

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE UNA JERINGA DE
INFUSIÓN PARA NEONATOLOGÍA

JULIANA ESCOBAR RESTREPO

UNIVERSIDAD EAFIT
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO
MEDELLÍN
2007

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE UNA JERINGA DE
INFUSIÓN PARA NEONATOLOGÍA

JULIANA ESCOBAR RESTREPO

Proyecto de Grado para optar al título de Ingeniera de Diseño de Producto

Asesor

Santiago Alberto Correa Vélez.

Doctor en Ingeniería Mecánica, Universidad Politécnica de Madrid

Ingeniero Mecánico, Universidad EAFIT

Profesor del departamento de Ingeniería de Diseño de Producto,

Universidad EAFIT

UNIVERSIDAD EAFIT

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO

MEDELLÍN

2007

Nota de Aceptación

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Medellín, 27 Abril de 2007

A mi familia que ha estado en todo mi desarrollo profesional brindándome su apoyo. A Pablo que has estado en todo momento que lo he necesitado. A mis amigos por que hacen de cada etapa algo más especial. Gracias a ellos y su compañía me encuentro logrando esta meta.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia (CTA) por permitirme participar en el desarrollo de este proyecto. Por brindar su apoyo en cada una de las etapas, y proporcionar el financiamiento para poderlo llevar a cabo.

Al ingeniero Juan Alejandro García por brindarme su tiempo y asesoría incondicional en el desarrollo del prototipo.

Al Doctor Santiago Correa, el asesor de este proyecto de grado, por su conocimiento y acompañamiento para el logro de los objetivos propuestos.

Al ingeniero Juan Felipe Isaza, y la Empresa Omicrom Ingeniería Ltda por su aporte en el desarrollo del mecanismo y la parte eléctrica.

A las diferentes personas que hacen parte de los laboratorios de la Universidad que con su trabajo y experiencia, hicieron posible la construcción del prototipo.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	18
1 INTRODUCCIÓN.....	20
2 ANTEPROYECTO	22
2.1 ANTECEDENTES.....	22
2.2 JUSTIFICACIÓN	24
2.3 OBJETIVOS	25
2.3.1 Objetivo general	25
2.3.2 Objetivos específicos.....	25
2.4 ALCANCE.....	26
2.5 METODOLOGÍA SUGERIDA	26
3 MARCO TEÓRICO	31
3.1 SISTEMAS DE INFUSIÓN	31
3.1.1 Bombas de Uso General	31
3.1.2 Bombas de Micro Infusión.	33
3.1.3 Bombas de Nutrición Enteral	34

3.1.4	Bombas de Infusión de Membrana.....	34
3.1.5	Bombas de Uso Ambulatorio.....	34
3.1.6	Bombas de Infusión Tipo Jeringa	34
3.2	BOMBAS DE INFUSIÓN TIPO JERINGA (JERINGA DE INFUSIÓN):.....	34
3.2.1	Partes de la Jeringa de Infusión	35
3.2.2	Funcionamiento General de las Jeringas de Infusión.....	37
3.2.3	Sistemas de Seguridad.....	38
4	INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS	40
4.1	DESCRIPCIÓN DEL POR QUÉ DE UNA JERINGA DE INFUSIÓN	40
4.2	CONCLUSIONES DE LAS ENTREVISTAS Y OBSERVACIONES PARTICIPATIVAS.....	42
4.3	ANÁLISIS DE LA COMPETENCIA.....	43
4.4	DEFINICIÓN DE USUARIO.....	45
4.4.1	Encargado de compras.....	45
4.4.2	Jefe de mantenimiento.	46
4.4.3	Enfermeras de neonatología.	46
4.4.4	Los Neonatos	47
4.5	CONTEXTO.....	47
5	ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE PRODUCTO.....	51

6	PROCESO DE DISEÑO	56
6.1	ALFABETO VISUAL	56
6.2	DESARROLLO DE ALTERNATIVAS	60
6.3	ALTERNATIVA ESCOGIDA	67
7	DISEÑO DE DETALLE	70
7.1	DESARROLLO DE MODELOS Y PRUEBAS INICIALES.....	71
7.2	DESARROLLO FORMAL	74
7.3	MECANISMO	79
7.4	ELECTRÓNICA	86
7.4.1	Funcionamiento General	86
7.4.2	Alertas del Programa.....	88
7.5	DISEÑO GRÁFICO.....	90
8	PROPUESTA FINAL	95
9	MANUFACTURA DEL PROTOTIPO	101
10	REVISIÓN DE PDS INICIAL.....	106
11	CONCLUSIONES	111
12	RECOMENDACIONES.....	114
13	BIBLIOGRAFÍA.....	116
14	ANEXOS.....	120

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Descripción de la Metodología	28
Cuadro 2. PDS. Especificaciones de Diseño de Producto.....	51
Cuadro 3. Análisis PDS	106

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de la Metodología.....	27
Figura 2. Bomba Peristáltica Lineal	32
Figura 3. Sistema Peristáltico Rotatorio	33
Figura 4. Partes Externas de la Jeringa- Perfusor Compact de Braun.	36
Figura 5. Parte Interior de la Jeringa Terumo	36
Figura 6. Análisis de la Competencia.....	44
Figura 7. Sala de Neonatología	49
Figura 8. Área de Neonatología Clínica las Americas.....	50
Figura 9. Collage del Estilo de Vida	57
Figura 10. Collage de la Emoción: Protección	58
Figura 11. Collage del Referente: Maternidad	59
Figura 12. Alfabeto Visual.....	61
Figura 13. Colores y Texturas Asociadas al Referente.....	62
Figura 14. Bosquejos en Lápiz.....	63
Figura 15. Bosquejos en Marcador	64

Figura 16. Evaluación de Alternativas.....	65
Figura 17. Progreso Alternativa 1	66
Figura 18. Progreso Alternativa 3	66
Figura 19. Render de la Primera Propuesta	67
Figura 20. Descripción de la Primera Propuesta.....	68
Figura 21. Propuesta 2.	69
Figura 22. Modelación y Modelo Blando.....	71
Figura 23. Mecanismo y Revisión Espacial sobre el Modelo Blando	72
Figura 24. Banco de Pruebas	72
Figura 25. Propuesta 3	73
Figura 26. Alternación de Curvas.....	74
Figura 27. Propuesta 4	76
Figura 28. Diseño de Detalle Propuesta 4	77
Figura 29. Propuesta 5	79
Figura 30. Foto del 1er Mecanismo	80
Figura 31. Mecanismo Inicial	81
Figura 32. Prueba Electrónica y Mecánica	81
Figura 33. Montaje para el Motor	83
Figura 34. 1er Desarrollo del Mecanismo de Liberación.....	84

Figura 35. Sistema de Liberación de Tuerca	85
Figura 36. Tarjeta del Cargador	89
Figura 37. Tarjeta de la Jeringa de Infusión.....	89
Figura 38. 1era Diagramación del Teclado	91
Figura 39. Alternativas de la Interfase Gráfica	92
Figura 40. Alternativa Escogida	93
Figura 41. Diagramación del Teclado Final	94
Figura 42. Propuesta Final.....	95
Figura 43. Carcaza Inferior	96
Figura 44. Carcaza Superior	97
Figura 45. Estribo de la Jeringa	98
Figura 46. Mecanismo de Impulsión	99
Figura 47. Agarre	99
Figura 48. Teclado	100
Figura 49. Pruebas de Resina	102
Figura 50. Preparación de la Resina.....	103
Figura 51. Mecanizado	104

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Elementos del PDS con las asociaciones de las necesidades

Anexo B. Video de la Prueba del Programa

Anexo C. Ficha Técnica Prolon NA

Anexo D. Modelo CAD 3D

Anexo E. Código Bloque Carcaza inferior

Anexo F. Plano de Taller y Carta de Procesos Bloque Carcaza Inferior

Anexo G. Código Bloque Aditamentos

Anexo H. Plano de Taller y Carta de Procesos Bloque Aditamentos

Anexo I. Código Bloque Carcaza Superior

Anexo J. Plano de Taller y Carta de Procesos Bloque Carcaza Superior

Anexo K. Planos Generales y de Ensamble

Anexo L. Árbol de Producto – Ensamble

Anexo M. Manual de Usuario

Anexo N. Informe Mecanismo de Posicionamiento en Jeringa de Infusión

GLOSARIO

1. Bomba de infusión: aparato diseñado para liberar e inyectar cantidades determinadas de un fármaco en un determinado período de tiempo.
2. Jeringa de infusión: bomba tipo jeringa, realiza micro infusiones.
3. Bolo: entrega inmediata de una dosis o velocidad establecida de una solución.
4. Purga: llenado del catéter.
5. Neonatología: rama de la pediatría que se ocupa de los recién nacidos – Sección de algunos hospitales en la que se atiende a los neonatos.
6. Cluster: concentración de empresas relacionadas entre sí, en una zona geográfica relativamente definida, de modo de conformar en sí misma un polo productivo especializado con ventajas competitivas.¹
7. Cadena de valor: categoriza las actividades que producen valor añadido en una organización².

1 Enciclopedia Wikipedia. Cluster. [en línea]. [consultado 25 Marzo 2007]. http://es.wikipedia.org/wiki/Cluster_%28industria%29.

2 Enciclopedia Wikipedia. Cadena de Valor. [en línea]. [consultado 25 Marzo 2007] http://es.wikipedia.org/wiki/Cadena_de_valor

8. Comodato: contrato por el cual uno de los contratantes llamados comodante, se obliga a prestar gratuitamente el uso de una cosa no fungible, pero no los frutos de ella; y el otro, llamado comodatario, se obliga a restituirla íntegramente a su vencimiento.
9. Alimentación parenteral: se usa en aquellos pacientes que no pueden o no deben comer. La solución nutricional puede incluir azúcar y carbohidratos, electrolitos y oligoelementos. Esta solución goteará a través de una aguja o catéter colocado en la vena durante 10 a 12 horas, una vez al día o cinco veces a la semana.
10. CAD: de sigla en ingles **computer aided design** - diseño asistido por computador.
11. CAM: de sigla en ingles **computer aided manufacturing** - manufactura asistida por computador.
12. DFM: de sigla en ingles **design for manufacturing** – diseño para la manufactura.
13. Catéter: sonda que se introduce por cualquier conducto natural o artificial del organismo para explorarlo o dilatarlo.
14. Bomba tipo PCA: de sigla en ingles **patient controlled analgesia** - bomba de Infusión auto controlada usada en el hogar para entregar soluciones de analgésicos.
15. Semántica: el término semántica, se refiere a los aspectos del significado o interpretación de un determinado código simbólico, lenguaje o representación formal. En principio cualquier medio de expresión (código, lenguas) admite una

correspondencia entre expresiones de símbolos o palabras y situaciones o conjuntos de cosas encontrables o inferibles en el mundo físico o abstracto que puede ser descrito por dicho medio de expresión.³

16. Collages: mosaico de imágenes.
17. Sketches: bosquejos.
18. Render: la palabra renderización es una adaptación al castellano del vocablo inglés **rendering**, que define un proceso de cálculo complejo desarrollado por un ordenador destinado a generar una imagen 2D a partir de una escena 3D ⁴.
19. Prototipo: primer ejemplar de alguna cosa que se toma como modelo para crear otros de la misma clase.
20. PDS. de sigla en ingles **product design specifications** especificaciones de diseño de producto.
21. Alarma: un aviso de alarma es una señal por medio del cual se informa para que sigan instrucciones específicas de emergencia debido a la presencia real o inminente de una amenaza.⁵

3 Enciclopedia Wikipedia. Semántica. [en línea]. [consultado 25 Marzo 2007]. <http://es.wikipedia.org/wiki/Sem%C3%A1ntica>

4 Enciclopedia Wikipedia Render. [en línea]. [consultado 25 Marzo 2007]. <http://es.wikipedia.org/wiki/Render>

5 Enciclopedia Wikipedia. Alarma. [en línea]. [consultado 18 Abril 2007]. http://es.wikipedia.org/wiki/Aviso_de_alarma

22. Alerta es el período anterior a la ocurrencia de un desastre, declarado con el fin de tomar precauciones específicas, para evitar la existencia de posibles desgracias personales. Segundo de los tres posibles estados de conducción que se producen en la fase de emergencia (prealerta, alerta, alarma).⁶
23. Led: siglas en inglés de ***Light-Emitting Diode*** - diodo emisor de luz es un dispositivo semiconductor (diodo) que emite luz policromática, es decir, con diferentes longitudes de onda, cuando se polariza en directa y es atravesado por la corriente eléctrica.⁷

6 Enciclopedia Wikipedia. Alerta. [en línea]. [consultado 18 Abril 2007]. <http://es.wikipedia.org/wiki/Alerta>.

7 Enciclopedia Wikipedia. Led. [en línea]. [consultado 18 Abril 2007]. http://es.wikipedia.org/wiki/Diodo_LED

RESUMEN

Este proyecto es una iniciativa del Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia (CTA) para el desarrollo de equipos biomédicos, cuyo objetivo es fortalecer el cluster de servicios médicos de Medellín. Esta propuesta fue llevada al departamento de Ingeniería de Diseño de Producto de la Universidad EAFIT, para que se llevara a cabo por medio de un proyecto de investigación del semillero HECAS- ID (Herramientas de Cálculo y Simulación) el desarrollo de un prototipo de una jeringa de infusión para Neonatología en conjunto con un grupo de investigadores que conformaron un equipo interdisciplinario.

El proyecto inició con la etapa de investigación y análisis de los tipos de equipos que se encuentran en el mercado, trabajos realizados anteriormente, la relación del usuario con el producto, y el contexto que lo rodea. De esta etapa se identifican los diferentes tipos de jeringas de infusión y describe las partes y funciones principales que la jeringa debe realizar tales como el bolo, la purga, la infusión regular, el sistema de alertas y alarmas y las partes como el mecanismo de impulsión, el estribo, el teclado, y la omisión de funciones como librerías de medicamentos.

Se estableció el PDS, (**Product Design Specifications**) donde se identifica en un cuadro todos los requerimientos que el producto debe cumplir.

Partiendo de la investigación inicial y el PDS se inicia el proceso de diseño comenzando con el desarrollo de alternativas por medio del uso del alfabeto visual, y el análisis de las partes mecánicas y electrónicas. Esto lleva al diseño de detalle donde se desarrollaron diferentes modelos en 3D, modelos blandos, y un banco de pruebas para verificar el diseño, y la síntesis de las diferentes partes.

La parte mecánica y electrónica se desarrolla a la par del diseño final, para completar el producto y corregir los posibles errores en la carcasa, y se establece el diseño definitivo. Para completar la propuesta se diseñó la diagramación del teclado de membrana que completaría al equipo.

Con la propuesta final de la carcasa se desarrolló la manufactura del prototipo del equipo por medio de códigos para la máquina de control numérico, y se pulieron cada una de las partes para dar como resultado el equipo final.

Como resultado se obtiene un prototipo funcional según las posibilidades de construcción a nivel local y el alcance de cada una de las partes del equipo interdisciplinario. Este primer prototipo logra establecer un diseño de alta formalidad que involucra las partes mecánicas y electrónicas, pero al mismo tiempo evidencia que todavía falta experiencia y conocimiento en estas dos áreas para lograr productos más competitivos, y que cumplan con todas las características de los equipos del mercado. Además es necesario crear mejores contactos para que las partes que lo componen no dependan de su consecución o confiabilidad como sucede con las partes electrónicas.

Se obtuvo un primer acercamiento de diseño de este tipo de productos que evidencia que aún falta mucha investigación en el campo del desarrollo de equipos médicos.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo documenta el proceso del diseño y construcción de un prototipo de una jeringa de infusión para Neonatología, como proyecto de grado para optar por el título de Ingeniero de Diseño de Producto de la Universidad EAFIT.

El desarrollo de éste se realizó a través de un proyecto de investigación del semillero HECAS ID (Herramientas de Cálculo y Simulación) del departamento de Ingeniería de Diseño de Producto de la universidad EAFIT, y un grupo interdisciplinario conformado por el Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia (CTA), la Escuela de Ingeniería de Antioquia (EIA), la universidad EAFIT y la Empresa Omicrom. Cada una de estas entidades fue la responsable de diferentes áreas del desarrollo del proyecto. La universidad EAFIT fue la encargada de la investigación preliminar, de establecer las características del diseño y la coordinación de las tareas de integración entre los diferentes subsistemas desarrollados por las demás instituciones pertenecientes al convenio.

El proyecto pretende impulsar el desarrollo de equipos médicos en el ámbito regional y de esta manera fortalecer el cluster de servicios médicos en Medellín liderado por el Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia.

La jeringa de infusión puede describirse como un equipo electromecánico que permite el suministro de medicamentos y soluciones utilizados en la unidad de cuidados intensivos de Neonatología, Este equipo hace posible la administración segura y controlada de medicamentos, entregando la solución de una manera más

precisa que con equipos accionados manualmente o dependientes de la gravedad⁸.

Con base en lo anterior, se propone el diseño de una jeringa de infusión para Neonatología tomando en cuenta la industria local, la producción y consecución de los elementos del producto. Se implementa la metodología utilizando las diferentes herramientas de diseño y desarrollo de productos, para tener como finalidad un prototipo funcional. De esta forma se establece un primer paso en el desarrollo de equipos médicos de este tipo en la ciudad, agregando un alto valor formal.

8 RODRÍGUEZ, Luís Manuel. Sistemas de infusión. Base de datos [en línea]. [Malaga, España] [consultado 15 Julio 2006]. Disponible en <http://usuarios.lycos.es/legajius1/Dir2/ManualesMante/B-SISTEMAS-INFUSION.doc>

ANTEPROYECTO

1.1 ANTECEDENTES

El CTA busca generar mecanismos de acción para el fortalecimiento de Antioquia a nivel del conocimiento, la ciencia y la tecnología. Se basa en ciertas líneas de acción, como Plataformas Competitivas, que involucra los temas del agua, la biotecnología y la ,medicina, para lograr la competitividad de la región a largo plazo⁹.

El objetivo del área de la medicina del CTA es constituir un **cluster**¹⁰, estructurando a Medellín como centro internacional de servicios médicos especializados. Para lograrlo, se apoya en diferentes entidades en el desarrollo de las actividades de investigación y desarrollo. Entre estas se encuentran: el Gobierno Departamental, Proantioquia, Colciencias, universidades, gremios, fundaciones, instituciones y empresas privadas de Antioquia.

Dentro de la generación de la cadena de valor del cluster de servicios médicos, surge la necesidad del desarrollo de la industria de fabricación de equipos, partes y dispositivos de uso médico o biológico. Puesto que “el conocimiento, la

9 Líneas de Acción y Temas estratégicos. [En línea] [Medellín, Colombia] [consulta 5 Mayo 2006]. Disponible en <http://www.cta.org.co/proyectos/lineas.asp?linea=3> [En línea]. [Medellín, Colombia] [Consulta 12 abril 2006].

10 Cluster: Conglomerado de entidades e instituciones.

experiencia y el avance tecnológico son la condición primaria de competitividad en los circuitos de mercado”¹¹.

Los centros de investigación y las universidades de nuestro medio, han ido asumiendo paulatinamente el reto de desarrollar nuevos productos, basados en la innovación como estrategia. Esto se debe a las dificultades que se encuentran en las empresas sectoriales para llevar a cabo dichos desarrollos.

El CTA ha recibido el apoyo del departamento de Ingeniería de Diseño de Producto de la Universidad EAFIT, para llevar a cabo el proyecto de desarrollo de un prototipo de jeringa de infusión para Neonatología. El desarrollo debe basarse en tecnología local, aplicando en él las competencias en el diseño y formalización de productos de los Ingenieros de Diseño y evaluando las posibilidades de su producción a largo plazo.

Es de esta manera como se propone el desarrollo del prototipo de un jeringa de infusión para neonatología, un equipo indispensable en el área de cuidados intensivos de neonatos. La mayoría de estos equipos se encuentran en comodato en los centros de salud en Medellín y según estudios del CTA es un producto con gran viabilidad económica para sustituir este tipo de importaciones.¹²

Los equipos en comodato, son proporcionados gratuitamente por las empresas farmacéuticas en contraprestación por la compra de insumos y medicinas. Los

11 VÁSQUEZ, Mauricio. La Propuesta de agenda de innovación para Antioquia en las áreas de medicina y biotecnología. [En línea]. [Medellín, Colombia] [Consulta 15 abril 2006]. Agosto de 2004 disponible en

<http://www.cta.org.co/publicaciones/medicina.pdf#search=%20Antioquia%20en%20las%20C3%A1reas%20de%20medicina%20y%20biotecnolog%C3%ADa%22>

12 VILLA, Wilmar. Información requerida sobre Definición proyectos de investigación CTA. Mensaje a: Juliana Escobar de Juan Carlos Botero. [Consulta 20 abril 2006]. Comunicación vía E-Mail

hospitales que no cuenten con grandes volúmenes de adquisición de medicamentos no pueden acceder a estos equipos, especialmente en zonas rurales

También se cuenta con material bibliográfico preliminar de dos proyectos de grado realizados por estudiantes de Ingeniería Biomédica de la EIA, sobre una bomba de Anestesia controlada por paciente (PCA), y una bomba para insulina de dosis personal. Estas permiten una información preliminar del mecanismo y del programa electrónico, pero no tienen aplicaciones a nivel formal, sino a nivel funcional.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Las jeringas de infusión son equipos indispensables en la unidad de cuidados intensivos de Neonatología, pues el tratamiento médico de los neonatos debe contar con precisiones milimétricas para la entrega de los medicamentos. Estas precisiones solo son posibles por medio de la jeringa de infusión. Es así que por cada cama o incubadora debe existir uno de estos equipos.

Los centros que no cuenten con la capacidad de adquirir los insumos mensuales que permiten tener uno de estos equipos por comodato, no tienen acceso a una jeringa de infusión para neonatología. Generar conocimiento que permita una sustitución paulatina de equipos importados por equipos nacionales, permitiendo el acceso a los mismos a un mayor número de centros hospitalarios justifica plenamente la realización de este proyecto de grado.

Una motivación adicional para realizar este trabajo, es aprovechar la oportunidad de trabajar con el CTA por medio del semillero de investigación HECAS-ID de la

Universidad EAFIT, desarrollando proyectos reales, que ayuden al fortalecimiento de la industria y del cluster de servicios médicos en Medellín.

Este proyecto también ayuda a la creación de unidades estratégicas, pues no se trabaja independientemente, sino que por medio del trabajo en el semillero de investigación HECAS-ID del Departamento de Ingeniería de Diseño de Producto de la Universidad EAFIT, se fortalece la innovación y el desarrollo de nuevos productos en Medellín, consolidando un equipo interdisciplinario con el apoyo del Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia, y de la Escuela de Ingeniería de Antioquia.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Diseñar y Construir un prototipo de una jeringa de Infusión en Neonatología para el Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia (CTA).

1.3.2 Objetivos específicos.

1. Desarrollar la especificación de diseño de producto partiendo de las necesidades evaluadas por el CTA, y la investigación de mercados.
2. Crear un alfabeto visual a partir de un referente, adoptándolo en el proyecto, y desarrollar una lluvia de ideas de diez alternativas con el alfabeto visual, desarrollando dos de estas alternativas con mayor detalle.
3. Evaluar las alternativas propuestas, mediante un análisis formal, y la apreciación de las diferentes personas involucradas en el proyecto.

4. Desarrollar el concepto utilizando herramientas como el bosquejo, la modelación, modelos blandos, entre otros, verificando el cumplimiento de las especificaciones de producto.
5. Describir los procesos de manufactura por medio de cartas de proceso, planos de taller y planos de ensamble para la construcción del prototipo.
6. Realizar un prototipo funcional de la jeringa de infusión para Neonatología.
7. Diseñar el manual de Usuario para la jeringa de Infusión para Neonatología.

1.4 ALCANCE

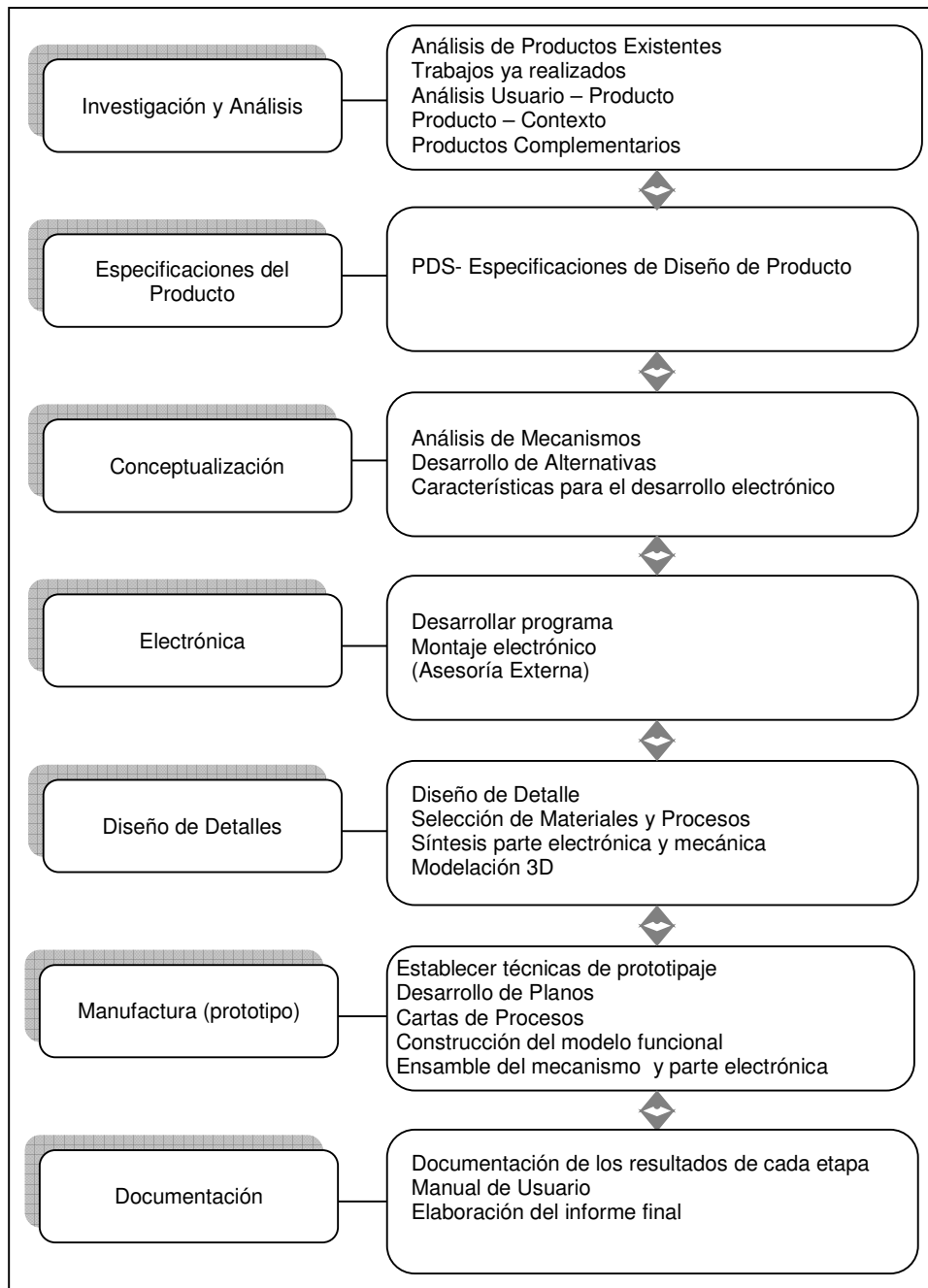
Los entregables del proyecto de grado son:

1. documento final del proyecto de grado,
2. modelación en 3D, planos de taller, planos de ensamble y cartas de proceso del prototipo,
3. prototipo de la jeringa de infusión para Neonatología,
4. manual de usuario del producto.

1.5 METODOLOGÍA SUGERIDA

El siguiente diagrama (ver Figura 1) muestra el desarrollo del proyecto y la metodología utilizada.

Figura 1. Diagrama de la Metodología



Fuente: Adaptado de: “Total Design Model”. Stuart Pugh.

En el Cuadro 1 se explica de una manera más completa cómo es el desarrollo de la metodología propuesta de la Figura 1.

Cuadro 1. Descripción de la Metodología

Etapas	Descripción / finalidad	Métodos pertinentes
Investigación y Análisis	<p>Conocer el mercado, y los productos ya existentes, en el área de jeringas de infusión.</p> <p>Conocer trabajos de este tipo que ya se hayan realizado.</p> <p>Identificar puntos claves en el diseño y desarrollo del proyecto.</p>	<p>Observaciones participativas</p> <p>Revisión en Internet</p> <p>Asesorías con personas conocedoras del tema.</p> <p>Estudio de trabajos y tesis ya realizadas</p> <p>Revisión de los manuales técnicos y de usuario de la competencia</p>
Especificaciones	<p>Establecer las especificaciones de diseño del producto a utilizar.</p>	PDS.
Conceptualización	<p>Llevar a cabo el concepto del proyecto, por medio del establecimiento de la parte mecánica, la parte formal, y la parte electrónica, según las especificaciones de diseño</p>	<p>Análisis funcional</p> <p>Alfabeto Visual</p> <p>Generación de alternativas por lluvia de Ideas</p> <p>Evaluación de las alternativas</p>

Electrónica	La finalidad es desarrollar el control más adecuado para el funcionamiento del aparato. (asesoría externa)	Especificaciones de funcionamiento Desarrollo de Programa Montaje provisional (para hacer pruebas) Montaje final
Diseño de Detalles	En esta etapa se busca llegar a los últimos detalles de diseño, sintetizando la parte mecánica con la parte formal y con la parte electrónica, teniendo la modelación y los planos del producto, tomando en cuenta los materiales, el sistema de ensamble, para pasar a la manufactura del mismo	Evaluación de modelos blandos y pruebas preliminares Modelación 3D a detalle Planos del producto Selección de lugares materiales y procesos de Fabricación. Verificar sistemas de ensamble. Verificar medidas del sistema eléctrico y mecánico.
Manufactura	Se hace el prototipo de diseño, y se elaboran todos los documentos de producción del mismo	Planos de taller Planos de ensamble Cartas de Proceso Impresión de tarjeta Ensamble Pruebas de funcionamiento

Documentación	Documentar todo el proceso y los resultados de cada una de las etapas. Desarrollar los documentos que acompañan al producto	Recopilar la información documentada en cada etapa Desarrollar Manual de Usuario Elaboración del informe final
---------------	--	--

Fuente: elaboración propia

MARCO TEÓRICO

1.6 SISTEMAS DE INFUSIÓN

Actualmente los avances en la electrónica y el desarrollo de la farmacología han generado una serie de necesidades y desarrollos en los sistemas de infusión, permitiendo un manejo adecuado en la administración de drogas y soluciones parenterales con altas precisiones que no podrían ser alcanzados con equipos accionados manualmente o dependientes de la gravedad.¹³

Una bomba de infusión es un sistema electromecánico que permite ser manipulado para entregar soluciones intravenosas de alimentación parenteral y enteral, aplicación de analgésicos, quimioterapia, insulina subcutánea y autotransfusión. Los usuarios suelen ser pacientes post-operatorios, en unidad de cuidados intensivos y neonatología, entre otros. De acuerdo al tipo de bomba empleada y a su complejidad, se pueden programar o seleccionar parámetros adicionales tales como la vía de administración, el tipo de dosificación, y habilitar diferentes modalidades de administración.¹⁴

1.6.1 Bombas de Uso General

Estas utilizan alguno de los dos tipos de mecanismos de propulsor, peristáltico y la de cassette, para desplazar un líquido de un contenedor al paciente por medio de un catéter. Dentro de esta clasificación se encuentran las bombas de infusión

13 RODRÍGUEZ, Luís Manuel. Sistemas de infusión. Base de datos [en línea]. [Malaga, España] [consultado 15 Julio 2006]. Disponible en <http://usuarios.lycos.es/legajius1/Dir2/ManualesMante/B-SISTEMAS-INFUSION.doc>

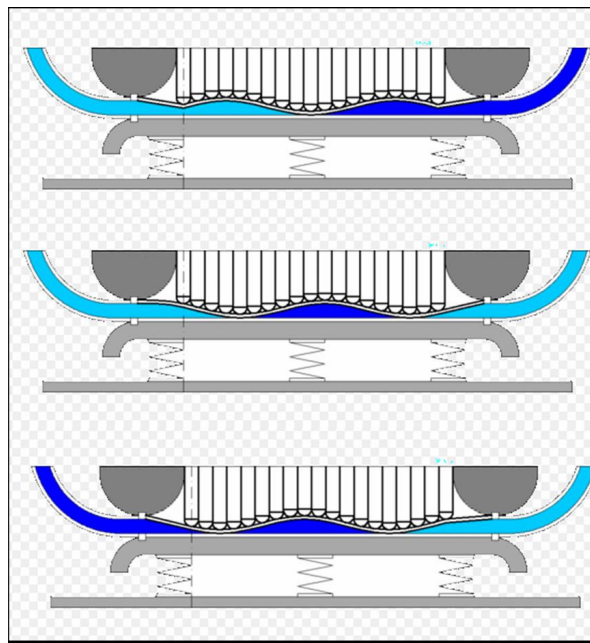
14Ibíd., p.1

multicanal, que permiten por medio de diferentes controladores, infusiones simultáneas de diferentes medicamentos.

1.6.1.1 Bombas Peristálticas.

Existe la de *peristaltismo lineal* que tiene un canal de bombeo donde el tubo de alimentación es ocluido por unos “dedos” en forma de vibración, comprimiendo y liberando el tubo forzando el líquido a fluir (ver Figura 2).

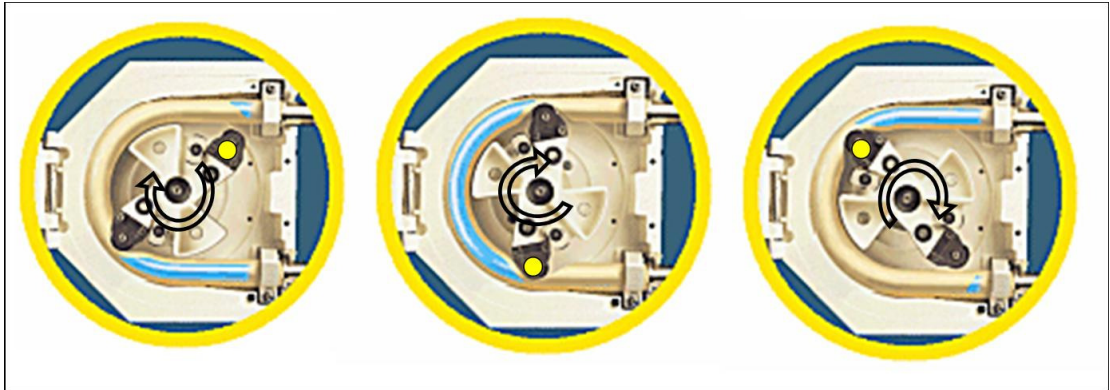
Figura 2. Bomba Peristáltica Lineal



Fuente: www.Wikipedia.com. . [Consultado 20 Febrero 2007].

El sistema *peristáltico rotatorio* utiliza un tramo corto de tubo de goma, alrededor de unos rodillos conectados a un rotor que gira a velocidades precisas por un motor. Este hace que los rodillos ocluyan al tubo e impulsen el líquido hacia el paciente con la velocidad preseleccionada (ver Figura 3).

Figura 3. Sistema Peristáltico Rotatorio



Fuente: www.Wikipedia.com. . [Consultado 20 Febrero 2007].

1.6.1.2 Bombas de Cassete

Tienen una acción similar a una jeringa, donde un impulsor es dirigido por un motor, empujando de esta manera el líquido hacia afuera.

Existe otro tipo de cassette donde hay un sistema de diafragma cerca de un pistón haciendo que por cada fracción de milímetro de fluido que sale hacia al paciente, el diafragma vuelve a llenarse. Una válvula dirige el flujo hacia la vía deseada en el momento apropiado. Este mecanismo entrega el líquido en cantidades fijas de volumen, y el flujo varía según el incremento del volumen y de la velocidad.

1.6.2 Bombas de Micro Infusión.

Suministran volúmenes mucho más pequeños, y con una resolución de flujo mucho mayor, que las bombas de uso general.

1.6.3 Bombas de Nutrición Enteral

Se utiliza para soluciones enterales, o alimentación por medio de un tubo de nutrición enteral.

1.6.4 Bombas de Infusión de Membrana.

En este caso la impulsión se realiza por medio de gravedad, la cual filtra la solución a través de una membrana.

1.6.5 Bombas de Uso Ambulatorio.

Son para terapias específicas y para uso ambulatorio o de auto suministro, dentro de estas entran las bombas portátiles para diabéticos que entregan insulina a los pacientes y las bombas tipo PCA (Patient Controlled Analgesia), utilizadas para la auto-administración de analgésicos para pacientes terminales o con enfermedades crónicas.

1.6.6 Bombas de Infusión Tipo Jeringa

Este tipo de bomba es especializada para el área neonatal, es un tipo de bomba de micro infusión, donde se busca realizar infusiones muy lentas de pequeños volúmenes en largos periodos de tiempo.¹⁵

1.7 BOMBAS DE INFUSIÓN TIPO JERINGA (JERINGA DE INFUSIÓN):

Utiliza un sistema electromecánico, donde un motor mueve un tornillo sin fin el cual traduce este movimiento rotatorio en un movimiento lineal por medio de un

¹⁵ Ibid., p.2

carro conectado al tornillo. De esta manera el carro empuja un impulsor que mueve el embolo de una jeringa desechable para desplazar el líquido dentro de ésta, y entregar la droga al paciente por medio de un catéter.

La velocidad y volumen a entregar es establecido anteriormente por una persona capacitada y autorizada, médico o enfermera, para entregar el flujo de la droga a los neonatos, que por su peso y tamaño exigen un mayor nivel de precisión, y tiempo de infusión.

1.7.1 Partes de la Jeringa de Infusión

En las jeringas de infusión se pueden identificar diferentes partes externas e internas, en la Figura 4 se pueden observar las partes externas de la jeringa. Las partes generales del funcionamiento de la jeringa de infusión que se encuentran en el interior se pueden ver en la Figura 5.

Partes:

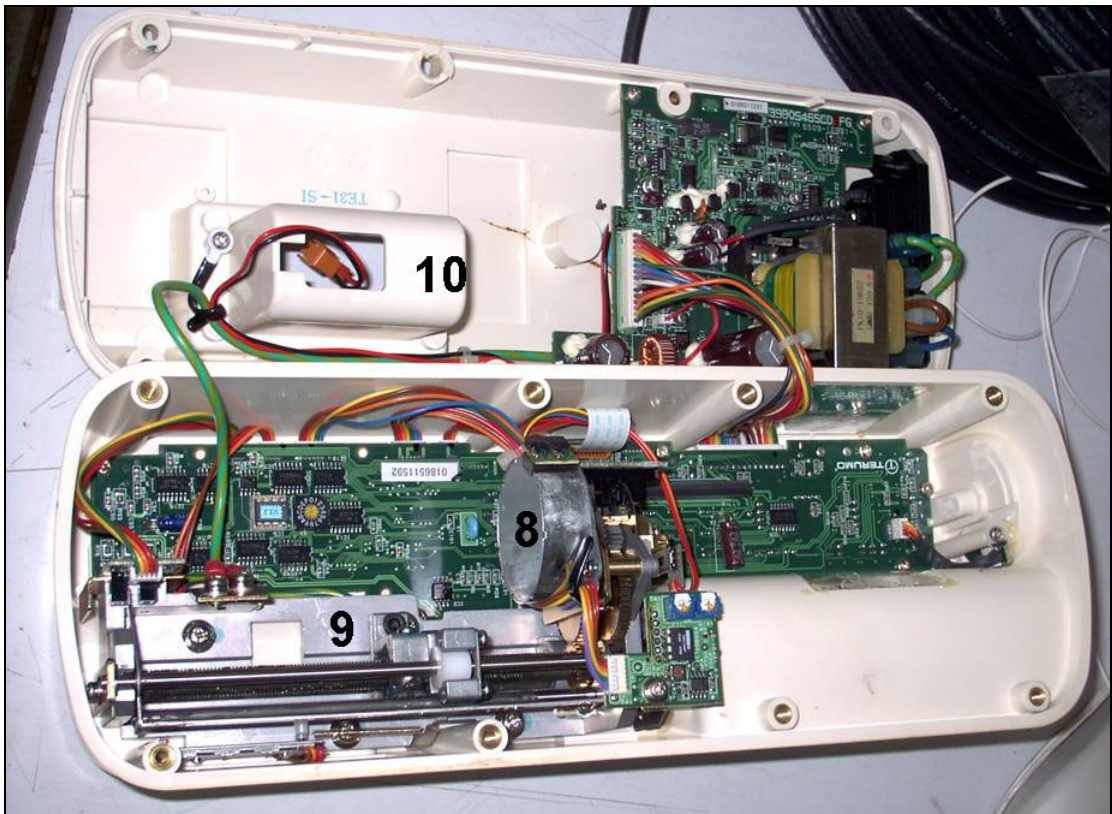
1. pantalla LCD,
2. panel de control,
3. unidad de impulsión,
4. estribo de la jeringa,
5. conexión al enchufe,
6. asa,
7. conexión al atril,
8. motor,
9. tornillo sin fin, carro de impulsión,
10. baterías,

Figura 4. Partes Externas de la Jeringa- Perfusor Compact de Braun.



Fuente: elaboración propia

Figura 5. Parte Interior de la Jeringa Terumo



Fuente: elaboración propia

1.7.2 Funcionamiento General de las Jeringas de Infusión

Las jeringas de infusión tienen dos funciones, la principal es la infusión realizada con un flujo y un volumen establecido, y el bolo que es una alimentación inmediata, con una velocidad propuesta por el sistema de control. El bolo se debe poder accionar en cualquier momento de la infusión. El modo de operación general es el siguiente:

1. Encender.
2. Cargar la jeringa.
3. Posicionarla en la unidad de impulsión.
4. Sujetarla con el estribo de la jeringa.
5. Introducir los datos de entrada Volumen [=] ml y el Flujo [=]ml/h por medio del panel de control. Estos datos pueden ser observados en la pantalla LCD.
6. Realizar una purga inicial (llenado del catéter de la solución).
7. Conectar al paciente.
8. Comenzar la infusión.

Para este tipo de sistema de operación se debe cumplir la relación $P=RF$. Donde P representa la presión necesaria para producir un flujo F, al vencer una resistencia R.

La resistencia al flujo en la administración de las soluciones esta en función de: el diámetro del catéter o cánula de infusión, la existencia de filtros para aire o partículas, la longitud de la tubería y la geometría del set de infusión, la resistencia

intravascular o intra compartamental del paciente, el sitio de la infusión, la longitud de la tubería y la viscosidad del líquido a infundir.¹⁶

1.7.3 Sistemas de Seguridad

Los sistemas de seguridad para este tipo de aparatos se convierten en requerimientos estrictos de funcionamiento, entre estas se deben incluir los siguientes:

1. Un mecanismo que evite modificaciones accidentales en la programación.
2. Debe indicar las instrucciones que el usuario debe realizar.
3. No permita realizar la infusión sin realizar una purga anterior.
4. Despliegue el volumen infundido al paciente.
5. Batería de respaldo.

1.7.3.1 Alarmas y alertas.

Las alarmas se deben accionar en los siguientes casos:

1. Jeringa mal posicionada, o retiro de jeringa.
2. Oclusión, o entrada de aire al catéter.
3. No se introducen los datos esperados después de 1 minuto.
4. Se presione un botón inesperado.
5. Se presione iniciar infusión antes de realizar la purga.

16 Guía Tecnología No1: Sistemas de Infusión [En línea]. México CENETC, SALUD. Agosto de 2004 [Consulta 2 Abril 2006]. Disponible en http://www.salud.gob.mx/unidades/cenetec/guias_tecnologicas_pdf/1gt_bombas.pdf#search=%

Las alertas se accionan en los siguientes casos:

1. Tres minutos antes del fin de la infusión.
2. Fin de la infusión; sonido puntual y mensaje fin de infusión.
3. Fin de carrera: si existe un error con los datos y ya se terminó el recorrido.
4. Batería Baja.

Las condiciones de alarma y alerta son detectadas por sensores ópticos, sensores de presión, pulsadores¹⁷. Muchos dispositivos de infusión contienen programas de autodiagnóstico para facilitar el inicio de una infusión y para alertar al usuario de problemas existentes o impedimentos.¹⁸

17 Ibíd., p 2

18 Sistemas de Infusión [En línea] [Consulta 2 Abril 2006] Disponible en <http://www.drscope.com/privados/pac/anestesia/a1/p59.htm>

INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS

Para la investigación se realizaron entrevistas, revisiones bibliográficas en Internet, proyectos de grado, y manuales de operación de los aparatos, y observación participativa de los aparatos en funcionamiento.

Se realizaron entrevistas a personas clave conocedoras del tema, como un médico, enfermeras, un jefe de mantenimiento de las máquinas y empleados de las clínicas CES, del Prado y las Américas.

También se obtuvo información de un ex practicante del Hospital San Vicente de Paúl y un ingeniero que ha trabajado con los equipos de diferentes clínicas entre ellas la Clínica las Vegas.

1.8 DESCRIPCIÓN DEL POR QUÉ DE UNA JERINGA DE INFUSIÓN

La investigación y análisis de este proyecto se realiza partiendo de las necesidades establecidas por el CTA. El proyecto comenzó por un sondeo realizado por el CTA sobre qué proyectos podrían realizarse. Se evaluaron algunas tecnologías biomédicas, entre ellas: camas de cirugía, lámparas de cirugía, desfibriladores cardiacos y bombas de infusión, para luego escoger entre estos cuales proyectos podrían realizarse a nivel local, y verificar conjuntamente la industria local. La idea era analizar diferentes variables técnicas como: el acceso a materiales, partes e insumos, repetibilidad, tiempo estimado para el desarrollo del bien o servicio, infraestructura industrial para producción en serie, área de atención hospitalaria, capacidad y competencia del grupo de I+D entre otros. También se analizaron variables de mercado como: desarrollos previos de tecnologías, compradores potenciales, equipos sustitutos, características del

proceso de ventas, lo cual dio como resultado que había suficiente mercado para las bombas de infusión¹⁹.

Se estableció que el mercado de las bombas de infusión incluía varios tipos de equipos lo cual obligaba a escoger uno de estos. De ahí surgió la idea de desarrollar la jeringa de infusión, pues analizando este proyecto con un ex practicante de Biomédica del Hospital San Vicente de Paúl, y el ingeniero Andrés Torres profesor de Biomédica de la Escuela de Ingeniería de Antioquia, se llegó a la conclusión de que las jeringas de infusión son más comunes, y manejan una precisión más alta, exigiendo un proyecto con mayor detalle.

También se encontró que en Colombia en las IPS existen:

- Camas de Cuidado intensivo neonatal: 815
- Camas de Cuidado intermedio neonatal: 1.516
- Unidades de Cuidado intensivo neonatal: 101
- Unidades de Cuidado intermedio neonatal: 129²⁰

Tomando en cuenta que por cada cama de neonatología debe haber una bomba de infusión, y considerando que las IPS deben renovar y actualizar los equipos, se evidencia que es un mercado grande y en crecimiento.

Existen dos precedentes de equipos similares, como trabajos de grado realizados en la EIA. El primero dirigido al manejo de auto infusión de insulina, y el segundo

19 ARENAS, Wilmar. Información requerida sobre Decisión sobre Jeringa de infusión. CTA. Mensaje a Juliana Escobar de Juan Carlos Botero. [Consulta 20 abril 2006]. Comunicación vía E-Mail

20 Ministerio de Protección Social [En línea]. [Medellín, Colombia] [Consulta 7 Mayo de 2006] Disponible en <http://www.minproteccionsocial.gov.co/VBeContent/home.asp>

trabajo de bomba tipo PCA, de auto infusión controlada de anestesia, pero en este caso el contexto de la jeringa de Infusión cambia mucho, pues no es un equipo domiciliario, sino que hace parte de los equipos de cuidados intensivos neonatales.

1.9 CONCLUSIONES DE LAS ENTREVISTAS Y OBSERVACIONES PARTICIPATIVAS.

Las marcas de jeringas más constantes en las diferentes clínicas de Medellín son: Atom, Braun, y Baxter. Todas estas son entregadas por comodato y luego de dos años de servicio pueden ser adquiridas por el centro de salud, a pesar de que los insumos de las jeringas deben ser cubiertos por la misma marca, utilizan drogas genéricas, y también las usan con jeringas desechables de marcas más baratas como Rymco

Las empresas que prestan el servicio de comodato de las jeringas, son las mismas encargadas de realizar las capacitaciones pertinentes a los usuarios que manipulan el equipo.

En la Clínica las Americas por cada puesto de neonatología existe una jeringa de infusión. Estas se encuentran en el lado izquierdo de cada cama y su uso es constante e indispensable. Los médicos indican a las enfermeras los valores a infundir y estas manipulan los equipos. Las funciones esenciales y de uso continuo son infusión normal y bolo.

Existe la opción de librerías de medicamentos, y funciones especiales, pero estas son poco frecuentes ya que el médico le indica a la enfermera cual es el volumen y el flujo a infundir, sin necesidad de estas funciones extras.

La misma jeringa de infusión (Perfusora compact de Braun) se utiliza en neonatología o en los quirófanos de cirugía para administrar la anestesia a los pacientes adultos, debido a los valores de infusión, y control que se puede obtener sobre estos. En este caso es usual que el equipo sea manipulado por el jefe de enfermería, o la auxiliar que se encuentra en el quirófano con el médico. En anestesia es más usual el uso del atril, pero en neonatología los pacientes son estables, así que se utiliza sobre una superficie horizontal.

El tiempo de respuesta para mantenimiento, repuestos, reparación o sustitución de algunas de las partes es máximo de una semana. Cualquier tipo de mantenimiento debe ser cubierto por la entidad de salud, aunque el servicio lo ofrezca la marca de la jeringa.

También se encontró que es usual que las jeringas de infusión reciban caídas y golpes, pero estas son resistentes a este tipo de accidentes. Además su limpieza debe realizarse con jabón neutro.

1.10 ANÁLISIS DE LA COMPETENCIA

Existen muchas marcas de Jeringas de Infusión en el mercado internacional, tales como: Atom, Baxter, Fresenius, Wilburn Medical USA, Braun, Abbott, Terumo, Apema, Santronic, KScientific. Entre estas se realizó una comparación entre las más comunes en el mercado local y específicamente analizando las jeringas a las cuales se tenía acceso, se estableció un tabla comparativa (ver Figura 6) donde se analizó la arquitectura del producto, y la parte formal y gráfica.

Figura 6. Análisis de la Competencia

Jeringa de Infusión	Arquitectura del producto	Características
	 Sujetador pantalla Zona de Control Posicion de Jeringa ← Direccion del Flujo	Perfusora Compact de BRAUN Pantalla : Visible Colores : Pasteles, Verde claro Funciones especiales :Si Visualmente Amigable, se ve bien en neonatología o en Salas de cirugía de Adultos, una disposición gráfica muy buena
	 ← Direccion del Flujo Posicion de Jeringa pantalla Zona de Control	Perfusora Secura de BRAUN Pantalla : Visible Colores :Verde oscuro Funciones especiales :Si El color le da cierta agresividad, no parece de Neonatología
	 pantalla Zona de Control Posicion de Jeringa Direccion del Flujo ↓	infusion Pump Model AS40A de BAXTER Pantalla : Muy Visible, pero con letras muy pequeñas Colores :claros- blanco Funciones especiales :Si pero su funcionamiento se hace muy difícil pues su operación contiene muchos pasos
	 ← Direccion del Flujo Posicion de Jeringa pantalla Zona de Control	Terufusion Syringe Pum TE 311 de TERUMO Pantalla : pequeña Colores :claros - se amarillenta mucho Funciones especiales :Si La jeringa pierde visibilidad y el posicionamiento manual es difícil de accionar desde ese punto
	 pantalla Zona de Control Posicion de Jeringa ← Direccion del Flujo	Adult / Neonatal Syringe Pump 1235N deATOM Pantalla : pequeña Colores :claros - se amarillenta mucho Funciones especiales :Si Tiene una mejor disposición y la distribución gráfica es buena

Fuente: elaboración propia

1.11 DEFINICIÓN DE USUARIO

Los usuarios que interactúan con la jeringa de infusión son muchos, entre estos puede nombrarse el encargado de compras de los centros de salud, el jefe de mantenimiento, las enfermeras, el médico del área de cuidados intensivos, y los neonatos.

De todas estas fuentes se obtiene diferente información, pero el desarrollo de este proyecto debe evaluarse a nivel del funcionamiento y entorno, y esto involucra directamente a las enfermeras y a los neonatos. Los encargados de compras evalúan más beneficios de la marca y su servicio, y el mantenimiento es evaluado por el encargado del área.

Tanto el encargado de compras como el encargado de mantenimiento serán definidos como parte del grupo de usuarios, pero la manera de dirigir el proyecto a estos dos usuarios es por medio del modelo de negocios, o garantizando disminuir el mantenimiento. Ninguno de estos dos puntos se trabajó en el alcance del proyecto, pues el objetivo es un primer prototipo funcional.

1.11.1 Encargado de compras.

Evalúa los servicios que los proveedores entregan, el tiempo de respuesta ante un mantenimiento, la calidad de los insumos, y del servicio que propician, el valor de la marca en el mercado, la experiencia del proveedor con estos equipos, experiencias anteriores con el uso de marca. La cultura colombiana es fiel a ciertas marcas que por su desempeño generan confianza en el usuario.

Las motivaciones de compra son evaluadas por todos estos puntos, haciendo un balance de cual es la marca que más beneficios le ofrece. Igualmente estos deben tomar en cuenta la satisfacción de los que manipulan el equipo, y sus sugerencias o problemas con las adecuaciones a las unidades neonatales.

1.11.2 Jefe de mantenimiento.

Verifica la frecuencia de mantenimiento de la jeringa de infusión, la rapidez con que responden los proveedores ante alguna inquietud o servicio, si facilitan el uso de equipos de repuesto mientras se realiza la reparación o el mantenimiento. Si son asequibles los repuestos de la marca y la facilidad de limpieza de estos equipos.

1.11.3 Enfermeras de neonatología.

Son la mayoría mujeres, graduadas de enfermería. Sin rango de edad exigido. Los estudios de enfermería no incluyen el uso de estos aparatos electrónicos tan específicos, puesto que están en constante cambio, así que la capacitación de manipulación de estos debe ser dada por la empresa que provee los equipos. La empresa entrega la jeringa por comodato y los insumos, se encarga del mantenimiento, y capacita a las enfermeras y a los médicos para su uso y solución de problemas. Hay que tomar en cuenta que las mismas enfermeras son las que evalúan su funcionamiento y desempeño, así que son claves para el rediseño.

El funcionamiento de las jeringas no puede hacerse rompiendo paradigmas pues el cambio de marcas y de funcionamiento debe hacerse gradualmente, el usuario al cambiar de marca espera que los conocimientos anteriores de otros equipos que han usado, les sirva como aprendizaje previo para el manejo de los nuevos equipos. El desarrollo de un nuevo equipo debe partir de esta situación, para que el cambio no sea muy brusco, y tenga aceptación.

Las enfermeras que trabajan en las áreas de neonatología de los diferentes hospitales, reciben instrucciones de los médicos, sobre la cantidad de fármacos, el tiempo de infusión, volumen y el flujo a infundir, y por ultimo activan la infusión.

Este usuario siempre si tuviera la opción de escoger, preferiría un equipo fácil de usar, con un teclado y pantalla visible, que no tenga muchos pasos para que el equipo realice su tarea, además quisiera que el equipo recibiera cualquier tipo de jeringa. (Lo cual no es posible con el alcance de este proyecto).

1.11.4 Los Neonatos

Los neonatos de cuidados intensivos no son los usuarios directos, pero a ellos es a quien se debe dirigir el producto de una manera formal y gráfica, pues estos equipos hacen parte del entorno del neonato y de sus padres. El diseño debe contribuir a disminuir el impacto que el ambiente hospitalario tiene sobre el neonato y su familia, pero sin perder su condición técnica de equipo medico.

El estudio de los usuarios no solo define el funcionamiento del producto, sino la comunicación del producto, y la idea es que el producto se vea amigable, y que invite a conocerlo, reducir las funciones a las básicas para poder aplicar las funciones más usuales, dado que pocas veces se utilizan todas las funciones que las jeringas poseen.

Su uso también esta condicionado por este tipo de pacientes, pues la precisión, las cantidades de infusión, el flujo, el volumen, y el valor de incrementos del flujo es más preciso, y de menor valor que el de un adulto.

1.12 CONTEXTO.

Estos aparatos son usados en las unidades de cuidados intensivos de neonatología de los centros de salud. En el momento solo las IPS de tercer nivel y algunas de segundo nivel tienen acceso a estos, ya que el modelo de negocio actual exige la adquisición de los equipos por comodato. La cantidad de insumos que estos deben adquirir son muy altos para clínicas que no tiene tal circulación

de pacientes, pero esto no implica que los centros de salud de menor complejidad no los necesiten.

También es importante apuntar que después de casi dos años de uso de la jeringa por comodato, el centro de salud tiene la posibilidad de comprar la jeringa con precio de segunda, reduciendo el tiempo de actualización de los equipos, a pesar de esto, los precios de compra aún siguen siendo muy altos.

El contexto de estas jeringas es el área de neonatología cerca de las camas o incubadoras. En este lugar se encuentran las enfermeras, médicos, los neonatos y sus madres. Esta zona suele ser decorada para los niños y utilizan colores pasteles en las paredes, en la ropa de cama, incluso los equipos más nuevos tienden a usar colores claros. Ver Figura 7 y Figura 8.

Figura 7. Sala de Neonatología



Fuente: www.gettyimages.com [consultado 12 Noviembre 2006].

Figura 8. Área de Neonatología Clínica las Americas



Fuente: UCI Neonatal, Clínica las Americas. Foto: Elaboración Propia

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE PRODUCTO

El PDS o Product Design Specifications (Especificación de Diseño de Producto) Se utiliza para establecer los requerimientos preliminares en todos los ámbitos posibles ²¹ El PDS de este proyecto se establece en el Cuadro 2. Este PDS es basado en algunos de los elementos propuestos por Stuart Pugh. (Ver Anexo A)

Cuadro 2. PDS. Especificaciones de Diseño de Producto

Med	# Nec	Medida	Import 1-5 (5 mayor)	Unidades	Valor Ideal
1	1,3	Colores neutros o pasteles	3	CMYK	Azules o gama de Warms
2	1	Formas suaves	4	NA	Curvas
3	2	Leds indicativos, y juego de colores en la diagramación	4	Unid	4 – 5 indicaciones
4	2	Instrucciones escritas sobre la carcaza	3	Unid	1 – 2 máx.
5	4	Sin hendiduras o rendijas	4	NA	NA
6	4,13	Termoplásticos, resistencia al impacto	4	J/m	200 – 215

²¹ HERNÁNDEZ, Maria C. Product Design Specifications. Universidad EAFIT, Colombia. Departamento de Ingeniería de Diseño de Producto. 2002.

7	4;13	Aceros, resistente al óxido	5	% corrosión	0
8	5	Manual de usuario	4	Subj	1
9	5	Indicaciones rápidas sobre la carcaza	4	Unid	2
10	6,7	Tamaño por debajo de los del mercado	4	cm.	máx. 30 x 14 Alt. X 15. Prof. Máx.
11	6	Volumen mínimo	4	cm ³	5000-6500
12	7,9,26	Distribución horizontal (largo)	3	cm.	30 máx.
13	7	Desplazamiento jeringa de Derecha a izquierda	3	NA	.
14	8	Ajuste fácil al atril	3	Pasos	2
15	8	Sistema sencillo	3	Universal	1 Sist.
16	10,23	Ajustes de la jeringa al aparato: estribo e unidad de impulsión	4	unid	2
17	10,11	Alarmas de ajuste	4	db	60
18	4,12,1 3,14,1 5	Termoplásticos con nivel de fundición intermedio	4	° C	210-270°C
19	16,17, 18,28	Inyección, termoformado, doblado de lámina, control numérico	4	# procesos	3- 5 máx.

20	17, 16	Evitar adhesivos, pintura, maquinado posterior	3	# procesos	3 -5 máx.
21	18,19	De 8 a 10 pasos para desensamblar	3	pasos	2 – 3 pasos
22	20	Mediano contenido de componentes estándar	3	unid	60% de los componentes
23	21, 22	Números visibles a distancia de 1 mt	3	Arial	Arial 20 – 24
24	21,22	Pantalla indicativa, leds, e información, visibles	4	cm.	100
25	23	Sistema de ajustes del posicionamiento de la jeringa precisos	4	tolerancia	tolerancia 0,5%
26	24	Simplificar la diagramación, y utilizar lenguaje formal técnico	3	subj	.
27	25	Sistema de ensamble simple a presión	2	unid	ajustes
28	27,29	Precio asequible	3	us dollars	850 a 1000.
29	30	Porcentaje de tolerancia similar a otros	5	%	1% +0
30	30	Paso del tornillo	4	paso	1,2
31	30	Motor paso a paso	5	v	6v

32	31	Pocos botones, y funciones simples	4	Unid	2 funciones
33	32	Jeringa 60 ml	3	ml	60
34	33	Goteo y bolo	5	unid	2 funciones
35	34	Alarma sonora, perceptible	3	db	60
36	33	No se tendrán librerías de drogas	2	.	.
37	35	Bajo nivel de flujo	5	ml/h	0,1 a 99,9
38	35	En incrementos de 0,1 ml/h	5	ml/h	0,1
39	36	Velocidad rápida	4	ml/h	500
40	36, 10, 11	Alarma de posicionamiento en el estribo y la unidad de impulsión	3	unid	2
41	36	Alarma de oclusión (traba en el motor)	4	presión	Na
42	36	Alarma por batería baja	3	voltaje	menor a 3 v
43	36	Alarma antes del fin de infusión	3	min.	3
44	36	Alarma de volumen, cantidad alcanzada	5	volumen	0
45	38	conexión nacional	5	voltios	110
46	39	sin batería instalada, no funciona	4	.	.
47	40	Baterías recargables	3	Tipo	Ni Cd

48	40	Cargador de baterías comercial	3	Tipo	Ni Cd
49	41	Durable según desarrollos tecnológico	3	años	5 a 7
50	42	Empacar en caja	3	.	.
51	43	Control de movimiento (encoder)	5	impulsos	continuo
52	1	Display visible	5	Líneas	22 x 4

Fuente: elaboración propia

PROCESO DE DISEÑO

El proceso de diseño de la jeringa de infusión fue iniciado según la herramienta de los Collages que se presenta en el libro Product Design de Mike Baxter²². Mike Baxter explica que dentro de la semántica del producto se debe buscar un concepto de diseño, este concepto de diseño se desarrolla con la intención de establecer una forma visual. Esto hace que el producto se vea como si concordara con su propósito de uso.²³

El simbolismo del producto debe reflejar cierta imagen, para que esta ayude a tomar la decisión entre adquirir un producto u otro que cumplen la misma funcionalidad, es así como un producto se ajusta en las expectativas simbólicas del consumidor²⁴, como según el status, o la representación general de la persona.

1.13 ALFABETO VISUAL

Con la herramienta de los Boards o collages se busca generar unos collages visuales de imágenes que ayudan al diseño formal del producto. El primer board es el lifestyle board o collage de estilo de vida. La jeringa de infusión como es descrito anteriormente es dirigida al grupo de enfermeras de los centros de Neonatología de las clínicas, y al mismo tiempo están rodeando a un paciente recién nacido.

22 BAXTER, Mike.. Product Design 1ª E.d USA Chapman & Hall 1995 p 217 - 229

23 .Ibíd.,p. 218

24 Ibíd., p.221

El collage de estilo de vida trata de describir por medio de imágenes cual es el grupo objetivo, (ver Figura 9) mostrando características visuales del estilo de vida donde el producto puede estar involucrado. La idea es reflejar actitudes alegres, pues nadie compraría un producto que represente tristeza o miedo. Esto es necesario tenerlo presente durante todo el proceso de diseño.

Figura 9. Collage del Estilo de Vida



Fuente: Elaboración Juan Sebastián Villa. Imágenes de Getty Images²⁵, Masterfile²⁶

25 Banco de Imágenes [En línea] [Búsqueda Mayo 2006] Disponible en <http://creative.gettyimages.com/source/home/home.aspx>

El segundo es conocido como Mood-Board, o collage de emoción. En este collage se busca generar una serie de imágenes que representen una emoción o atributo que se busca con el producto, en este caso la emoción escogida fue "Protección" (ver Figura 10) pues la idea es cambiar la concepción de agresividad que tiene el ambiente clínico.

Figura 10. Collage de la Emoción: Protección



Fuente: elaboración propia Imágenes de Getty Images²⁷, Masterfile²⁸

26 Banco de Imágenes [En línea] [Búsqueda Mayo de 2006] Disponible en <http://www.masterfile.com/>

27Banco de Imágenes [En línea] [Búsqueda Mayo 2006] Disponible en <http://creative.gettyimages.com/source/home/home.aspx>

Después de realizar el collage de la emoción que se quiere emitir con el producto, solo se puede escoger uno de estos como referente formal para ser utilizado en el diseño del producto, en este caso se escogió el referente de maternidad humana, por las formas que estas contiene, el cual es apropiado, pues el producto es para neonatos. El collage se puede ver a continuación (ver Figura 11).

Figura 11. Collage del Referente: Maternidad



Fuente: elaboración propia Imágenes de Getty Images²⁹, Masterfile³⁰

28 Banco de Imágenes [En línea] [Búsqueda Mayo 2006] Disponible en <http://www.masterfile.com/>

29 Banco de Imágenes [En línea] [Búsqueda Mayo 2006] Disponible en <http://creative.gettyimages.com/source/home/home.aspx>

A partir de este referente se saca el alfabeto visual. Este es un alfabeto compuesto por formas, colores, texturas que se extraen para el proceso de diseño ³¹ .

Inicialmente se busca sacar los contornos, siluetas y formas más representativas que se encuentran en el referente, para continuar con una exploración, donde se realizan nuevas geometrías partiendo de las anteriores. Esto se logra por medio de operaciones booleanas, descomposiciones, o geometrización de la forma, lo cual crea un alfabeto de nuevas formas.

El alfabeto se desarrolla como un ejercicio rápido y amplio, esto con el fin de aplicarlo al desarrollo de las alternativas, y facilitar el proceso creativo tomando en cuenta siempre la emoción que se quiere transmitir con el producto (ver Figura 12).

Conjuntamente se sacan asociaciones de colores y texturas que se remiten continuamente en el referente formal (ver Figura 13).

1.14 DESARROLLO FORMAL DE LAS ALTERNATIVAS

Partiendo del alfabeto visual y de las formas que este propone, se hace un ejercicio de generación de alternativas por medio de lluvia de ideas, en bosquejo, en lápiz y otras con marcador. Para este ejercicio de lluvia de ideas también se tomo en cuenta la distribución general de las Jeringas de infusión, según su arquitectura (ver Figura 6), visualizando así mayores posibilidades, y enfatizando estos aspectos. De la generación de alternativas se obtuvieron algunas de las siguientes propuestas (ver Figura 14 y Figura 15).

30 Banco de Imágenes [En línea] [Búsqueda Mayo 2006] Disponible en <http://www.masterfile.com/>

31 Velásquez, Alejandra. Ayuda 1 Alfabeto Visual. Universidad EAFIT, Colombia. Departamento de Ingeniería de Diseño de Producto. 2005

Figura 12. Alfabeto Visual



Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Colores y Texturas Asociadas al Referente

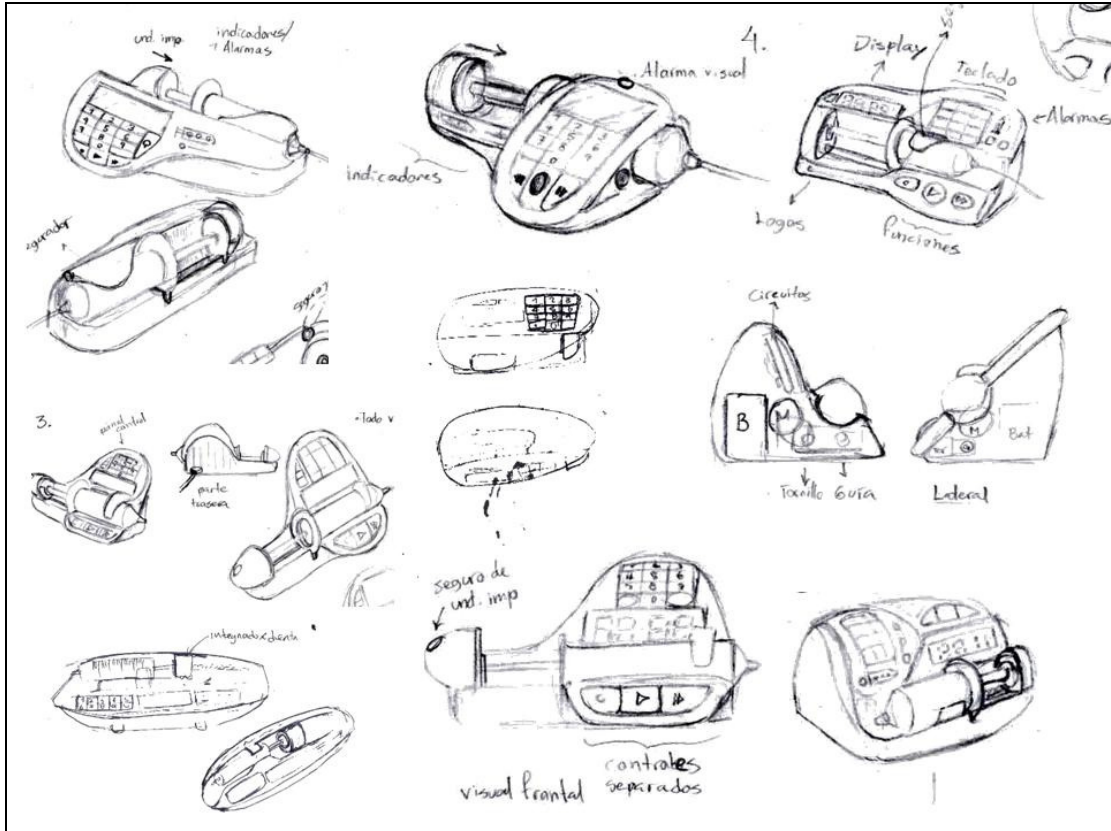


Fuente: Elaboración Juan Sebastián Villa. Imágenes de Getty Images³², Masterfile³³

32 Banco de Imágenes [En línea] [Búsqueda Mayo 2006] Disponible en <http://creative.gettyimages.com/source/home/home.aspx>

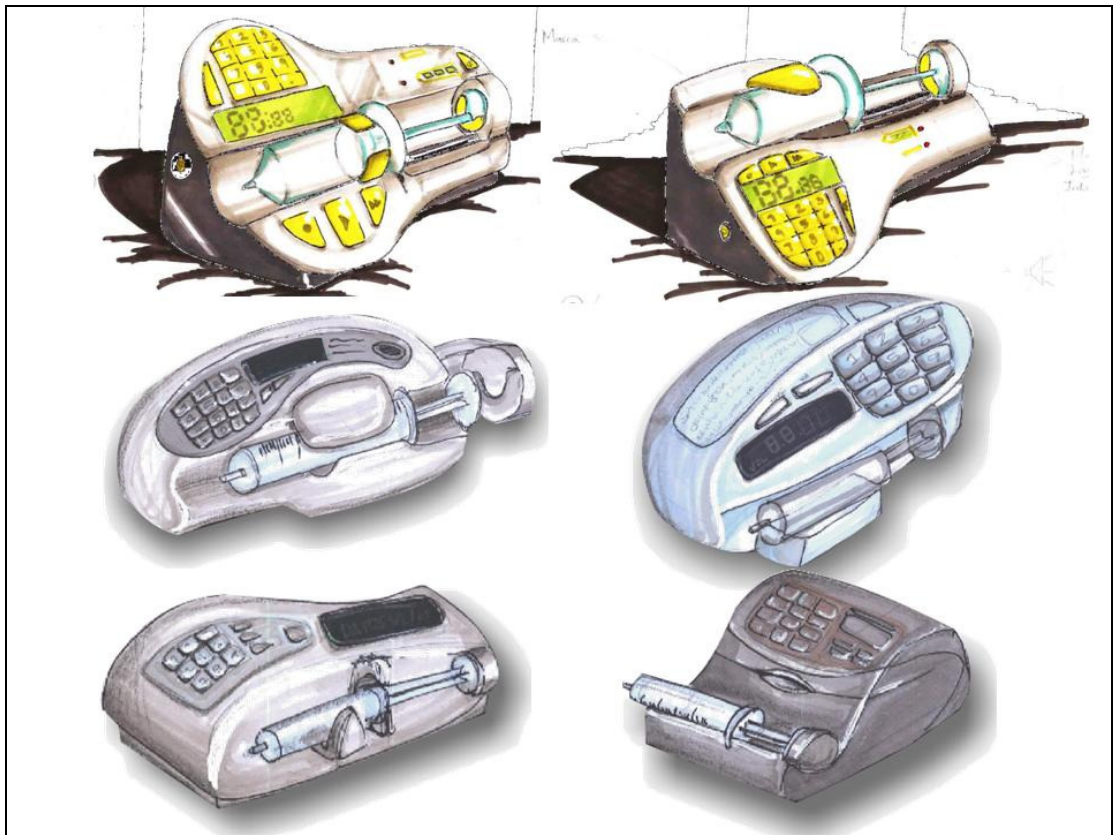
33Banco de Imágenes [En línea] [Búsqueda Mayo 2006] Disponible en <http://www.masterfile.com/>

Figura 14. Bosquejos en Lápiz



Fuente: Elaboración Juan Sebastián Villa – Juliana Escobar

Figura 15. Bosquejos en Marcador



Fuente: Elaboración Juan Sebastián Villa – Juliana Escobar

La lluvia de ideas de alternativas en marcador fue evaluada por las características que la componían, y visualmente por el diseño. La evaluación fue hecha por los realizadores de los bosquejos y por los diferentes integrantes del grupo interdisciplinario del CTA; EAFIT y la EIA. La evaluación que se puede observar en la

Figura 16, dio como resultado dos alternativas escogidas. La alternativa 1 y la alternativa 3, que tenían una mayor lista de atributos con que trabajar, y las mejoras que requerían frente a otras propuestas eran menores. En esta etapa se hizo una aproximación conceptual de la forma que debía tener, para luego ir estructurando la arquitectura del producto junto con el equipo interdisciplinario

Figura 16. Evaluación de Alternativas

1		<ul style="list-style-type: none"> -Muy buena visualización de la pantalla y del proceso de infusión. -El sistema de impulsión está dentro del sistema. Buena distribución gráfica. -Parte del control queda por debajo de la jeringa, puede entrar líquido. -El área de la base puede no ser suficiente para los elementos electrónicos de mayor peso.
2		<ul style="list-style-type: none"> -Buena visualización de la jeringa. -Arquitectura del producto diferente a las del mercado. -El control queda por debajo de la jeringa, puede entrar líquido. -Retiene líquido. -El sistema de mangueras puede tapar la pantalla.
3		<ul style="list-style-type: none"> -No retiene líquidos. -Pantalla en la parte superior, semi-inclinado -Buena distribución gráfica. -Los elementos electrónicos pueden ser difíciles de acomodar. -El impulsor está por fuera del sistema.
4		<ul style="list-style-type: none"> -Buena visualización de la pantalla, y el control. -Facilidad de limpieza. -No retiene líquido. -Sistema de impulsión dentro del sistema. -Poca visibilidad de la jeringa. -Línea de partición vertical. (puede dar a la filtración de algún líquido). -Instrucciones con poca visibilidad.
5		<ul style="list-style-type: none"> -Jeringa muy visible. -No retiene líquido. -El sistema de aseguramiento, contiene la función de establecer la jeringa en su lugar antes de sujetarla. -La forma permite el deslizamiento de los líquidos. -Pantalla con ángulo de poco acceso visual. -Requiere un sistema de aseguramiento muy estable.
6		<ul style="list-style-type: none"> -Pantalla visible. -Sistema de control asequible. -Jeringa muy visible. -Retiene líquidos. -El impulsor se sale del sistema. -Bajo nivel formal.

Fuente: elaboración propia

De estas dos alternativas se pasó a construir unos modelos blandos preliminares, una imagen gráfica y una modelación inicial con bajo nivel de detalle, con el fin de escoger una de estas dos opciones. En este paso se trató de llevar un poco más a detalle las formas, el volumen y el espacio. En la Figura 17 y Figura 18 se puede observar el desarrollo de estas dos alternativas.

Figura 17. Progreso Alternativa 1



Fuente: elaboración propia

Figura 18. Progreso Alternativa 3



Fuente: elaboración propia

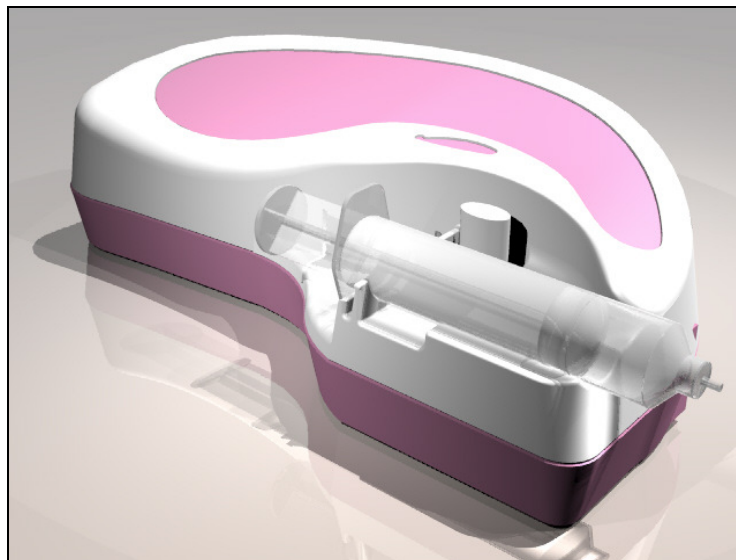
Después de este desarrollo se escogió la alternativa 3, pues facilita la disposición de los elementos electrónicos, retiene menos líquido que la alternativa 1 sobre su

superficie, la imagen gráfica permite una lectura más concreta y su distribución permite cambios más fáciles a futuro. Se observó que la optimización de espacio era más fácil de realizar con esta forma; en la alternativa 1 se identificaron problemas como que el sistema inferior de controles no era adecuado para ubicar inmediatamente después de la jeringa y del catéter, por posible infiltración de líquido. La altura y largo de la superficie ocuparía un volumen mucho mayor, sobrepasando el volumen establecido, y ocupando más espacio en la mesa de soporte del equipo.

1.15 ALTERNATIVA ESCOGIDA

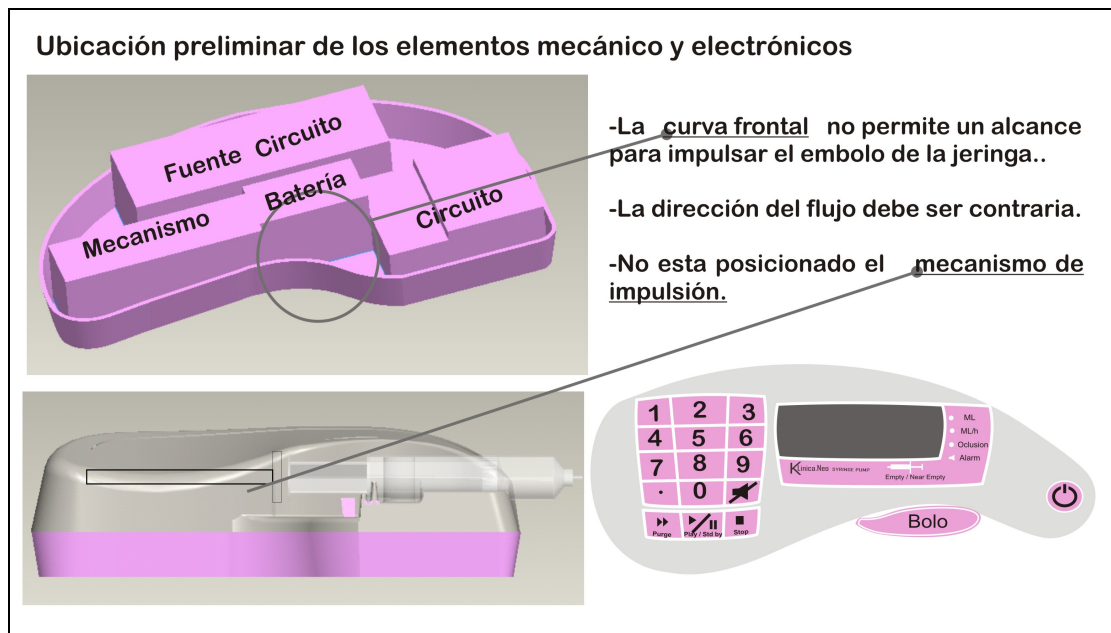
Partiendo del diseño de la alternativa 3, se elaboró la modelación con mayor detalle para establecer espacialmente la parte eléctrica y el mecanismo, dando como resultado el primer alcance del diseño (ver Figura 19 y Figura 20).

Figura 19. Render de la Primera Propuesta



Fuente: elaboración propia

Figura 20. Descripción de la Primera Propuesta



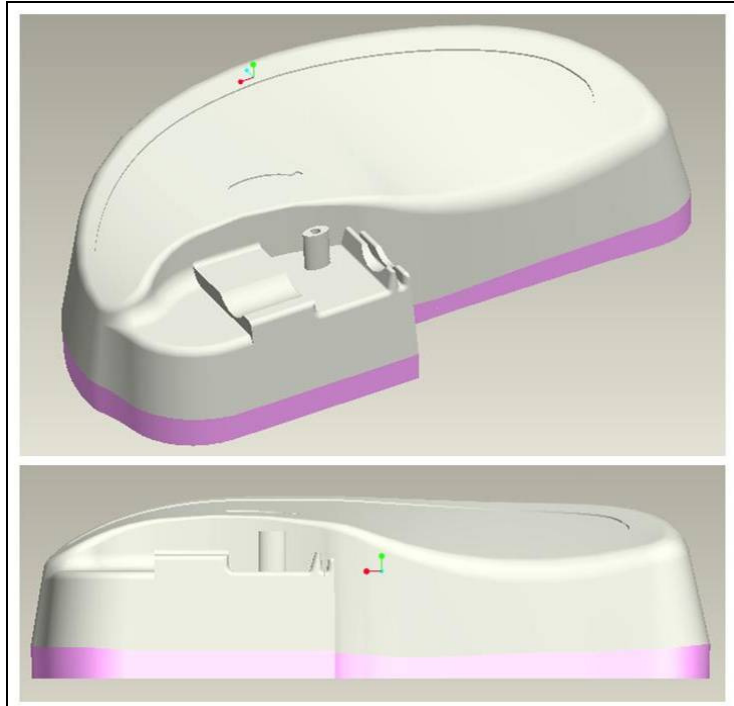
Fuente: elaboración propia

Analizando esta primera modelación se evaluaron varios aspectos a mejorar. El primero era que la curva de la parte frontal no permitía un buen accionamiento del mecanismo de impulsión. El segundo era que esta distribución del mecanismo de impulsión requeriría hacer una ranura por donde podría filtrarse líquidos, así que se debía cambiar. Por último no se debía cambiar la dirección del flujo de izquierda a derecha, pues todas las jeringas de infusión son de derecha a izquierda con el propósito de posicionarlo con la mano derecha, si esto se cambia podría generar un rechazo entre los usuarios del producto, así la posición fuera electromecánica.

Con esta evaluación se modeló una nueva jeringa, donde el mecanismo se ubicaría por debajo de la jeringa plástica, y la salida para su impulsión fuera solo un eje, además se cambió la disposición del flujo de izquierda a derecha y se

omitió la curva que impedía el accionamiento completo del émbolo de la jeringa.
(Ver Figura 21)

Figura 21. Propuesta 2.



Fuente: elaboración propia

DISEÑO DE DETALLE

En ésta etapa se busca unir el concepto anterior con la parte electrónica y mecánica de una manera más completa para así acoplar la exploración formal con la parte funcional.

Se trabajó junto con la EIA, que eran los encargados de estas dos partes del equipo interdisciplinario. Con ellos se estableció un cronograma con fechas claves para la entrega de la información con la cual era necesario trabajar en el desarrollo formal y funcional de la carcaza. Además se trabajaron las modelaciones, modelos blandos, y bancos de prueba para que toda la información coordinara y se les facilitara el trabajo, pues no manejaban las mismas herramientas. En este punto se estableció la arquitectura del producto, donde todos los equipos disciplinarios deberían entregar las dimensiones máximas de los componentes que debían ser alojados en el interior de la carcaza.

A pesar de tener estas fechas, y establecer reuniones periódicas para unificar la información, no fue posible que fueran consistentes con la información que entregaban, pues entregaban una parte de la información y luego la cambiaban, o no avanzaban en el trabajo, o no cumplían con las fechas propuestas, ni el trabajo establecido. Además, ninguno de los dos equipos multidisciplinarios, electrónica y mecánica respetaron la arquitectura del producto acordada, produciendo inconsistencias durante el proceso de diseño, tal como se detalla más adelante.

Además si no tenían ningún tipo de avance, o si no sabían como seguir con el trabajo no comunicaron sus falencias ni problemas. Todo esto hizo que el proyecto diera muchas vueltas en la síntesis de la carcaza junto con la mecánica y la

electrónica y se tuviera que continuar el trabajo por parte de la ingeniería de producto sin contar con la información de todos.

1.16 DESARROLLO DE MODELOS Y PRUEBAS INICIALES

Se realizó un modelo blando para verificar espacios de manera tridimensional (ver Figura 22 y Figura 23) y un banco de pruebas para probar el mecanismo inicial propuesto por la EIA (ver Figura 24). Esto se hace para lograr un mayor entendimiento espacial entre los diferentes integrantes del grupo interdisciplinario, y sirve para verificar la información entregada anteriormente por parte de los encargados de la parte mecánica, y eléctrica.

Figura 22. Modelación y Modelo Blando.



Fuente: elaboración propia

En la primera revisión del mecanismo con el modelo en cartón paja, se puede observar que ni la altura ni el largo concordaban, puesto que las medidas entregadas no concordaban con el mecanismo construido, esto dio a lugar una corrección sobre la modelación tridimensional (ver Figura 23).

Figura 23. Mecanismo y Revisión Espacial sobre el Modelo Blando



Fuente: elaboración propia

Figura 24. Banco de Pruebas



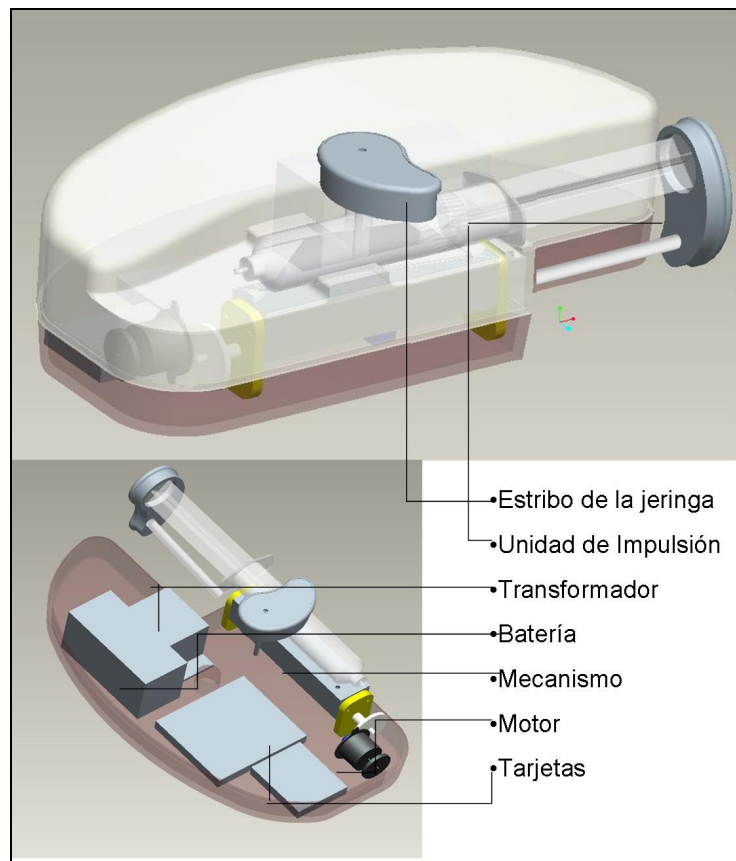
Fuente: elaboración propia

Se desarrolló un banco de prueba de funcionamiento de los componentes electrónicos y mecánicos. Dicho banco de pruebas adopta la forma final que

posiciona la jeringa desechable, para probar el mecanismo con el circuito electrónico.

Con la información recogida sobre el espacio del mecanismo y sobre las medidas entregadas por parte de la EIA de los elementos electrónicos se avanzó en el desarrollo de esta segunda propuesta y se realizó un nuevo cambio en la modelación (ver Figura 25).

Figura 25. Propuesta 3



Fuente: elaboración propia

Después de ésta etapa el equipo de trabajo de la EIA se retiró del proyecto sin avances reales sobre su trabajo, y fue necesario acoplarse a un nuevo equipo

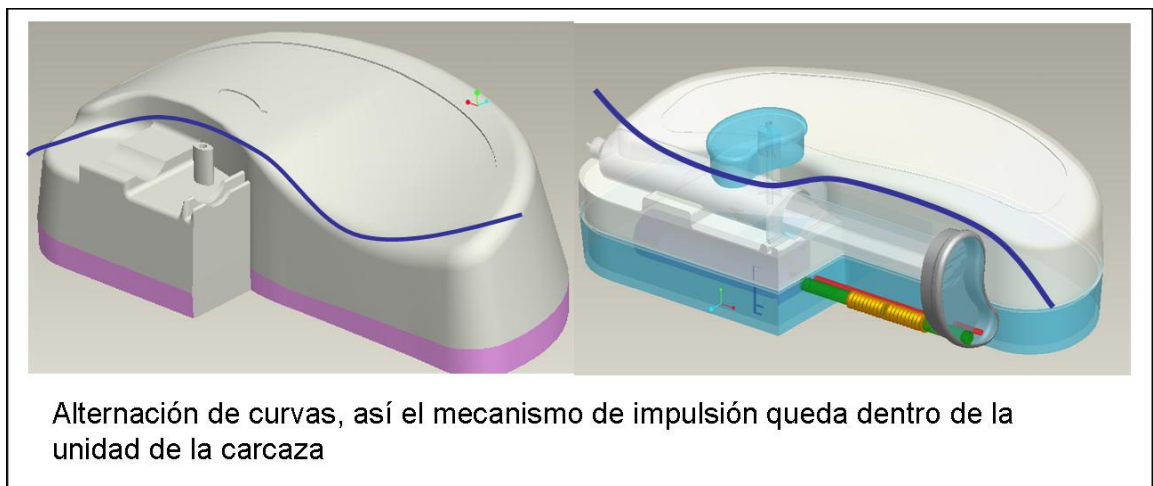
conformado por la empresa Omicrom ingeniería Ltda., en la parte electrónica, y con el ingeniero Juan Felipe Isaza de la Universidad EAFIT en la parte mecánica.

En esta etapa se continuó con el trabajo, acoplado lo trabajado anteriormente con la nueva información entregada por ellos.

1.17 DESARROLLO FORMAL - FUNCIONAL

Durante el desarrollo formal se percibió que el mecanismo de impulsión quedaba por encima de la parte superior de la carcaza, haciendo que el equipo perdiera percepción de unidad y que se disminuyera la visibilidad del teclado. Para corregir estos inconvenientes se alternaron las curvas de la superficie superior para que la curva cóncava quedara por el lado del embolo de la jeringa (ver Figura 26). Al mismo tiempo se optimizó el espacio, según los nuevos elementos electrónicos.

Figura 26. Alternación de Curvas.



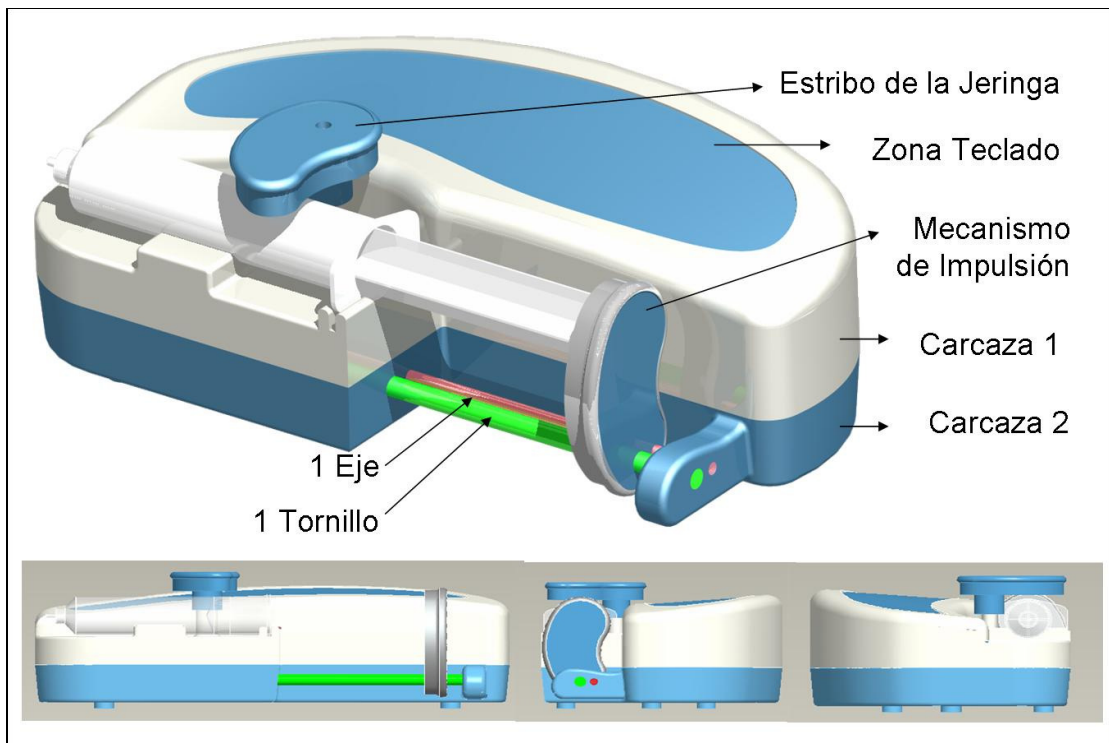
Fuente: elaboración propia

Se decidió un cambio de los colores, porque aunque el tono de rosado era acorde con el referente y se acomodaba muy bien al usuario, se quiso agrupar tanto el usuario como su contexto, así que se cambio por un tipo de azul.

Se escogió el tono azul porque este color emite limpieza, el azul tiene alto brillo o intensidad lumínica, este hace que el color sea mas vibrante e intenso, la saturación es media – baja, para inclinar más hacia un color pastel debido a que los usuarios son los Neonatos. Con respecto a las enfermeras, el color azul, sigue siendo un color de equipos clínicos, y el blanco es un color neutro que emite limpieza, y la combinación de estos dos colores son aceptados por este usuario para este contexto.

El desarrollo de la carcasa también fue variando según el avance del mecanismo, de lo trabajado por el ingeniero Juan Felipe. Acá se mencionarán los cambios formales, pero en el mecanismo se ahondará un poco más sobre este tema. Uno de los cambios fue que a diferencia de la salida de un eje de impulsión, saldría el tornillo de potencia y el eje que lo estabilizaba, estos dos conectados al sistema de impulsión y a un rodamiento al otro extremo (ver Figura 27).

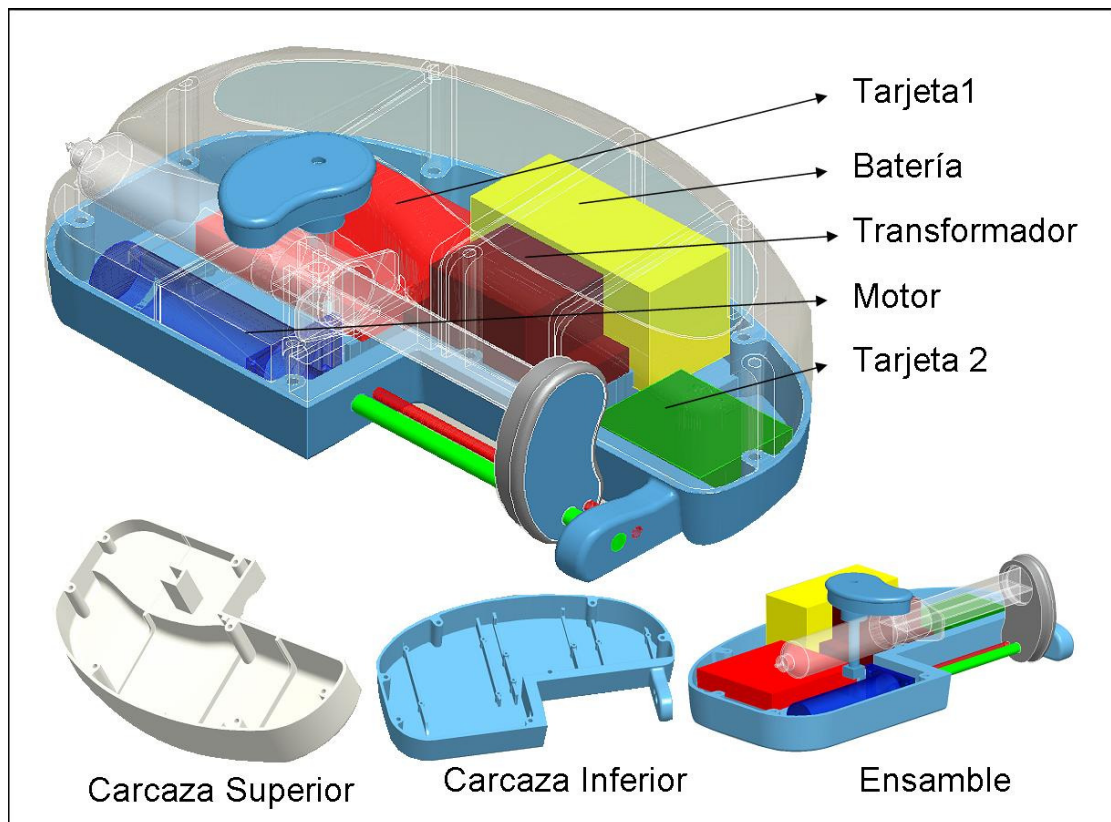
Figura 27. Propuesta 4



Fuente: elaboración propia

Sobre esta propuesta también se avanzó en la distribución de los elementos internos, la sujeción a las carcazas de estos elementos (Esta información fue entregada por parte de la empresa Omicrom Ingeniería Ltda.), y los detalles de ensamble entre las diferentes partes y los refuerzos que las carcazas necesitaban. (Ver Figura 28).

Figura 28. Diseño de Detalle Propuesta 4



Fuente: elaboración propia

Luego de estos cambios fue necesario reevaluar el diseño por varias razones, la primera porque aunque este diseño funcionaba para el mecanizado en CNC del prototipo (que es el alcance de este proyecto), el desarrollo de la oreja donde se apoyaban tanto el eje como el tornillo, no permitía proponer a futuro la inyección de plástico como proceso de manufactura para producciones en serie.

La segunda razón es que el mecanismo de posicionamiento del sistema de impulsión que se desarrolló electrónicamente, no fue eficiente, pues la capacidad del motor con la relación al paso del tornillo hacía muy lento el recorrido del

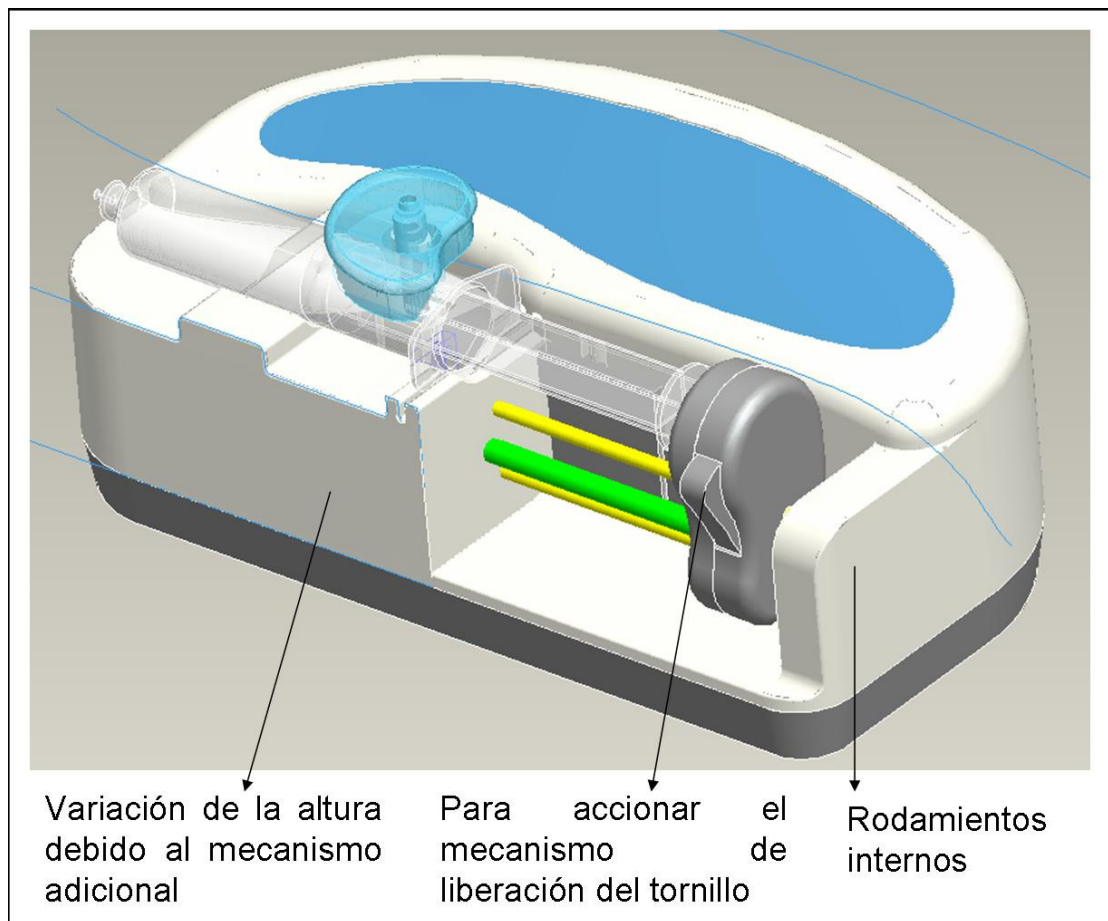
sistema de impulsión. Se tuvo que implementar un sistema mecánico para liberar el tornillo y desplazar manualmente el impulsor.

La tercera fue que la capacidad de la batería anterior no era suficiente para una carga durable y fue necesario adicionar una batería con las mismas dimensiones, y cambiar el transformador existente por uno más grande.

Con la asesoría del ingeniero encargado del sistema de liberación del tornillo, se desarrolló una pequeña parte que incluyera este mecanismo y no se perdiera la unidad ni el desarrollo formal anteriormente realizado. Es así como se establece la carcaza final de la jeringa de infusión (ver Figura 29).

Como se puede observar en la figura anterior, la carcaza no se puede realizar por medio de inyección, en este caso se estudia el DFM (diseño para la manufactura) con base en el prototipo, maquinándolo por control numérico sobre una resina. El diseño como tal ya permite una aproximación para realizar los cambios pertinentes para inyectar estas piezas.

Figura 29. Propuesta 5



Fuente: elaboración propia

1.18 MECANISMO

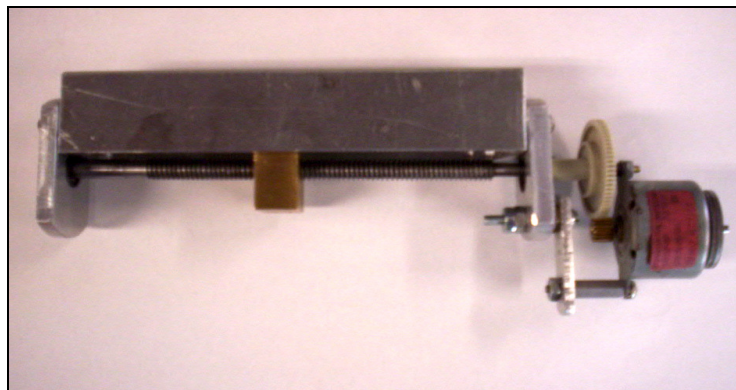
El mecanismo principal de la jeringa de infusión debe cumplir dos funciones esenciales, la primera es que por medio de la transferencia de fuerzas debe empujar el embolo de la jeringa, sintetizándose en el mecanismo de impulsión. Segundo, debe permitir posicionarse fácilmente según la función.

La función de empuje debe ser controlada electrónicamente para poder determinar una cantidad exacta de solución a infundir, y verificar el estado del equipo y las diferentes alarmas.

La segunda opción se puede desarrollar electrónicamente controlando la dirección del motor, o por medio de un sistema que libere el tornillo, y permita que un carro conectado se mueva libremente hacia delante o hacia atrás sobre el recorrido.

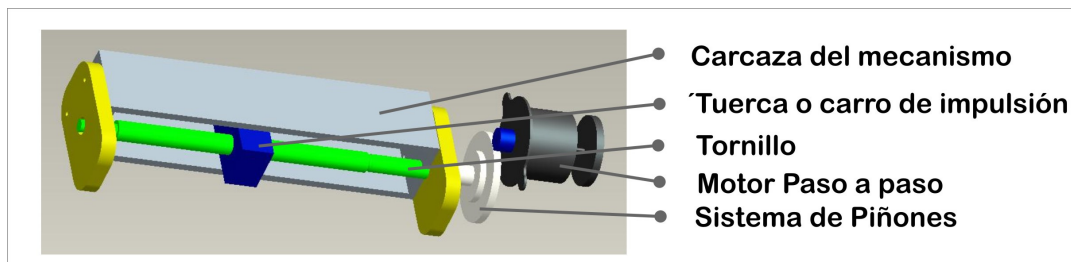
El primer prototipo del mecanismo se puede observar en la Figura 23, Figura 30 y Figura 31. Este fue desarrollado por la EIA, y sobre este se comenzó a analizar su funcionamiento.

Figura 30. Foto del 1er Mecanismo



Fuente: elaboración EIA. Foto: Elaboración propia

Figura 31. Mecanismo Inicial

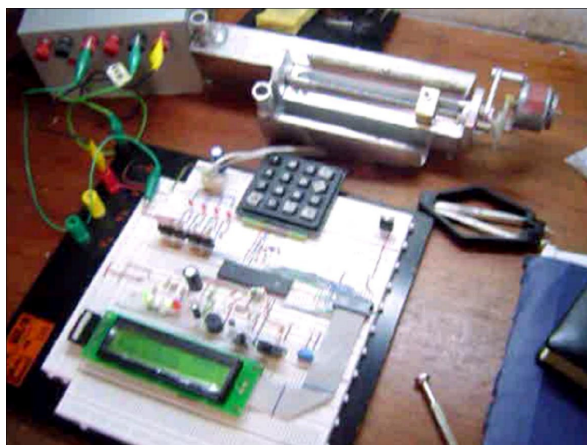


Fuente: modelado por Juan Sebastián Villa, según el mecanismo entregado por la EIA

Después de que la EIA construyera el mecanismo se modeló esta opción, para hacer el desarrollo de la carcaza pertinente según este elemento. Este ensamble se puede observar en el desarrollo formal 3, en la Figura 25.

Con el banco de pruebas de la jeringa (Figura 24), y el mecanismo se desarrollaron pruebas de funcionamiento (ver Figura 32). Esta figura es extraída de una filmación del mecanismo. (Ver Anexo B)

Figura 32. Prueba Electrónica y Mecánica



Fuente: elaboración omicrom. Foto: elaboración propia

Se concluyó que el desempeño era insuficiente pues el motor junto con la relación de piñones no tenía la capacidad necesaria para impulsar la jeringa. La tuerca que abrazaba el tornillo sufría un movimiento ondulatorio que le hacía perder fuerza. El mecanismo tampoco era adecuado porque tenía muchas piezas, lo cual lo hacía poco eficiente.

Después de este análisis se desarrolló un nuevo cambio en el funcionamiento del mecanismo donde se contrató, por parte del CTA, al Ingeniero Mecánico Juan Felipe Isaza de la Universidad EAFIT.

En este proceso se evaluó el posicionamiento del sistema de impulsión controlado por medio del circuito electrónico y manualmente por medio de la liberación del tornillo. Cuando se realizó el posicionamiento por medio del circuito electrónico, se observó que el tiempo de recorrido del carro sobre el tornillo era aproximadamente de 4 minutos, a partir de esto se tomó la decisión de desarrollar el recorrido libre del mecanismo de impulsión por medio de un sistema de liberación del tornillo.

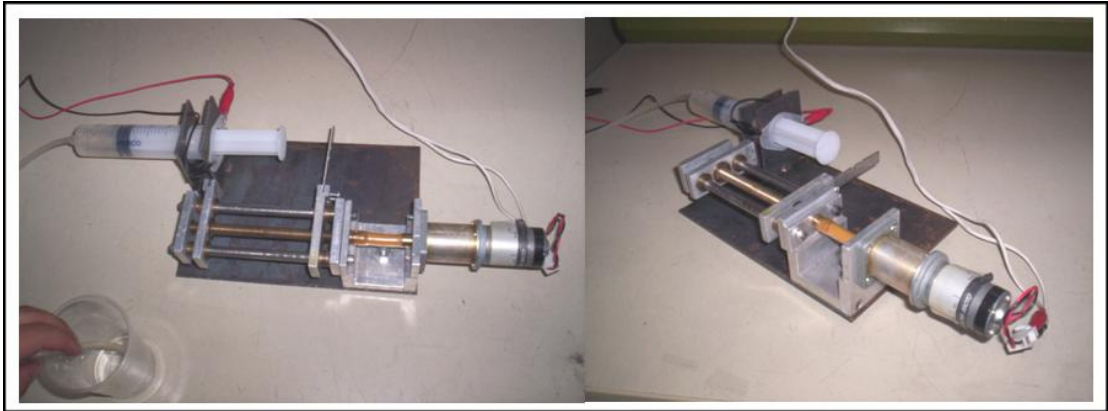
Para el rediseño del mecanismo de impulsión se realizaron varias pruebas con respecto a la fuerza que hay que aplicar para inyectar agua con la jeringa de 60 ml. Estas se realizaron en la máquina universal de la Universidad EAFIT.³⁴ La fuerza del motor necesaria fue de 100 N (Newton).

Se utilizó un motor paso a paso de 12V y se implementó un sistema de piñones para aumentar el torque³⁵ Esta información fue corroborada por medio de un montaje (ver Figura 33).

34 ISAZA, Juan Felipe. Informe Mecanismo de Posicionamiento en Jeringa de Infusión

35 Ibíd..

Figura 33. Montaje para el Motor

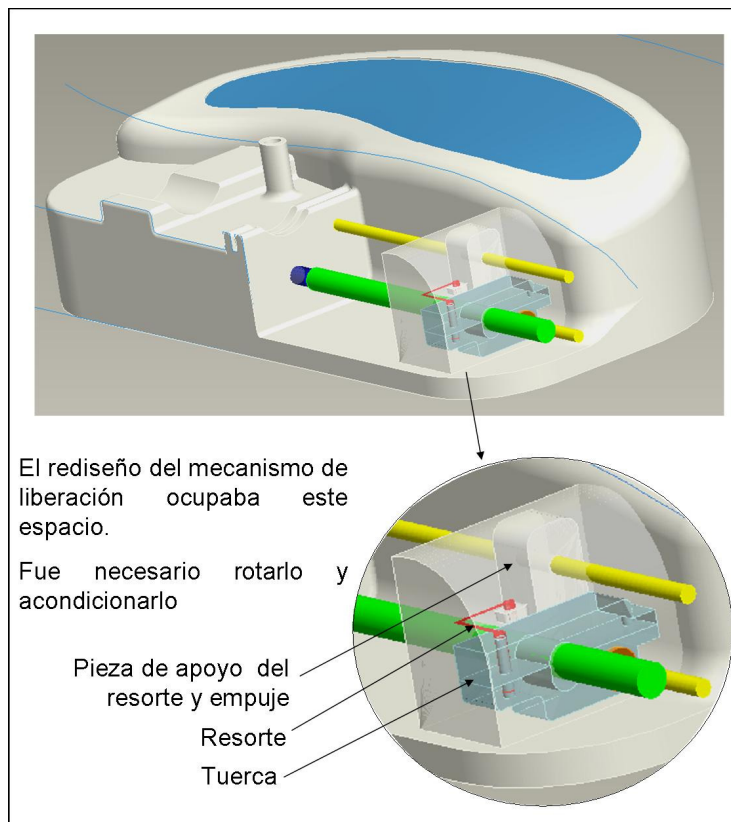


Fuente: elaboración Ingeniero mecánico Juan Felipe Isaza. Foto: elaboración propia.

El diseño de este nuevo mecanismo está basado en el existente de la jeringa marca TERUMO y la primera modelación del mecanismo propuesto cumplía la función de liberar el tornillo, pero no se acoplaba formalmente al diseño de la carcasa, ocupada mucho espacio y su accionamiento no era ergonómico (ver Figura 34).

El Ingeniero Mecánico evaluó la nueva propuesta para corregir posibles errores que pudieran ocurrir en el sistema debido al cambio de la forma. El mecanismo final puede observarse en la Figura 35.

Figura 34. 1er Desarrollo del Mecanismo de Liberación



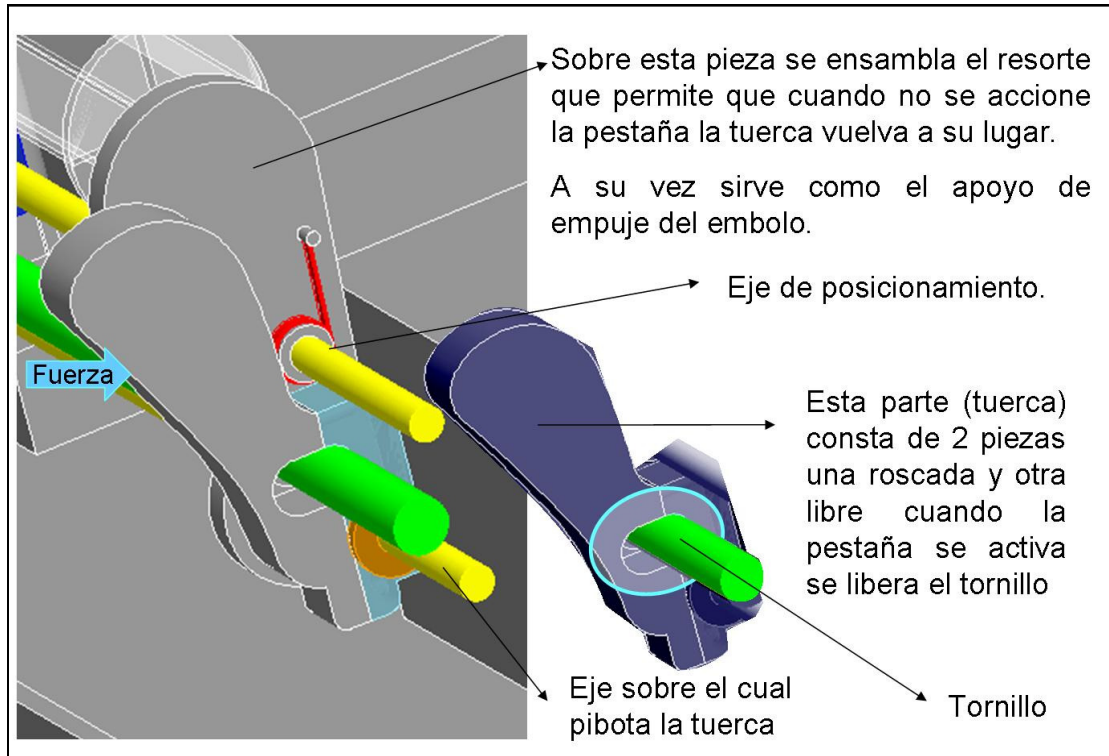
Fuente: elaboración propia

El diseño del mecanismo consta de:

- 2 guías (una para dirigir el impulsor, y la otra para permitir un pivote para agarrar y soltar el tornillo).
- Un tornillo de potencia. El tornillo está soportado por un juego de rodamientos a los extremos.
- Una pestaña que sirve para accionar el mecanismo de liberación del tornillo.
- Un aditamento que se ensambla a la pestaña, el cual tiene media rosca
- Una pieza que transmite la fuerza hacia la jeringa desechable.

- Juego de carcazas que cumplen con proteger el mecanismo y completar la forma de la jeringa.

Figura 35. Sistema de Liberación de Tuerca



Fuente: mecanismo diseñado por el Ingeniero Juan Felipe Isaza. Figura: elaboración propia

El mecanismo es accionado por medio de la pestaña, que al girar desplaza al agujero por donde pasa el tornillo. Este agujero tiene la característica de permitir que se libere el tornillo, debido a que una de sus mitades está roscada y otra no. De esta manera cuando se presiona la pestaña, el tornillo deja de apoyarse en la mitad roscada, y la tuerca de empuje puede deslizarse sobre las guías, permitiendo al sistema de impulsión posicionarse sobre el émbolo de la jeringa.

Cuando se deja de oprimir la pestaña la tuerca vuelve a su sitio por medio de un resorte y queda la parte roscada en contacto con el tornillo, permitiendo así que el accionamiento electrónico haga actuar el sistema de impulsión.

1.19 ELECTRÓNICA

El sistema Electrónico está basado en el funcionamiento general y en los requerimientos de la jeringa de infusión. A continuación se describe la manera como opera la jeringa, y la respuesta del equipo.

1.19.1 Funcionamiento General

1. La jeringa debe estar conectada a 110V
2. Se enciende la máquina con On / Off (y el led de este botón se ilumina)
3. La máquina verifica el nivel de carga de las baterías, y siempre se deben estar cargando.
4. Las baterías se activarán automáticamente cuando la jeringa esté en funcionamiento y se pierda la conexión a 110v (se desconecte la máquina accidentalmente, o se interrumpa el suministro de energía). En este caso emitirá una alarma sonora, e indicará que está usando la batería³⁶. Si la

36 Al generar cualquier tipo de alarma, se puede presionar el botón de sonido off para que el sonido cese si el problema no se ha solucionado en 2 minutos la alarma sonora volverá a encenderse.

a. El programa debe verificar constantemente si el problema persiste, hasta que este problema no se solucione la maquina no debe recibir mas ordenes. Y cuando se solucione se apaga el led de alarma, se apaga el sonido y se queda esperando respuesta siguiente.

b. Todas los sistemas de seguridad y alarmas se deben verificar durante todo el funcionamiento, y en este caso prendera el led de alarma, emitirá un sonido y saldrá un mensaje en el display, y la infusión debe parar

batería se encuentra con bajo voltaje emitirá una alarma sonora y visual, encendiendo un led y desplegando un mensaje sobre la pantalla.

5. Verificar si la jeringa esta bien posicionada por medio de un sensor. Si esta bien ubicada se prende el led en forma de jeringa verde, si no esta bien posicionada o no esta la jeringa, el led será de color rojo, y desplegará un mensaje sobre la pantalla

Para posicionar la jeringa se debe colocar sobre la parte frontal, sujetándola por medio de la palanca superior o estribo de la jeringa y mover el sistema de impulsión de la derecha hasta que se tope con la jeringa ubicada en el aparato (ver Figura 4).

6. Después de verificar la posición de la jeringa, el equipo pregunta por los datos de volumen en ml y se introduce el valor.
7. El equipo pregunta por los datos de flujo ml/hora y se introducen los valores
8. Luego pide confirmación de datos, si no son los datos se presiona la tecla stop y vuelve a preguntar por el volumen, si los datos son correctos se presiona la tecla de purga, si no se presiona nada después de 1 minuto vuelve a preguntar por el volumen.
9. Comienza la purga que es manual. (presionando el botón constantemente hasta que la purga pare cuando el catéter este lleno de la solución, y no quede aire en él. (velocidad de purga= 500ml/h)
10. Luego espera la respuesta de Play, para comenzar realizar la infusión
11. El programa puede recibir la señal de bolo en cualquier parte del proceso de infusión y esta debe comenzar a realizarlo. (Velocidad de bolo = 500ml/h) Si la primera función a realizar es el bolo, también debe preguntar por la purga inicial.
12. Puede existir la señal de pausa en cualquier momento, y simplemente debe pausar la infusión.
13. Si recibe la señal de stop, estos datos se resetean y la infusión para.
14. La última opción seleccionada queda grabada.

1.19.2 Alertas del Programa

1. Batería Baja (sonido , led, mensaje : Batería Baja)
2. Que la jeringa no esté posicionada (sonido, led en forma de jeringa, led rojo y mensaje “jeringa mal posicionada”, si esta bien posicionada se cambia a color verde)
3. Que no se introduzcan los datos esperados después de 1 minuto (sonido, led de alarma y mensaje “esperando respuesta”)
4. Que se presione un botón inesperado. (emitir sonido, pero no realizar ninguna actividad y seguir esperando la respuesta indicada)
5. Que se presione Play antes de realizar la purga. Sonido, led de alarma y mensaje “esperando purga”)
6. Que cuando esté en funcionamiento sea de infusión o de bolo, haya algún tipo de oclusión. sonido, Led de alarma, Mensaje “oclusión”
7. Antes de finalizar la infusión debe emitir un sonido y el mensaje “infusión por finalizar”
8. Fin de la infusión; sonido y mensaje “fin de infusión”
9. Fin de carrera: si existe un error con los datos y ya se terminó el recorrido del mecanismo de impulsión, debe emitir alarma de sonido, encender el led de alarma y mostrar mensaje de fin de carrera.

Estos requerimientos fueron entregados inicialmente al encargado de la EIA, que no hizo ningún avance significativo y luego fueron entregados a Omicrom ingeniería Ltda. Quien desarrolló el programa de funcionamiento que se puede observar en Figura 32.

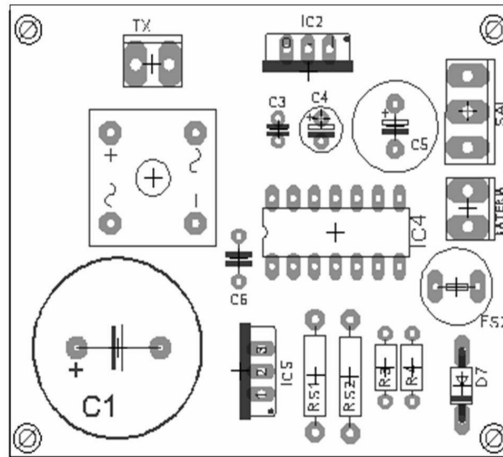
Se corrigieron los cambios pertinentes y se mejoraron los últimos detalles.

Inicialmente solo se utilizó una batería, pero después de varias pruebas fue necesario incluir una batería más, y un transformador más grande lo cual generó nuevos cambios sobre el diseño formal de la carcasa.

El software en el que se desarrollaron las tarjetas de la fuente de voltaje, y el cargador de baterías fue Eagle Vers. 4.02.

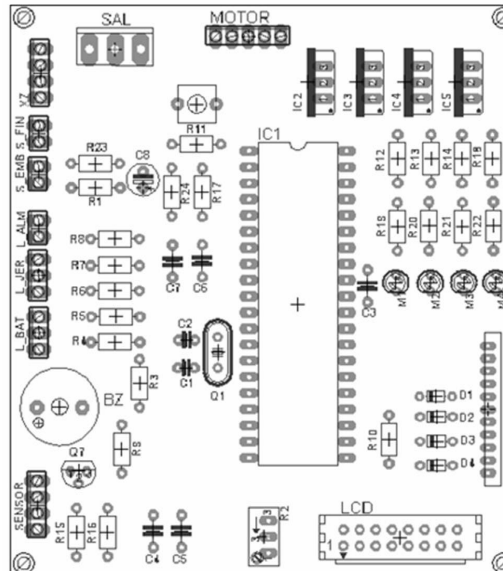
La imagen de las tarjetas se puede ver en la Figura 36 y la Figura 37.

Figura 36. Tarjeta del Cargador



Fuente: Imagen proporcionada por Harold Toro, editada por Juliana Escobar

Figura 37. Tarjeta de la Jeringa de Infusión



Fuente: Imagen proporcionada por Harold Toro, editada por Juliana Escobar

El programa para la jeringa de infusión fue desarrollado en lenguaje de ensamblador (Assembler) de Microchip en el software: MPLAB IDE ver. 7.30 y el control fue quemado en un microcontrolador PIC16F877P

Algunos de los elementos con los que interactúa el usuario para cumplir las especificaciones de la jeringa fueron:

- Microcontrolador PIC16F877P Que es donde se quemo el programa para su funcionamiento.
- El buzzer 1206C, el buzzer es el elemento que emite los sonidos de alarma del equipo.
- Los leds de 3mm que se encienden o se apagan para indicar el ciclo del sistema y las alarmas descritas en el punto 1.19.2
- La Pantalla o DISPLAY de Cristal Líquido de 2 x 20 caracteres.
- Teclado de membrana de 16 teclas.

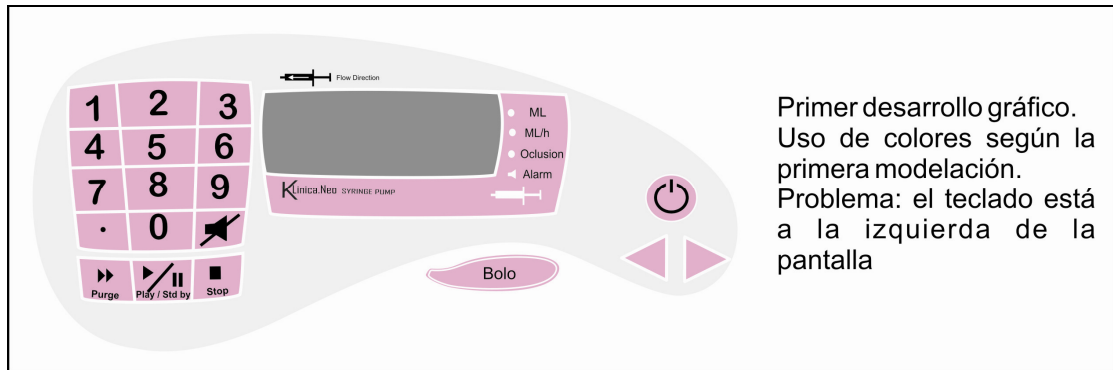
1.20 DISEÑO GRÁFICO.

El diseño grafico del teclado de membrana permite complementar el equipo en su totalidad, y en cualquier equipo electrónico toma una gran importancia, debido a que es la interfase directa con el usuario.

El desarrollo grafico de la jeringa de infusión también está restringido por el cambio formal de la máquina, puesto que hace que el teclado sea más grande más pequeño o más alargado. El desarrollo de las propuestas se realizó partiendo de las formas del modelo, y de los colores escogidos, además del desarrollo individual de lo que debía comunicar el equipo.

La primera interfase gráfica está directamente asociada con la primera alternativa de diseño (ver Figura 19) y esta es condicionada por los colores iniciales, y cumple con las formas extraídas del referente formal (ver Figura 38).

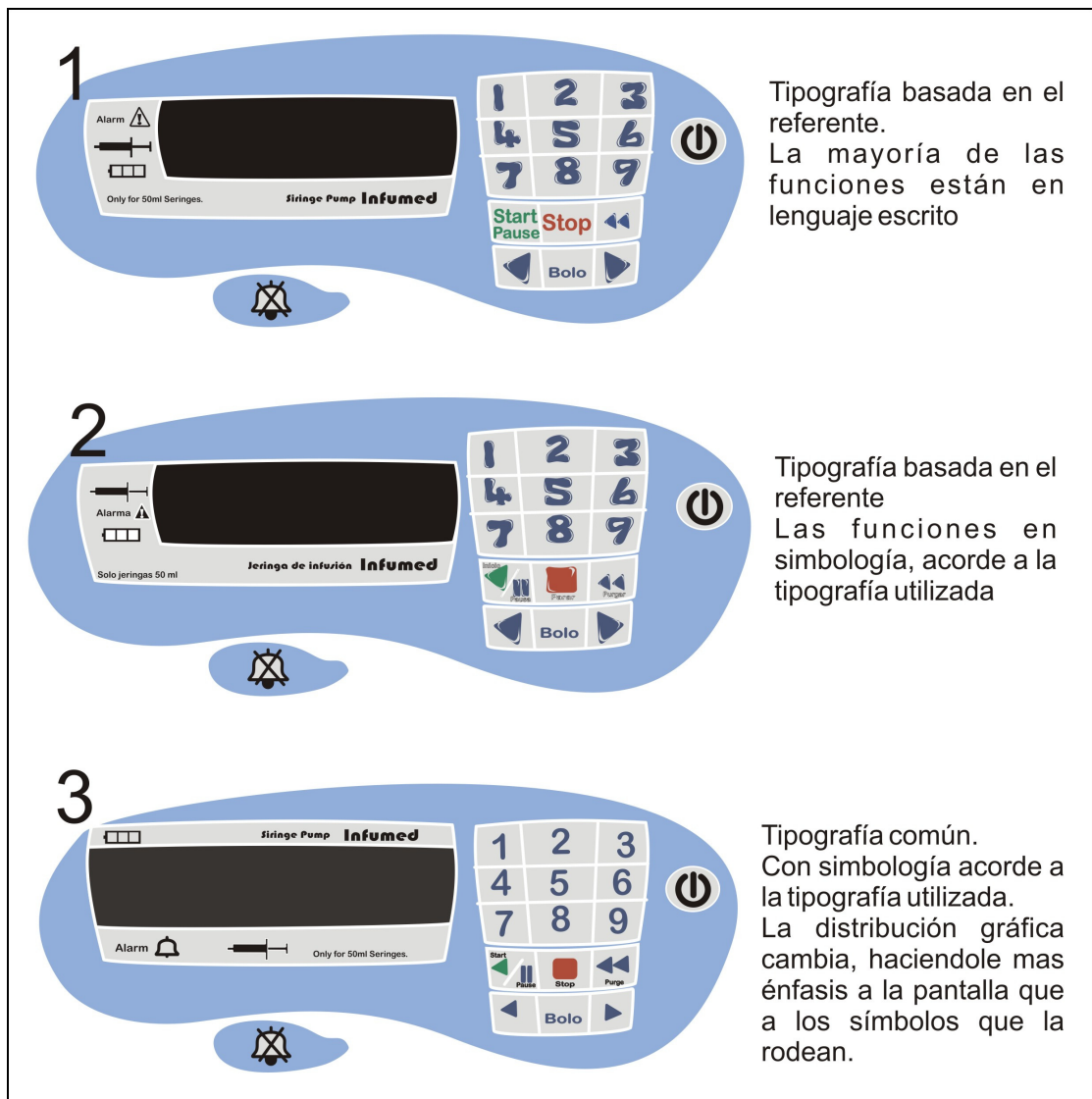
Figura 38. 1era Diagramación del Teclado



Fuente: elaboración propia

Luego de los cambios en la forma y en el color que implicaban un cambio en la forma del teclado, se pasó a evaluar diferentes opciones en la distribución de los elementos, como en las tipografías (ver Figura 39).

Figura 39. Alternativas de la Interfase Gráfica



Tipografía basada en el referente.
La mayoría de las funciones están en lenguaje escrito

Tipografía basada en el referente
Las funciones en simbología, acorde a la tipografía utilizada

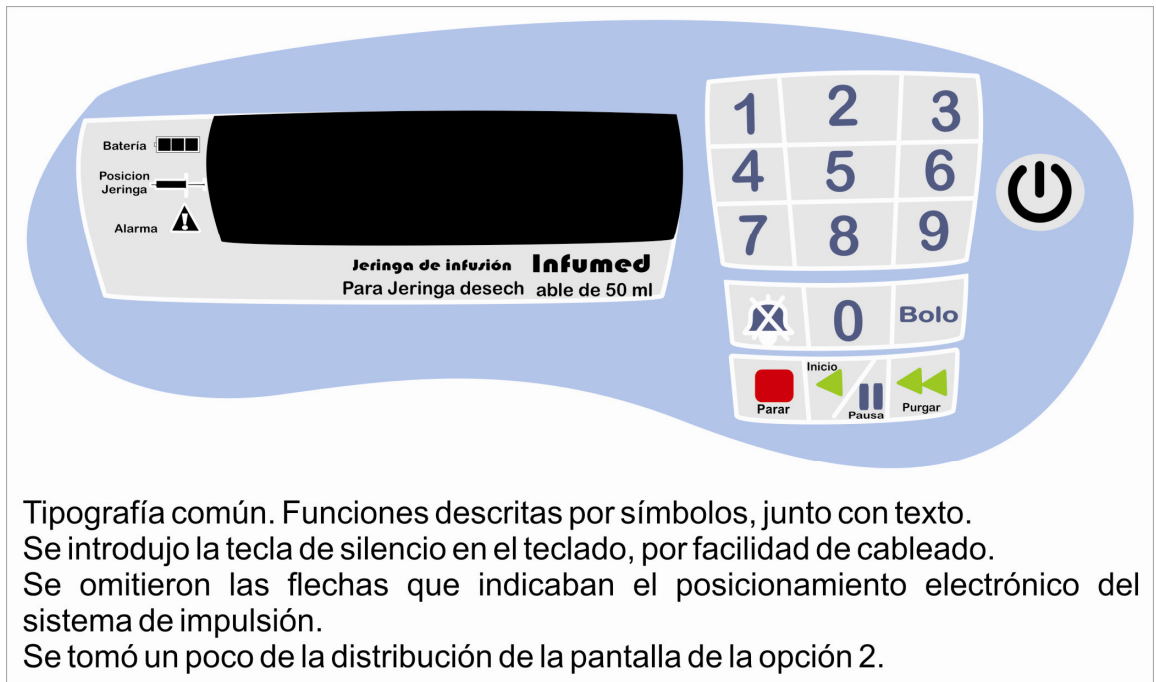
Tipografía común.
Con simbología acorde a la tipografía utilizada.
La distribución gráfica cambia, haciendole mas énfasis a la pantalla que a los símbolos que la rodean.

Fuente: elaboración propia

Luego de evaluarlo con algunas enfermeras, y asesores del grupo interdisciplinario, se concluyó que las tipografías deben ser más técnicas para su entendimiento, y por la confiabilidad que estas le dan a un equipo médico.

Con esta evaluación, se conformó una nueva opción que incluyera lo mejor de cada propuesta, dando como resultado la siguiente alternativa (ver Figura 40).

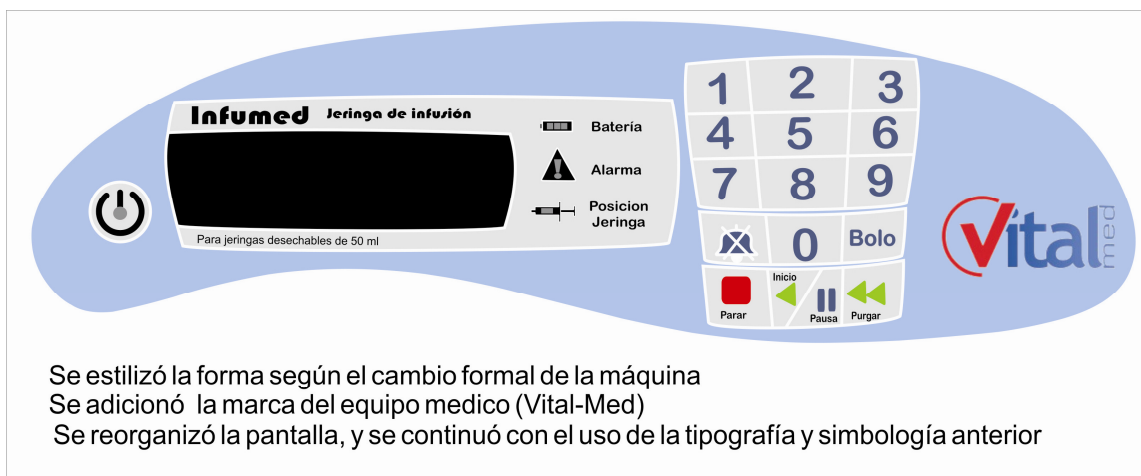
Figura 40. Alternativa Escogida



Fuente: elaboración propia

La diagramación se acomodó a los cambios formales que sufrió la carcasa en la última alternativa (ver Figura 29), además se incluyó la marca de los equipos médicos del CTA; y se reorganizaron algunos elementos gráficos (ver Figura 41).

Figura 41. Diagramación del Teclado Final



Fuente: elaboración propia

PROPUESTA FINAL

La propuesta final de la jeringa de infusión para Neonatología se puede ver en la figura siguiente (ver Figura 42).

Figura 42. Propuesta Final.



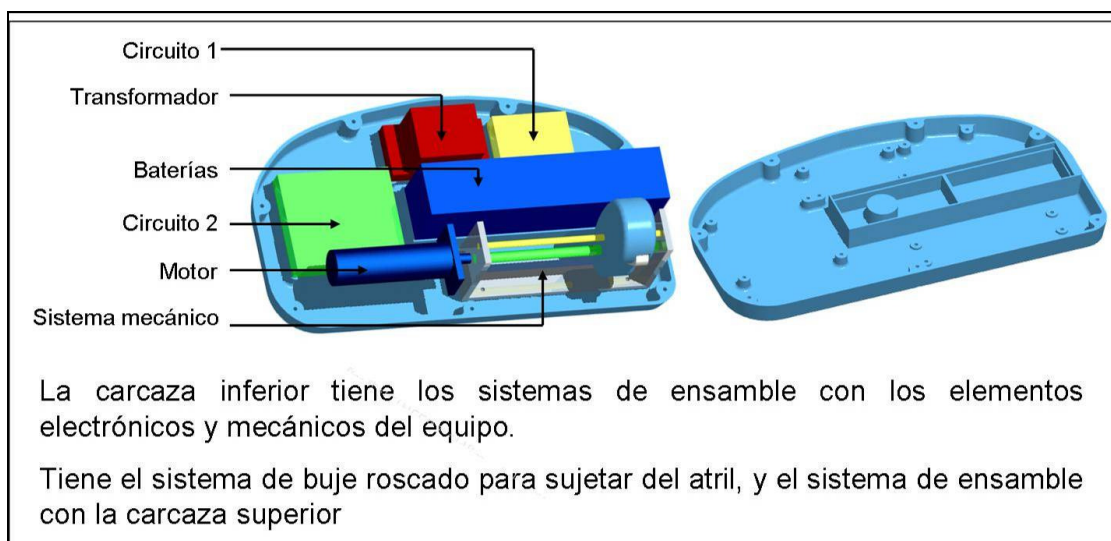
Fuente: elaboración propia

Las partes principales de la jeringa de infusión INFUMED son: la carcasa superior, la carcasa inferior, el estribo que sujeta la jeringa desechable, el mecanismo de impulsión, el teclado y el agarre.

A continuación se explicará cada una de estas partes.

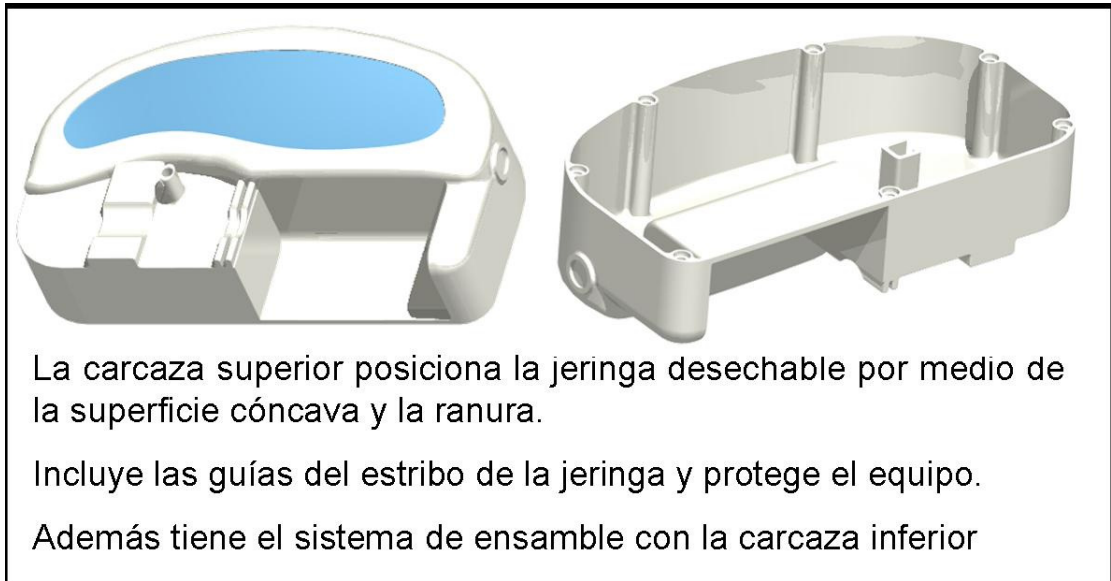
El conjunto de carcazas protegen el equipo y cada una tiene características funcionales para el equipo, en las figuras Figura 43 y Figura 44 se describen cada una de estas.

Figura 43. Carcaza Inferior



Fuente: elaboración propia

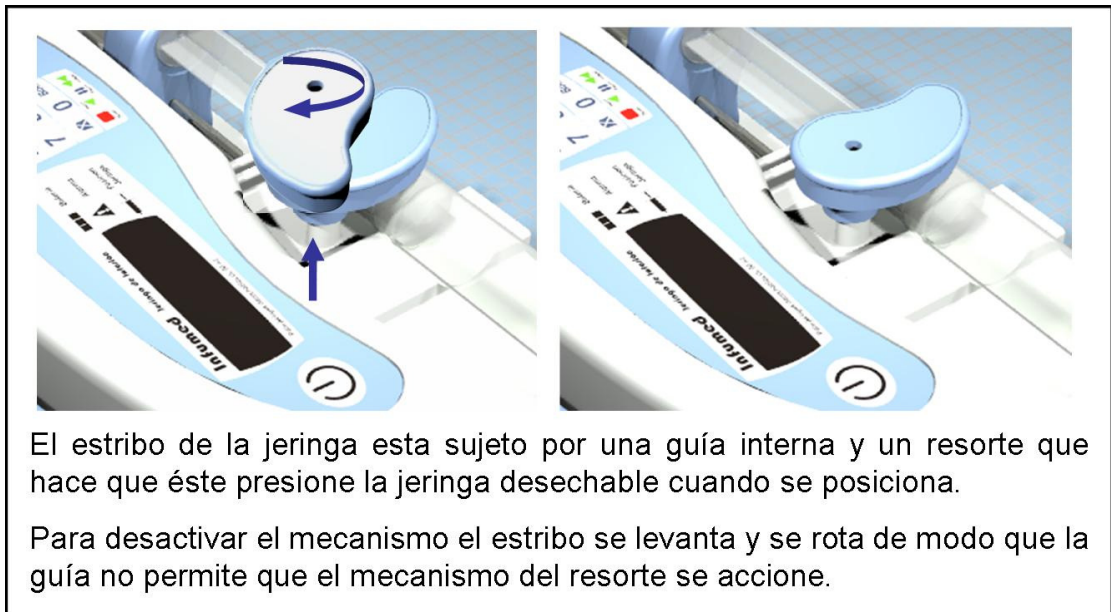
Figura 44. Carcaza Superior



Fuente: elaboración propia

- El estribo de la jeringa es el mecanismo que aprisiona la jeringa por la parte superior para que esta no se desajuste (ver Figura 45).

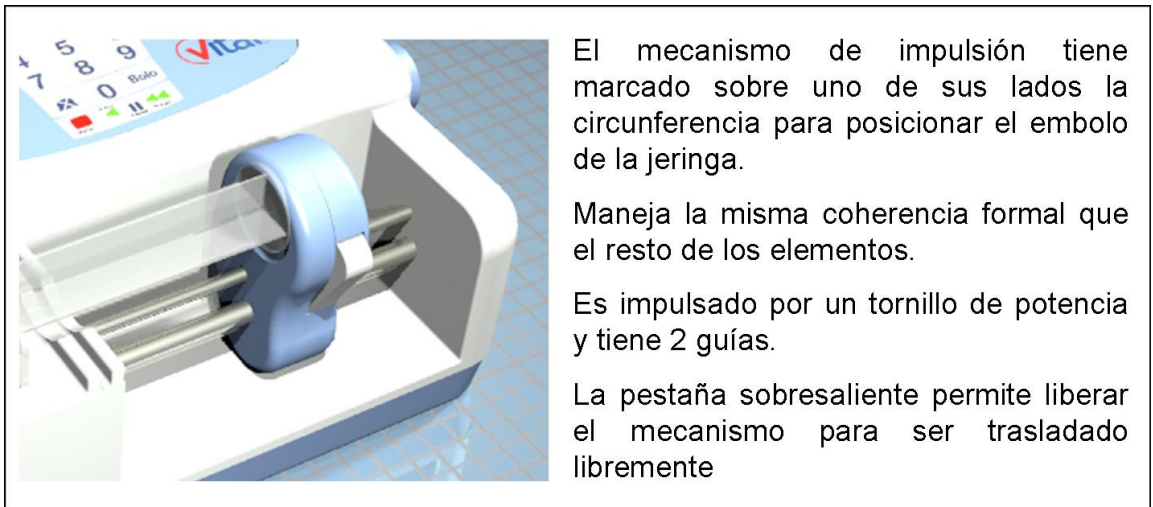
Figura 45. Estribo de la Jeringa



Fuente: elaboración propia

- El mecanismo de impulsión, acciona el émbolo de la jeringa, y se traslada por medio del control electrónicamente, o por el sistema mecánico de la liberación del tornillo de potencia (ver Figura 46).

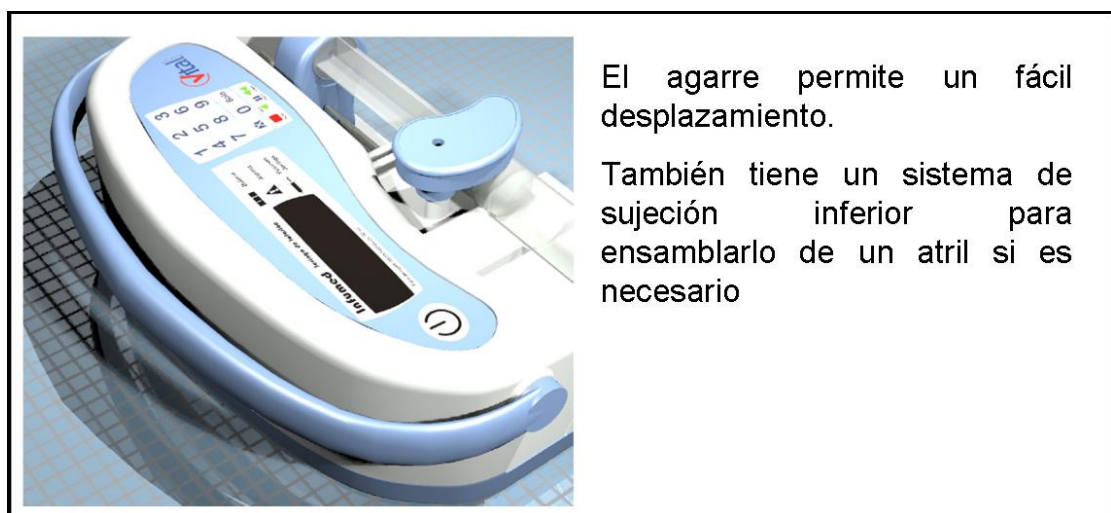
Figura 46. Mecanismo de Impulsión



Fuente: elaboración propia

- El agarre permite el desplazamiento del equipo (ver Figura 47).

Figura 47. Agarre



Fuente: elaboración propia

- El teclado descrito anteriormente es por el cual la enfermera o el médico acciona el equipo (ver Figura 48).

Se compone del encendido/apagado, 10 dígitos numéricos, los botones de bolo, purga, silenciador de alarma, inicio, pausa y parada, además de los leds de batería baja, alarma y mal posicionamiento de jeringa.

Figura 48. Teclado



Fuente: elaboración propia

También están las instrucciones de uso, y las indicaciones de la manipulación del equipo.

MANUFACTURA DEL PROTOTIPO




La manufactura de las partes exteriores de la jeringa de Infusión fueron maquinadas por control numérico en el laboratorio de máquinas y herramientas de la Universidad EAFIT en el centro de mecanizado Milltronics.

Este permite un buen acabado exterior, y mantiene la precisión necesaria para los sistemas de ensamble, las venas de refuerzos, y en general los detalles del diseño de la carcaza.

Para maquinar en control numérico fue necesario conformar los bloques de material maquinable. En este caso se inició la construcción de dos bloques de resina de poliéster de Andercol.

Para verificar las características de la mezcla se realizaron varias pruebas (ver Figura 49) y se concluyó que la mezcla ideal de la resina de poliéster era 60% de Resina 809, y 40% de resina 872, con un 0.8% de catalizador.

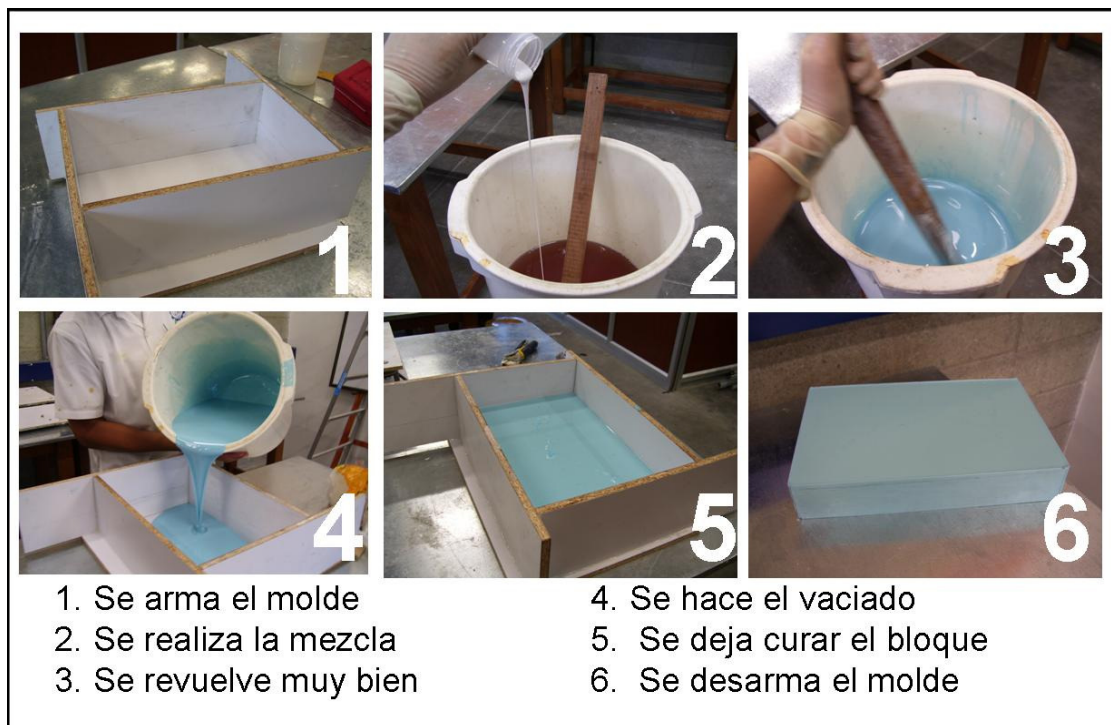
Figura 49. Pruebas de Resina

		
<p>Muestra 1 :</p> <p>Tiene:</p> <p>809: al 70%</p> <p>872: al 30%</p> <p>Con 0.8% de catalizador</p>	<p>Muestra 2 :</p> <p>Tiene:</p> <p>809: al 60%</p> <p>872: al 40%</p> <p>Con 0.8% de catalizador</p>	<p>Muestra 3 :</p> <p>Tiene:</p> <p>809: al 50%</p> <p>872: al 50%</p> <p>Con 0.8% de catalizador</p>
<p>Es muy rígida para maquinar</p>	<p>Es semi-flexible.</p> <p>Esta es la preparación que se utilizó</p>	<p>Es muy flexible.</p>

Fuente: elaboración propia

Los dos primeros bloques eran el de la carcasa inferior, y el de los aditamentos, como el agarre del equipo, el estribo de la jeringa, y la carcasa del sistema de impulsión. La preparación del bloque se puede ver en la Figura 50.

Figura 50. Preparación de la Resina

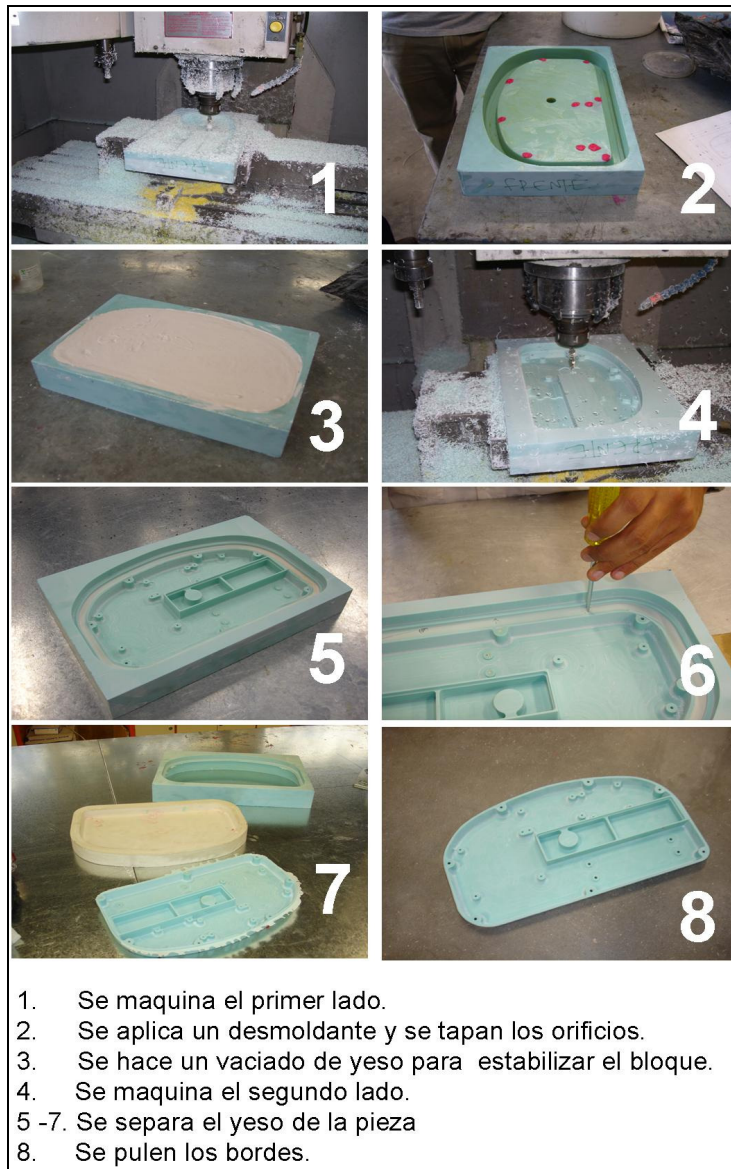


Fuente: elaboración propia

Para el bloque de la carcasa superior fue necesario cambiar de material, por la inestabilidad de la resina cuando se preparan grandes cantidades. En este caso se optó por la compra de un bloque de Prolon NA de Carboplast (ver Anexo B).

El proceso de maquinado se puede ver en la siguiente figura. (ver Figura 51).

Figura 51. Mecanizado



Fuente: elaboración propia

Para el mecanizado del prototipo en la maquina Milltronics de la Universidad EAFIT, el Ingeniero Juan Alejandro García desarrolló los códigos de maquinado en Pro E partiendo del modelo 3D (Anexo C). Tanto los códigos, como las cartas de

procesos, y los planos de taller de estos mecanizados se encuentran en los anexos (Anexos D, E, G, H, I).

En el anexo también se encuentran los planos generales del equipo, de las piezas, el plano de ensamble (Anexo J) y el árbol de producto (Anexo K).

Para el maquinado del mecanismo el encargado fue el Ingeniero Mecánico que lo diseñó, y fue realizado en el laboratorio de Modelos de la Universidad EAFIT.

REVISIÓN DE PDS INICIAL

En este capítulo se busca verificar si se cumplieron o no los requerimientos establecidos en la especificación de diseño de producto que se presentaron en el Cuadro 2 (ver Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis PDS

Med	Requerimiento	Cumplimiento	Observación
1	Colores neutros o pasteles –Gama de warm y azules	Cumplido	Se usaron gama de azules que emiten limpieza.
2	Formas suaves	Cumplido	
3	Esquinas Redondeadas	Cumplido	
4	Con leds indicativos	Cumplido	
5	Instrucciones escritas sobre la carcaza (Uso)	Cumplido	
6	Mínimo de hendiduras o rendijas.	Parcialmente cumplido	El espacio del mecanismo es una entrada que con rediseño del equipo se puede evitar.
7	Termoplásticos, resistencia al impacto	NA	El prototipo no cumple este aspecto, por que fue necesario realizarlo según el proceso de manufactura

8	Aceros, resistente al oxido	Cumplido	
9	Manual de usuario	Cumplido	
10	Volumen entre 5500 y 6500	Cumplido	El volumen total es de 6300
11	Distribución horizontal (largo)	Cumplido	
12	Desplazamiento jeringa de Derecha a izquierda	Cumplido	.
13	Ajuste fácil al atril	Cumplido	Como los comerciales
14	Sistema sencillo de ajuste	Cumplido	
15	Max 4 Ajustes de la jeringa al aparato: estribo e unidad de impulsión	Cumplido	
16	Alarmas de ajuste 60 db max	Parcialmente cumplido	No se tiene sensor sobre el mecanismo de impulsión
17	Termoplásticos con regular nivel de fundición	NA	El prototipo no cumple este aspecto, por que fue necesario realizarlo según el proceso de manufactura
18	4 procesos máximo de producción	Parcialmente cumplido	El prototipo tiene características que exigen mas procesos, pero el proyecto final si lo puede cumplir

19	Evitar adhesivos, pintura, maquinado posterior	Parcialmente cumplido	En el prototipo es necesario el uso de calcomanías, y maquinado y acabado posterior
20	Pasos para desensamblar (8 a 10)	Parcialmente cumplido	Todos los sistemas son de tornillería, y los subensambles requieren mas pasos de ensamble
21	Mediano contenido de componentes estándar (60%)	Parcialmente cumplido	La parte electrónica, contiene en su mayoría partes estándar. Pero el mecanismo tiene lo que el diseño permite
22	Números visibles a distancia de 1 mt	Parcialmente cumplido	El teclado de membrana si cumple la especificación pero la pantalla LCD asequible en el mercado no cumple este requerimiento
23	Pantalla indicativa, leds, e información, visibles	Cumplido	
24	Simplificar la diagramación, y utilizar lenguaje formal técnico	Cumplido.	
25	Sistema de ensamble simple a presión	No se cumplió	No se implementó el sistema de ensamble por ajuste en el diseño
26	Precio asequible	No se tiene	Aún depende del modelo de

		suficiente información.	negocio
28	Porcentaje de tolerancia similar a otros	Parcialmente cumplido	Falta un análisis detallado de tolerancias
29	Paso del tornillo	-	El paso varió para incrementar la precisión. Paso: M8 0.75
30	Motor paso a paso	12V	
31	Pocos botones, y funciones simples (2)	Cumplido	
32	Jeringa 60 ml	Cumplido	
33	Goteo y bolo	Cumplido	
34	Alarma sonora, perceptible 60 db max	Cumplido	
35	No se tendrán librerías de drogas	Cumplido.	
36	Bajo nivel de flujo de 0.1 a 99.9	Cumplido	
37	En incrementos de 0,1 ml/h	Cumplido	
38	Velocidad rápida 500ml/h	Cumplido	
39	Alarma de posicionamiento en la unidad de impulsión	Parcialmente cumplido	Solo hay alarma sobre el estribo de la jeringa
40	Alarma de oclusión (traba en el motor)	No cumplido	Este sistema es indispensable pero requiere

			más tiempo de desarrollo.
41	Alarma por batería baja	Cumplido	
42	Alarma antes del fin de infusión	Cumplido	
43	Alarma de volumen, fin de infusión	Cumplido	
44	Conexión nacional 110V	Cumplido	
45	Sin batería instalada, no funciona	No se cumplió	Después de verificar el diseño no es útil esta función ³⁷
46	Baterías recargables	Cumplido	
47	Cargador de baterías comercial	Cumplido	
48	Durable según desarrollos tecnológico	No aplica	El desarrollo no está completo
49	Facilidad de Empacar en caja	Cumplido	
50	Control de movimiento	Cumplido	
51	Display visible	Cumplido	

Fuente: elaboración propia

³⁷ Debido a que el equipo puede encender aún, sin la batería instalada. Esto para evitar problemas en el encendido del equipo por esta conexión.

CONCLUSIONES

- Los requerimientos que se establecen en la especificación de diseño de producto son indispensables para establecer el alcance de cualquier proyecto, tanto del diseño , como de las partes involucradas.(objetivo específico 1)
- Es común que en una primera investigación no se cumplan todos los requerimientos de diseño establecidos, pues el desarrollo del proyecto va creando nuevos parámetros según el tiempo, el conocimiento y la experiencia que da a lugar cambios o reformas sobre el mismo (objetivo específico 1).
- Falta mayor compromiso de la industria con respecto a la investigación de nuevas tecnologías (objetivo 1).
- Es muy útil el uso de los collages para tener presente las características formales que se quieren imprimir en el proyecto y además facilitan la comunicación del producto (objetivos 2 y 3).
- Es necesario el desarrollo de lluvias de ideas, para compartir información con el equipo interdisciplinario, tener un mayor número de posibles soluciones y hacer una mejor evaluación del diseño (objetivos 2 y 3).
- La interfaz gráfica del instrumento debe ser similar a la de productos ya posicionados para que éste tenga aceptación (objetivos 1,2 y3).

- Es muy importante diseñar aprovechando las asociaciones y conocimientos previos de los usuarios frente a los equipos, para que el rediseño de estos no sean rechazados (objetivos 1,2 y3).
- Las herramientas como el bosquejo, la modelación, los modelos blandos, son indispensables para la comunicación de las diferentes partes del proyecto, y la síntesis de la información (objetivos 3 y 4).
- El medio local tiene bases de conocimiento tecnológico para desarrollar instrumentos de ésta índole, pero falta experiencia en este ámbito. (objetivos 4, 5, y 6).
- Algunos controles y componentes eléctricos y mecánicos son de difícil consecución en el medio local (objetivo 6).
- Existen empresas capaces de desarrollar componentes mecánicos de precisión, aunque para elementos de alta precisión como los tornillos de potencia, todavía existen falencias (objetivos 5 y 6)
- La documentación de los procesos de manufactura, permite identificar posibles errores en el diseño, y son necesarios para la consulta de la construcción del equipo (objetivo 5)
- Es necesario mejores contactos para la consecución de los elementos electrónicos, sobre todo en motores, pues todavía hay que utilizar motores de segunda para aplicaciones nuevas (objetivo 6).

- El manual de usuario permite sintetizar la información para que los integrantes del grupo interdisciplinario conozcan el modo de operación del equipo, y sea de rápida comprensión para futuras referencias (objetivo 7).
- Falta mucha cultura de Diseño Colombiano no artesanal, pero este se va desarrollando con el conocimiento que estos proyectos propician.

RECOMENDACIONES

- Estudiar e implementar el sistema de oclusión que es indispensable para el desarrollo de la jeringa de infusión.
- Disminuir el tamaño de las baterías para ahorrar espacio dentro del equipo.
- Crear mejores alianzas entre la industria metalmecánica y de importación de elementos electrónicos para aumentar la confiabilidad y precisión de las diferentes partes.
- Disminuir el tamaño del equipo por medio de la impresión de varias capas de las tarjetas de los circuitos.
- Utilizar una pantalla LCD más grande, para utilizar una fuente más grande con mejor visibilidad a mayor distancia.
- Analizar el mecanismo actual para reducir sus partes.
- Rediseñar el mecanismo, para que éste se encuentre en el interior de la carcasa principal.
- Si se piensa implementar este tipo de equipos en otros países es necesario permitir un mayor rango de voltajes y frecuencias.
- Adicionarle al equipo el sistema para medir y utilizar varias referencias de jeringas.

- Rediseñar el soporte que se ajusta al atril para que no rompa con el diseño formal.
- Utilizar diferentes tipos de aviso de alarmas para cada caso.

BIBLIOGRAFÍA

1. VÁSQUEZ, Mauricio. La Propuesta de agenda de innovación para Antioquia en las áreas de medicina y biotecnología. [En línea]. [Consulta 15 abril 2006]. Agosto de 2004 disponible en <http://www.cta.org.co/publicaciones/medicina.pdf#search=%22La%20Propuesta%20de%20agenda%20de%20innovaci%C3%B3n%20para%20Antioquia%20en%20las%20%C3%A1reas%20de%20medicina%20y%20biotecnolog%C3%A1Da%22>
2. CROSS, Nigel. Engineering Design Methods: Strategies for Product Design. 2ª Ed. USA. Chichester, John Wiley & Sons, 1994.
3. BAXTER, Mike. Product Design. 1ª Ed. UK. Chapman & Hall. 1995
4. ULRICH, Kart T. y EPPINGER, Steven D. Diseño y Desarrollo de Productos: Enfoque Multidisciplinario. 3ª ED. México D.F, 2004.
5. HERNÁNDEZ, Maria C. Product Design Specifications. Universidad EAFIT, Colombia. Departamento de Ingeniería de Diseño de Producto. 2002.
6. VELÁSQUEZ, Alejandra. Ayuda 1 Alfabeto Visual. Universidad EAFIT, Colombia. Departamento de Ingeniería de Diseño de Producto
7. HERNÁNDEZ, Maria C. Que es el Brief. Universidad EAFIT, Colombia. Departamento de Ingeniería de Diseño de Producto. 2002.

8. LLANO, Doris S. y VÉLEZ, Alejandra C. Diseño y construcción de un prototipo de un sistema de infusión de insulina. Proyecto de Grado Escuela de Ingeniería de Antioquia. Departamento de Ingeniería de Biomédica , 2003
9. HIGUITA, Natalia. Diseño y construcción de un prototipo de bomba de infusión tipo PCA para la administración de medicamentos. Proyecto de Grado Escuela de Ingeniería de Antioquia. Departamento de Ingeniería de Biomédica, 2004.
10. RODRÍGUEZ, Luís Manuel. Sistemas de infusión. Base de datos [en línea]. [consultado 15 Julio 2006]. Disponible en <http://usuarios.lycos.es/legajius1/Dir2/ManualesMante/B-SISTEMAS-INFUSION.doc>BRAUN. Manual de Usuario Perfusor Compact
11. BAXTER. Manual de Usuario Auto Syringe AS50 Infusion Pump
12. OMNEXUS, innovation solution through. Base de datos [En Línea]. [Consulta 3 mayo 2006]. Disponible en <http://www.omnexus.com>
13. VILLA, Wilmar. Decisión sobre Jeringa de infusión. Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia. 2006
14. UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA. Centro de Documentación de la facultad de Ingenierías CENDOI. Guía para la presentación de trabajos escritos. Universidad de Antioquia, 2005
15. Ministerio de Protección Social. [En línea]. <http://www.minproteccionsocial.gov.co/VBeContent/home.asp> [Consulta 20 Agosto 2006].
16. Líneas de Acción y Temas estratégicos. [En línea]. [Consulta 5 Mayo 2006]. Disponible en <http://www.cta.org.co/proyectos/lineas.asp?linea=3>

17. Guía Tecnología No1: Sistemas de Infusión [En línea]. México CENETC, SALUD. Agosto de 2004 [Consulta 2 Abril 2006]. Disponible en http://www.salud.gob.mx/unidades/cenetec/guias_tecnologicas_pdf/1gt_bombas.pdf#search=%22Para%20este%20sistema%20se%20cumple%20la%20relaci%C3%B3n%20P%3DRF%2C%20donde%20P%20representa%20la%20presi%C3%B3n%20necesaria%20para%20producir%20un%20flujo%20F%20al%20ve ncer%20una%20resistencia%20R.%20%22
18. Bank Image gettyimages [En línea]. [Consulta 3 Julio 2006]. <http://creative.gettyimages.com/source/home/home.aspx>
19. BBRAUN [En línea]. [Consulta 15 Mayo 2006]. www.bbraun.com
20. Diccionario ilustrado de términos médicos. [En línea]. [Consulta 24 marzo 2007]. <http://www.iqb.es/diccio/b/bo.htm>
21. Word Reference [en línea]. [Consulta 23 Noviembre 2006]. <http://www.wordreference.com/>
22. Enciclopedia Wikipedia. Cluster. [en línea]. [consultado 25 Marzo 2007]. http://es.wikipedia.org/wiki/Cluster_%28industria%29.
23. Enciclopedia Wikipedia. Cadena de Valor. [en línea]. [consultado 25 Marzo 2007] http://es.wikipedia.org/wiki/Cadena_de_valor
24. Enciclopedia Wikipedia. Semántica. [en línea]. [consultado 25 Marzo 2007]. <http://es.wikipedia.org/wiki/Sem%C3%A1ntica%29>.
25. Enciclopedia Wikipedia Render. [en línea]. [consultado 25 Marzo 2007]. <http://es.wikipedia.org/wiki/Render>

26. Enciclopedia Wikipedia. Alarma. [en línea]. [consultado 18 Abril 2007]. [http://es.wikipedia.org/wiki/Aviso de alarma](http://es.wikipedia.org/wiki/Aviso_de_alarma)
27. Enciclopedia Wikipedia. Alerta. [en línea]. [consultado 18 Abril 2007]. [http://es.wikipedia.org/wiki/Alerta.](http://es.wikipedia.org/wiki/Alerta)
28. Enciclopedia Wikipedia. Led. [en línea]. [consultado 18 Abril 2007]. http://es.wikipedia.org/wiki/Diodo_LED
29. Enciclopedia Wikipedia. Bombas de infusión [en línea]. [consultado 20 Febrero 2007]. [http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Schlauchpumpe-lineare-Bauart-transparent-indiziert-bewegt.gif.](http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Schlauchpumpe-lineare-Bauart-transparent-indiziert-bewegt.gif)
30. Enciclopedia Wikipedia. Bombas de infusión [en línea]. [consultado 20 Febrero 2007]. <http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Howworksmin.gif>

ANEXOS