sobre distintos materiales que pudiesen ser utilizados en reemplazo de la banda dentada de trasmisión que sería el medio ideal para estos equipos. A continuación se enumeran los materiales ensayados y las observaciones encontradas.

Cuadro 17. Comparación de los materiales utilizados en las bandas de transmisión.

MATERIAL	DESCRIPCIÓN	PRUEBAS	ELEMENTOS ENCONTRADOS	RESULTADOS
POLICOR	Polímero extruido de 7 mm de diámetro, utilizado en el medio como elemento de transmisión de potencia en maquinaria de diversas industrias entre las cuales se destacan la textil.	este material fue sometido a pruebas en la Máquina Universal, de la Universidad EAFIT, con el propósito de encontrar algunas de sus propiedades mecánicas (esfuerzos plásticos, elásticos y últimos). Ver anexo L.	durante las pruebas en la Máquina Universal se encontró que el montaje existente en las instalaciones de la universidad es deficiente para arrojar resultados concluyentes, ya que las mordazas para el montaje no son las apropiadas, sin embargo, se logró una tracción de 262.1 N sin obtener una fractura en el material.	se procedió a realizar pruebas funcionales en el prototipo del sistema y de estas se observó que el material transmite la potencia de los motores a los carros de manera eficiente pero cuando se procedió a realizar una prueba de trazado, éste no resultó óptimo debido a su elasticidad moderada; por lo cual se descartó el uso de este material.
GUAYA METALICA	Guaya comercial de acero con recubrimiento plástico de 1/8 de pulgada de diámetro.	ver anexos del N al Q (pruebas de momento estático y dinámico de los carros).	se determinó que debido a la rigidez del material utilizado, éste hacía que el torque necesario para mover los carros excediera peligrosamente el torque máximo de los motores utilizados, por lo que se optó por desmontar nuevamente este material y considerar otras opciones de tracción.	
CUERDA DE NYLON	Cordón comercial de 6 mm de diámetro utilizado para pender diversos elementos como materas y hamacas, además luego de investigaciones y consultas realizadas, se encontró que éste también es utilizado como reemplazo de correas de transmisión de potencia en diversas industrias entre estas se destacan la textil.	Ver anexos del N al Q (pruebas de momento estático y dinámico de los carros).	se encontró que la fuerza necesaria para mover los carros está dentro de las especificaciones del motor utilizado, incluso por debajo de la necesaria para mover los carros con el Policor. Por otro lado, este material es mucho menos elástico que el Policor lo cual reduce drásticamente un rebote que se presentaba al frenar los carros abruptamente.	Ver calculos Cuerda Nylon

Fuente. Elaboración propia.

Cálculos Cuerda Nylon.

El torque y la fuerza necesaria para mover y mantener en movimiento ambos carros, luego de haberse instalado este nuevo material como banda de transmisión es:

Fuerza necesaria a 60° de inclinación para romper el momento eje X= 12N

Fuerza necesaria a 60° de inclinación para mantener en movimiento eje X = 8N

Fuerza necesaria a 60° de inclinación para romper el momento eje Y= 20N

Fuerza necesaria a 60° de inclinación para mantener en movimiento eje Y = 15N

- $T_{s60^\circ \text{Eje } x} = 12N \times 0.083m = 0.996N/m$
- $T_{d60^\circ \text{Eje } x} = 8N \times 0.083m = 0.664N/m.$
- $T_{s60^\circ \text{Eje } y} = 20N \times 0.083m = 1.66N/m$
- $T_{d60^\circ \text{Eje } y} = 15N \times 0.083m = 1.245N/m.$

Estos resultados confirman la gran mejora al cambiar el material de la banda de transmisión. No solo se mejoro el rebote sino que también se redujo la el torque requerido para mover el sistema.

7.1.2 Prueba de trazado.

Luego de ejecutar varias pruebas de trazado sobre una de las lonas utilizadas en PAPELSA S.A, se obtienen los siguientes resultados.

Los carros, al tener como elemento de transmisión el cordón de Nylon, se comportaron tal y como se esperaba; realizaron los recorridos sin atrancamiento y al momento de un paro abrupto, éstos no presentaban rebote.

El software, luego de varios ajustes (ver anexo R y S), logro enviar las ordenes a los motores de una forma efectiva, logrando así, el trazo que se había tomado como referencia para hacer los ajustes de una forma correcta.

Luego de éstas pruebas, se puede decir que el sistema está listo para una prueba de usuario con el fin de comprobar si es o no viable el proyecto.

7.2 PRUEBAS DE SOFTWARE

Estas pruebas se realizan con el fin de comprobar la efectividad de los datos entre la máquina y el software Match3. Esto se logra haciendo una relación de que por cada 19.5 pulsos del motor el sistema se desplace un milímetro.

- Luego de experimentar con diferentes software para la creación del código G (código de proceso), se llegó a la utilización de Sheet Cam para el prototipo.
- Prueba de comunicación de datos y compatibilidad de archivos.
Esta prueba consistió en importar un archivo .DXF con el arte de la caja a trazar al programa Sheet Cam, el cual, es un software que crea el código G necesario para realizar el trazado. Luego de generarse este código G (código de proceso), se procede a cargarlo en el Mach 3 que es el software que ejecuta las órdenes.

7.3 PRUEBAS DE USUARIO

- Prueba de manipulación.

Se determina como el usuario interactúa con los elementos que se deben intercambiar o manipular tales como: cambio de Sharpie retráctil o similar, manejo del software y lubricación del sistema de elevación (ver anexo G).

En esta prueba el usuario debe operar la máquina en las condiciones para la cual fue diseñada con el fin de verificar su velocidad en comparación a un trazado manual.

Luego de realizar una prueba con una velocidad en los motores del 50% de la configuración del software, se obtuvo que el tiempo que se tarda el operario desde el momento en que recibe el plano en .DXF, ingresarlo en el programa, ejecutarlo y hasta el momento en que termina el trazado el sistema es de 14 minutos. (Ver Video en anexo W)

8. VIABILIDAD ECONÓMICA

La viabilidad económica es la evaluación del proyecto, en esta etapa se calcula la rentabilidad del proyecto.

Para realizar este cálculo se realiza una comparación entre cómo se hace actualmente el proceso de pre-alistamiento en PAPELSA S.A, y cómo se haría con el sistema posicionador de clisés; sus ventajas en tiempo, agilidad, precisión y costos.

8.1 PROCESO DE PRE-ALISTAMIENTO ACTUAL

En el área de pre-alistamiento en la planta de Barbosa de PAPELSA S.A, actualmente hay dos turnos de trabajo, cada uno con un operario que se encarga de trazar las lonas de PVC y ubicar los clisés en las mismas.

Esta tarea requiere de gran tiempo, ya que el operario al tener el arte con las medidas de donde deben ir ubicado los clisés, él comienza a dibujar el desarrollo de la caja en la lona, para posteriormente sacar los centros de donde deben ir ubicados los clisés. Esta actividad requiere de gran agilidad, ya que los cálculos de las medidas correctas son realizados mentalmente o en calculadora, lo que toma gran tiempo.

La agilidad en este proceso es proporcional a la agilidad del operario en realizar los cálculos necesarios y en trazar las lonas que corresponden a cada pedido, ya que si el arte tiene varios colores, cada color implica el rayado de una lona, hay la posibilidad desde 1 a 4 colores. De igual forma hay cajas que superan el tamaño de las lonas, por lo que se hace necesario dividirla en la mitad, lo que implica el trazado de dos lonas.

El rayado de estas lonas, puede llevar desde treinta minutos hasta una hora y media, esto depende de la cantidad de colores y del tamaño de la misma, esto sin contar la actividad de ubicar los clisés en las lonas.

En un día laboral, se trazan cinco lonas en promedio y se requieren 187 lonas mensuales. Para cumplir con los pedidos del cliente, los operarios de esta área piden colaboración a compañeros, trabajan horas extras y días de descanso.

Cuadro 18. Costo de un operario en el área de pre-alistamiento en PAPELSA S.A. Medellín.

TIPO	COSTO MENSUAL (pesos)	COSTO ANUAL (pesos)
Salario de dos operarios	N/A	N/A
Costo de horas extras.	25% SOBRE HORA ORDINARIA 75% domingos sobre hora ordinaria.	
Prestaciones sociales.	51.967%	
TOTAL	N/A + horas extras	N/A + horas extras

Fuente. PAPELSA S.A.

Cuadro 19. Lonas requeridas en PAPELSA S.A. Medellín.

TIPO	CANTIDAD MENSUAL	CANTIDAD ANUAL
Aproximación de lonas requeridas.	187	2,244
Cantidad de lonas en retraso	67	804

Cuadro 20. Tiempo de trazado por lona en PAPELSA S.A. Medellín.

TIPO	TIEMPO (minutos)
Tiempo requerido para el trazado de una lona de un color.	0
Tiempo requerido para el trazado de una lona con 4 colores.	0

8.2 PROCESO DE PRE-ALISTAMIENTO CON SISTEMA POSICIONADOR DE CLISÉS

El sistema posicionador de clisés cuesta \$25.000.000.

Con el prototipo diseñado y construido en este proyecto, se lograran resultados contundentes si son comparados con la información suministrada por PAPELSA S.A.

Al realizar las pruebas de usuario y de ajuste del sistema, se logro trazar en una lona el diseño grafico de una caja de 1447mm por 447mm en aproximadamente 25 minutos desde que se ingresa el arte como archivo .DXF al programa Sheet Cam hasta que el sistema finalizó el trazado.

Los costos de operación del sistema diseñados son aproximadamente:

Cuadro 23. Costos de operación.

Insumo	Duración	Cantidad	Costo unidad	Costo anual
Sharpie retractil	2mese	1	\$ 4.500	\$ 27.000
Lubricante de tornillos	1año	1	\$ 27.700	\$ 27.700
Total				\$ 54.700

Fuente. Elaboración propia.

Es así como en total, el prototipo le costaría a PAPELSA S.A un monto aproximado de \$..... por fabricación (solo materiales, sin incluir mano de obra y diseño) mas \$32.300 de insumos para iniciar, dando un total de \$.....+32.300 como y para manutención un total de \$54.700 anuales.

Esta inversión se vería justificada por el hecho de no hacerse necesaria la participación de un operario en el área de prelistamiento proporcionándole a la empresa un ahorro del salario anual y aumentando la productividad en mínimo un 50%, lo que le permitiría a la empresa trazar todas las lonas presupuestadas (187 según información suministrada por PAPELSA S.A) sin dejar lonas en retraso.

9. CONCLUSIONES

Técnica y económicamente es factible diseñar y construir equipos que den solución al problema planteado al inicio de este proyecto, ajustándose al presupuesto propuesto de \$ 25'000.000, y a los requerimientos ergonómicos y funcionales expuestos.

Adicionalmente se constató que la metodología de diseño utilizada, ayuda a establecer una secuencia lógica y eficiente de las macro operaciones y secuencias de diseño, fabricación y pruebas necesarias para llevar a término proyectos de ingeniería de esta envergadura.

Fue posible gracias a los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, realizar las modelaciones, cálculos, y de más elementos académicos y de ingeniería, que permitieron seleccionar adecuadamente los componentes necesarios para la fabricación y puesta en marcha del prototipo.

El proyecto se enriqueció gracias a la integración de dos carreras afines; la Ingeniería mecánica y la Ingeniería de diseño de producto en el desarrollo del proyecto.

Luego de realizar las pruebas del prototipo, se estima que éste va a agilizar en un 50% las actividades del área de pre alistamiento en la empresa PAPELSA S.A. en Barbosa, Antioquia.

BIBLIOGRAFÍA

BLOGSPOT. Noticias del mercado útil. [En línea]. Disponible en: <http://noticiasutilesescolares.blogspot.com/2010/06/industria-del-papel-apuesta-por.html> Consultado: Julio 2010

CÁMARA DE LA INDUSTRIA DE PULPA, PAPEL Y CARTÓN DE LA ANDI. Documento Sectorial. Cadena pulpa, papel, cartón, industria gráfica e industrias editoriales. [En línea]. Disponible en: http://www.comisionesregionales.gov.co/informaci%C3%B3n_sectorial/papel.pdf. 14 p. Consultado: Septiembre 2010

CÁMARA DE LA INDUSTRIA DE PULPA, PAPEL Y CARTÓN. ANDI. [En línea] . Disponible en: <http://www.andi.com.co/pages/comun/infogeneral.aspx?Id=15&Tipo=2> Consultado: Septiembre 2009

CAMPIÑO, Marta. PAPELSA S.A. Cali, 2009.

CARTONERA, NACIONAL. [En línea]. Disponible en: <http://www.cartonera.com.co/> Consultado: Mayo 2010

CROSS, Nigel. Métodos de diseño. Estrategias para el diseño de productos. 1 ed. México D.F.: Limusa Wiley, 2008. 37 p.

DISTRIMAN, imanes especiales. [En línea]. Disponible en: <http://www.dstriman.com.ar/> [Consultado en Octubre 2010].

E.L .HARLEY, INC. Máquinas Opti-Chek. [En línea]. Disponible en: <http://www.elharleyinc.com/Opti-Chek-SP.htm> . [Consultado: Septiembre 2009].

EMPACOR S.A. [En línea]. Disponible en: http://www.cartacua.com/web_publico/bpwebsite.asp?SITENAME=Website%20Empacor Consultado: Mayo 2010

EMPAQUES INDUSTRIALES COLOMBIANOS S.A. [En línea]. Disponible en: <http://www.empicolsa.com/> Consultado: Mayo 2010

EMPRESA, Alba S.A. [En línea]. Disponible en: <http://www.alba.com.ar/> . [Consultado: Abril 2010].

EMPRESA, Empaques y empaquetaduras S.A. Plásticos de Ingeniería y elastómeros. [Consultado: Agosto 2010].

EMPRESA, Nervion Pinturas. [En línea]. Disponible en: <http://www.nervion.com.mx/>. [Consultado: Abril 2010].

ENCICLOPEDIA WIKIPEDIA. Mood board. [En línea]. Disponible en: <http://en.wikipedia.org/wiki/Mood_board> [Consultado: Mayo 2010].

ESTRADA Jairo. Ergonomía. 2 ed. Medellín Colombia: Ed. Universidad de Antioquia, 2000.

GONZALEZ, Hernán. SIOS COMERCIAL S.A DE C.V. Cotización motores lineales. [En línea]. Correo electrónico. Mensaje para Andrés MORENO.

GOTTESMAN, Kristine. Sales and Applications H2W Technologies, Inc. Cotización motores lineales. [En línea] . Correo electrónico. Mensaje para Andrés MORENO. 8 Abril 2010. Comunicación personal.

GROOVER Mikell.P. Fundamentos de Manufactura Moderna. Materiales, procesos y sistemas. 1 ed. Naucalpan de Juarez, Estado de Mexico: Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana,1997.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Colombianas para la presentación de referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura. Sexta actualización. Santafé de Bogotá D.C: ICONTEC, 2008. NTC 5613.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Colombianas para la presentación de referencias documentales para fuentes de información electrónicas. Sexta actualización. Santafé de Bogotá D.C: ICONTEC, 2008. NTC 4490.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Colombianas para la presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Sexta actualización. Santafé de Bogotá D.C: ICONTEC, 2008. NTC 1486.

INTEREMPRESAS. Industria del papel. [En línea]. Disponible en: <http://www.interempresas.net/Graficas/Articulos/33205-Industria-del-papel.html>. [Consultado: Agosto 2010].

Mach3 CNC Controller Software Installation and Configuration Version 3 Copyright © 2003, 2004, 2005, 2006, 2008 ArtSoft USA. All Rights Reserved.

MOTOR, Oriental motor. [En línea]. Disponible en: <http://www.orientalmotor.com/products/ac-dc-step-mot>. [Consultado en Mayo 2010].

NOTAS SECTORIALES. Documento el sector del papel y el cartón en Colombia. [En línea]. Disponible en: <http://www.icex.es/icex/cma/contentTypes/common/records/viewDocument/0,,00.bin?doc=577630>. [Consultado: Agosto 2010].

OSPINA, Juan Ramón. Documentos PAPELSA S.A. Medellín, 2009.

PACKING S.A. [En línea]. Disponible en: <http://packingsa.com/empresa.html>. [Consultado: Mayo 2010].

PINTURA ELECTROSTÁTICA, [En línea]. Disponible en: <http://www.pinturaelectrostatica.cl>. [Consultado: Abril 2010].

PUBLICAR S.A .Directorio Comercial de Empaques Colombia Pack. [En línea] . Disponible en: www.colombiapack.com/web/infosector.aspx. [Consultado: Agosto 2010].

SMURFIT KAPPA. Cartón de Colombia S.A. [En línea]. Disponible en: <http://www.smurfitkappa.com.co/DropdownMenu/About+us/>. [Consultado: Julio 2010].

TUTORIAL SOBRE MOTORES PASO A PASO. [En línea]. Disponible en: <http://www.todorobot.com.ar/informacion/tutorial%20stepper/stepper-tutorial.htm>. [Consultado: Abril 2010].

ULRICH, Kart T. y EPPINGER, Steven D. Diseño y desarrollo de productos. Enfoque multidisciplinario. 3 ed. México D.F.: McGraw-hill, 2004. 9 p.

ANEXOS

Los anexos e información adicional citada en este proyecto de grado, se encuentran adjuntos en un medio magnético (Cd) en la parte interna de la pasta del documento.