

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS  
NEONATAL, EN SU FASE DE MODELO FUNCIONAL. ESTUDIO DE UN CASO:  
FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR DE COLOMBIA**

**SILVIA PAOLA DUARTE JIMÉNEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECANICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA  
2008**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS  
NEONATAL, EN SU FASE DE MODELO FUNCIONAL. ESTUDIO DE UN CASO:  
FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR DE COLOMBIA**

**SILVIA PAOLA DUARTE JIMÉNEZ  
Código: 2021090**

**Trabajo de Grado para optar el título de  
DISEÑADORA INDUSTRIAL**

**DIRECTOR DE PROYECTO  
D.I. Juan Carlos Moreno Muñoz**

**TUTOR RESPONSABLE EN PRÁCTICA  
D.I. Catalina Lucía Ruiz Arias**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECANICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA  
2008**

## RESUMEN

### TITULO:

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS NEONATAL, EN SU FASE DE MODELO FUNCIONAL. ESTUDIO DE UN CASO: FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR DE COLOMBIA.\*

### AUTOR:

Silvia Paola Duarte Jiménez \*\*

### PALABRAS CLAVES:

Diseño, Bioingeniería, Neonato, Incubadora, UCIN.

La Unidad de Cuidado Intensivo Neonatal (UCIN) está dotada de recursos humanos apoyados en medios técnicos para la atención de los pacientes.

Los equipos médicos, independientemente repartidos alrededor de la estancia del bebé, propician que la atención neonatal resulte agobiante, obstaculizando el acceso en momentos de urgencia, e impidiendo la optimización del espacio, limitando así la capacidad del servicio para las necesidades locales.

La Fundación Cardiovascular de Colombia (FCV), a través de la Unidad Estratégica de Negocios (UEN) FCV Bioingeniería, impulsa el mejoramiento de la calidad de vida de los pacientes y la eficiencia del servicio basado en la creación de nuevas herramientas.

Participar en la fase de diseño y desarrollo del modelo funcional *Módulo de Incubadora Neonatal Integrado mini 1000*, un sistema móvil que funciona como incubadora cerrada o cuna de calor radiante, que integra los equipos de monitoreo y soporte vital para la atención de pacientes neonatos en cuidado intensivo, es el objetivo de este proyecto, integrando el diseño industrial con profesionales de la salud, la electrónica y la mecánica, según la metodología establecida en el procedimiento de “desarrollo de modelos y prototipos” bajo el proceso de Innovación de la FCV. Finalmente, como resultado de esta práctica empresarial,

el modelo funcional es validado técnicamente en la UCIN de la FCV, como punto de partida para la elaboración de una propuesta propia del proyecto.

---

\* Práctica empresarial

\*\* Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, Programa de Diseño Industrial, Director: D.I. Juan Carlos Moreno

## ABSTRACT

### TITLE:

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A NEONATAL INTENSIVE CARE UNIT, IN ITS PHASE OF FUNCTIONAL MODEL. A CASE STUDY: CARDIOVASCULAR FOUNDATION OF COLOMBIA.\*

### AUTHOR:

Silvia Paola Duarte Jiménez \*\*

### KEY WORDS :

Design, Bioengineering, Neonate, Incubator, NICU.

### DESCRIPTION:

The Neonatal Intensive Care Unit (NICU) it is equipped with supported human resources in average technicians for the attention of the patients.

The medical equipment, independently distributed around the stay of the baby, they cause that the neonate attention is exhausting, preventing the access at moments of urgency, and preventing the optimization of the space, limiting therefore the capacity of the service for the local necessities.

The Cardiovascular Foundation of Colombia (FCV), through the Strategic Unit of Negocios (UEN) FCV Bioengineering, impels the improvement of the quality of life of the patients and the efficiency of the service based on the creation of new tools.

To participate in the phase of design and development of the functional model *Module of Incubadora Integrated Neonatal mini 1000*, a movable system that it works as incubadora closed or radiating heat cradle, that integrating the equipment to monitoring and vital support for the attention of newborn patients in intensive care, is the objective of this project, integrating the industrial design with professionals of the health, the electronics and the mechanics, according to the methodology established in the procedure of “development of models and prototypes” under the process of Innovation of the FCV.

Finally, as resulting from this enterprise practice, the functional model is validated technically in the UCIN of the FCV, like starting point for the elaboration of an independent proposal of the project.

---

\* Enterprise practice

\*\* Ability of Engineering's Phisique Mechanics, Program of Industrial Design, Director: D.I. Juan Carlos Moreno

## CONTENIDO

### CAPITULO I. INTRODUCCION AL PROYECTO

|  |    |
|--|----|
| 1. INFORMACION DE LA EMPRESA .....                         | 18 |
| 1.1. Nombre de la empresa .....                            | 18 |
| 1.2. Reseña Histórica .....                                | 18 |
| 1.3. Misión .....  | 19 |
| 1.4. Visión.....   | 20 |
| 1.5. Unidades Estratégicas de Negocio.....                 | 20 |
| 1.6. Estructura Organizacional .....                       | 23 |
| 1.7. Unidad Estratégica de Negocios FCV.Bioingeniería..... | 24 |
| 1.7.1. Misión .....  | 24 |
| 1.7.2. Visión.....   | 24 |
| 1.7.3. Estructura Organizacional .....                     | 25 |
| 1.7.4. Productos .....                                     | 26 |

### CAPITULO II. CARACTERISTICAS DE LA PROPUESTA DE PROYECTO

|   |    |
|---|----|
| 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....          | 27 |
| 2.1. Solución Propuesta.....                | 30 |
| 2.2. Objetivos.....                         | 32 |
| 2.2.1. Objetivo General.....                | 32 |
| 2.2.2. Objetivos Específicos .....          | 32 |
| 2.3. Contenido y Alcance del Proyecto ..... | 33 |
| 2.4. Metodología aplicada.....              | 34 |

### CAPITULO III. ANÁLISIS PRELIMINAR

|                        |    |
|------------------------|----|
| 3. MARCO TEÒRICO ..... | 39 |
| 3.1. Neonato .....     | 39 |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.1.1. Clasificación.....  | 39        |
| 3.2. Niño Prematuro / Pretérmino (RNP) .....   | 40        |
| 3.2.1. Causantes .....   | 41        |
| 3.2.2. Clasificación.....  | 42        |
| 3.3. Investigación de patologías .....   | 42        |
| 3.3.1. Problemas de adaptación respiratoria .....  | 42        |
| 3.3.2. Problemas de Termorregulación.....  | 43        |
| 3.3.3. Problemas de alimentación y nutrición .....   | 43        |
| 3.3.4. Problemas inmunológicos.....  | 44        |
| 3.3.5. Problemas neurológicos: Hemorragia Intracraneana.....   | 45        |
| 3.3.6. Problemas metabólicos: Ictericia .....  | 45        |
| 3.4. Equipos Médicos en la UCIN.....   | 47        |
| 3.4.1. Unidad de Calor Radiante .....  | 47        |
| 3.4.2. Ventilador Mecánico .....   | 49        |
| 3.4.3. Monitor de Signos Vitales FCV .....   | 53        |
| 3.4.4. Lámpara de Fototerapia .....  | 57        |
| 3.4.5. Incubadora.....   | 58        |
| <u>3.4.6. Análisis detallado de dos marcas de incubadoras .....</u>  | <u>68</u> |
| 3.5. Definición del sistema objeto-usuario-entorno.....  | 84        |
| 3.5.1. Actividades Asistenciales .....   | 87        |
| 3.5.2. Factor ambiental en una UCIN .....  | 92        |
| 3.6. Conclusiones del análisis preliminar.....   | 95        |
| 3.6.1. Correspondencia de los recursos tecnológicos y los problemas neonatales en los que intervienen..... | 95        |
| 3.6.2. Establecimiento de funciones del sistema .....  | 96        |
| 3.6.3. Delimitación del análisis ergonómico.....   | 97        |
| 3.6.4. Factor Antropométrico .....   | 99        |
| 3.6.5. Factor Objetual .....   | 99        |

|  |     |
|--|-----|
| <b>CAPITULO IV: DEFINICION DE REQUERIMIENTOS DE DISEÑO</b> |     |
| REQUERIMIENTOS DE DISEÑO .....                             | 102 |
| 4.1. Clasificación .....                                   | 102 |
| 4.1.1. Requerimientos funcionales .....                    | 102 |
| 4.1.2. Requerimientos de rendimiento .....                 | 102 |
| 4.1.3. Restricciones de diseño.....                        | 102 |
| 4.1.4. Atributos de diseño .....                           | 102 |
| 4.2. Planeación.....                                       | 107 |
| <b>CAPITULO V: DISEÑO DE CONCEPTO</b>                      |     |
| 2. BOCETACIÓN.....   | 108 |
| 5.1. Modelado Rápido.....                                  | 123 |
| <b>CAPITULO VI. DISEÑO DE DETALLE</b>                      |     |
| 6.2. Módulo Cámara de Calor Radiante CCR.....              | 127 |
| 6.2. Módulo Columna.....                                   | 128 |
| 6.3. Módulo base .....                                     | 130 |
| 6.3.1. Incubadora.....                                     | 131 |
| 6.3. Modificaciones.....                                   | 152 |
| 6.3. DISEÑO FINAL.....                                     | 158 |
| <b>CAPITULO VII. DESARROLLO DEL PROTOTIPO</b>              |     |
| 7. FABRICACIÓN DE PIEZAS .....                             | 161 |
| 7.1. Ensamble del modelo .....                             | 167 |
| <b>CAPITULO VIII. VERIFICACION DEL MODELO FUNCIONAL</b>    |     |
| <b>8. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACION</b>                    |     |
| 8.1. Pruebas técnicas .....                                | 175 |
| 8.1.1. Lámparas de fototerapia.....                        | 175 |
| 8.1.2. Incubadora.....                                     | 177 |
| 8.1.3. Probador de incubadoras INCU.....                   | 178 |

|  |     |
|--|-----|
| CAPITULO IX. VALIDACION TECNICA DEL MODELO FUNCIONAL       |     |
| 9. PROCEDIMIENTO DE VALIDACION .....                       | 184 |
| CAPITULO X. CIERRE   |     |
| 10. CORRECCIONES .....                                     | 187 |
| 10.2. Nueva propuesta de diseño del modelo funcional ..... | 191 |
| CONCLUSIONES .....   | 196 |
| ANEXOS .....   | 197 |
| ANEXO A. Pérdidas de calor en el recién nacido .....       | 197 |
| <br>   |     |
| BIBLIOGRAFIA.....  | 217 |

## **CAPITULO I. INTRODUCCION AL PROYECTO**

### **1. INFORMACION DE LA EMPRESA**

#### **1.1. Nombre de la empresa**

Fundación Cardiovascular de Colombia

#### **1.2. Reseña Histórica**

En 1981 un grupo de médicos colombianos preocupados por el creciente número de niños que nacen con anomalías congénitas del corazón y que no cuentan con recursos económicos necesarios ni el apoyo del gobierno para costear una cirugía que les pueda salvar sus vidas, decide unirse con el fin de crear un banco de ayuda a través del programa “Corazón a corazón” que ofreciera soporte económico, médico y psicológico a estos niños y sus familias.

Inicialmente los niños fueron enviados a Nueva York para recibir tratamiento médico, sin embargo los altos costos ocasionados por su traslado y el de sus familias hacia los Estados Unidos, además del avance médico científico alcanzado por Santander en el área cardiovascular, propiciaron que en 1986 un grupo de especialistas y visionarios de la ciudad de Bucaramanga, se propusieran la creación de una entidad privada sin ánimo de lucro dedicada a tratar las enfermedades del corazón, la Fundación Cardiovascular de Colombia FCV, según escritura No. 2267 de Julio 30 de 1986.

En Octubre de 1990 este grupo de médicos inicia sus actividades de consulta especializada en cardiología y pruebas de esfuerzo en la Fundación Tercera Edad de la Congregación Mariana, y las primeras cirugías cardiovasculares en la Clínica Bucaramanga.

En 1992 entra a formar parte de la Clínica Carlos Ardila Lülle, adquiriendo el cuarto piso como la unidad de cardiocirugía del complejo médico, ampliando así todos los servicios diagnósticos e intervencionistas de cardiología y cirugía vascular periférica, utilizando los quirófanos, unidad de cuidados intensivos y hospitalización de esta moderna clínica de la ciudad.

En Octubre de 1997 se inaugura la nueva sede del Instituto del Corazón, un moderno edificio de 14 pisos (15000 metros cuadrados construidos), con una capacidad de 127 camas de hospitalización distribuidas entre la Unidad de Cuidados Intensivos Post-quirúrgica, Unidad de Cuidados Intensivos Pediátrica, Unidad de Cuidados Intensivos Adultos, tres pisos de hospitalización, cuatro salas de cirugía, dos salas de hemodinamia y una de electrofisiología, además del servicio de urgencias las 24 horas del día cumpliendo así con todos los requisitos y normas exigidas por el entonces Ministerio de Salud, para prestar los servicios de salud a pacientes con enfermedades cardiovasculares.

La FCV es una entidad privada sin ánimo de lucro, para su funcionamiento utiliza el dinero fruto de la prestación de servicios y de las donaciones recibidas de personas jurídicas y naturales, nacionales e internacionales. Así mismo, y como organización sin ánimo de lucro no obtiene utilidades sino excedentes que son reinvertidos en el desarrollo, crecimiento y mejoramiento de los productos y servicios, cumpliendo con el propósito de servir a la comunidad.

### **1.3. Misión**

“La Fundación Cardiovascular es una organización empresarial privada sin ánimo de lucro que provee servicios y productos de salud de alta calidad para el desarrollo del sector buscando permanentemente el bienestar de la comunidad”

#### **1.4. Visión**

“En el año 2010 la Fundación Cardiovascular será una organización reconocida a nivel nacional e internacionalmente en el sector de la salud por la excelencia de sus productos y servicios”

#### **1.5. Unidades Estratégicas de Negocio**

En el año 2000 el direccionamiento estratégico de la Fundación Cardiovascular de Colombia establece como estrategia de crecimiento “la diversificación concentrada en la satisfacción de las necesidades del sector salud” creando, desde entonces, seis nuevas empresas que inicialmente funcionaron como áreas dentro de la estructura organizacional y actualmente por su desarrollo exitoso se han constituido como Unidades Estratégicas de Negocio dentro de la FCV.

##### **UEN FCV Instituto Del Corazón**

Entidad sin ánimo de lucro, dentro de la Fundación Cardiovascular de Colombia, que trabaja con criterios médicos, científicos y tecnológicos para la prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades cardiovasculares, enfatizando en la investigación de nuevas alternativas que mejoren la calidad de vida de nuestros pacientes y de la población en general.

##### **UEN FCV Productos Hospitalarios**

Entidad dedicada a la producción y comercialización de insumos médico-quirúrgicos y a la prestación del servicio de esterilización.

##### **UEN FCV Instituto de Investigaciones**

Entidad dedicada a la realización y coordinación de investigaciones en las áreas de las ciencias básicas, clínicas y epidemiológicas, con el fin de diseñar, identificar y evaluar estrategias de intervención individual y poblacional, que permitan

mejorar la calidad de vida y la supervivencia de nuestros pacientes y de la población en general.

### **UEN FCV Gerencia y Administración**

Entidad dedicada a impulsar el desarrollo de las entidades del Sector de la Salud a través de la prestación de servicios de alta calidad en Asesoría, Consultoría y Administración Delegada que permitan a nuestros clientes ser competitivos y rentables.

### **UEN FCV Comercializadora**

Empresa dedicada a la comercialización de equipos, insumos y medicamentos en el sector de la salud, orientada permanentemente a ofrecer calidad y costo buscando la satisfacción de las necesidades de los clientes a nivel nacional e internacional.

### **UEN FCV.Soft**

Dispone de la infraestructura y recurso humano apropiado para apoyar a las empresas en la selección, adquisición e implantación de una herramienta software para administrar su información.

### **UEN FCV Bioingeniería**

Tiene como objetivo la elaboración de productos con base tecnológica en el campo de la salud, plasmados en equipos biomédicos con altos estándares de calidad y con características que los hacen únicos en el mercado.

### **UEN FCV Telemedicina**

Líderes en la atención de pacientes en sitios remotos por medio de los más prestigiosos especialistas, quienes hacen parte de la red de médicos que

resuelven en tiempo real o diferido, las interconsultas realizadas por el médico ubicado en la institución de referencia o remota. También líderes en el desarrollo de software y hardware necesarios para la transmisión de datos e imágenes asistenciales en tiempo real o diferido con el fin de generar una atención más integrada, confiable y robusta de información. Dentro de los servicios que se ofrecen se encuentran: Teleconsultas, Tele-Electrocardiología, Tele-Radiología.

### **UEN FCV Eventos y Mercadeo**

Encargada de generar estilos de vida saludables en la comunidad, promover espacios sanos de esparcimiento y crear la cultura del deporte en la ciudadanía. Por lo tanto, son el deporte, la cultura y la recreación los componentes esenciales de las actividades que se organizan para el goce y el bienestar de la comunidad santandereana y del personal que integra la Fundación Cardiovascular de Colombia.

### **UEN FCV Contact Center**

Empresa de outsourcing que presta los servicios de contact center, utilizando tecnología de telefonía IP (Internet Protocol) de última generación, apoyada sobre desarrollo de sistemas hecho a la medida, conforme las actuales necesidades y operando bajo el concepto de mensajería unificada. De esta forma los clientes de la FCV se podrán contactar a través de una llamada telefónica, un e-mail, un fax, o una sesión de Chat, para obtener un servicio, un acuerdo de pago en su cartera, o recibir información y/o enterarse de alguna promoción de algún producto específico.

### **UEN FCV Instituto del Corazón de Ibagué**

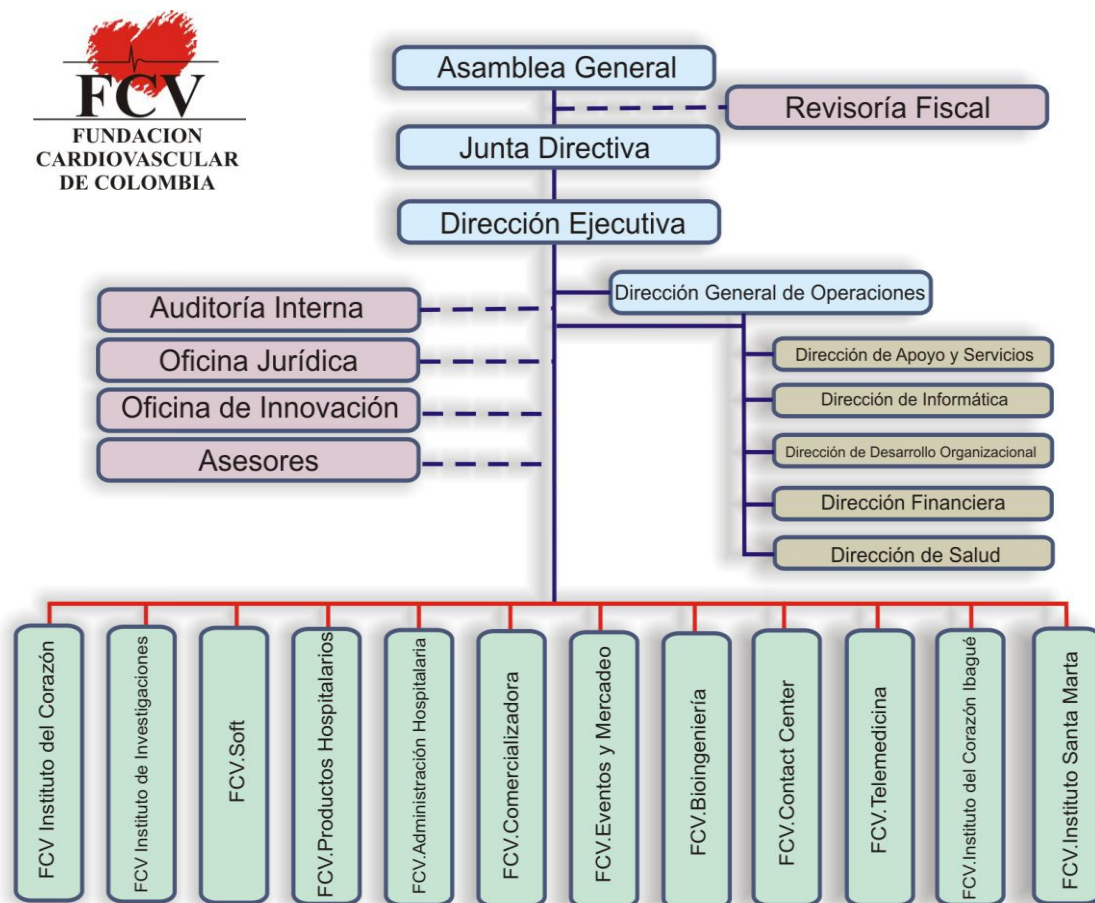
Administración hospitalaria y prestación de servicios médicos en la clínica Calambeo de la ciudad de Ibagué.

## UEN FCV Instituto del Corazón Santa Marta

Administración hospitalaria y prestación de servicios médicos en la clínica FCV Instituto del Corazón de la ciudad de Santa Marta.

### 1.6. Estructura Organizacional

**Grafico 1.** Estructura Organizacional FCV



## **1.7. Unidad Estratégica de Negocios FCV.Bioingeniería**

La UEN FCV Bioingeniería, tiene sus orígenes en el grupo de Bioingeniería adscrito al Instituto de Investigaciones de la FCV, creado en diciembre de 2003 con una marcada característica multidisciplinaria y orientada a la Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico de productos y procesos.

Con el apoyo de la FCV y Colciencias, busca el desarrollo de productos y equipos enfocados al área médica que permitan mejorar la calidad de los servicios de monitoreo, diagnóstico y tratamiento de enfermedades transmisibles y no transmisibles, así, los temas de interés se centran en la instrumentación biomédica, ingeniería clínica, telediagnóstico, automatización, evaluación de tecnologías en salud, procesamiento de señales e imágenes y electrofisiología.

Está conformado por un grupo multidisciplinario de Ingenieros, médicos, diseñadores tecnológicos y técnicos, enfocados a la investigación e implementación de soluciones y mejoras en ingeniería a los procedimientos médicos realizados dentro y fuera de la FCV.

### **1.7.1. Misión**

La UEN FCV.Bioingeniería contribuye con el desarrollo científico y tecnológico en salud, mediante la producción de conocimiento, innovación, transferencia y apropiación de tecnologías dirigidas al mejoramiento de las condiciones de vida de la población colombiana con posicionamiento del desarrollo tecnológico y la producción nacional en el contexto internacional.

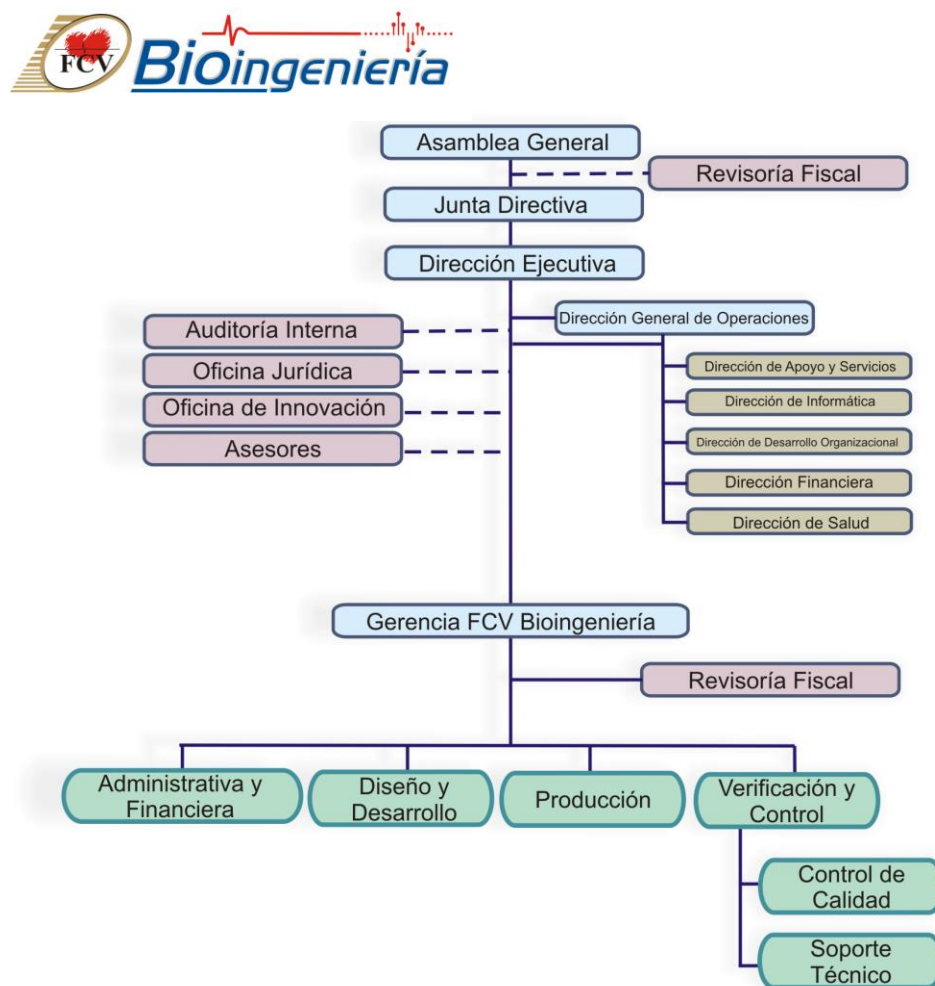
### **1.7.2. Visión**

La UEN FCV.Bioingeniería dará respuesta con excelencia, en el corto, mediano y largo plazo al gran reto competitivo en la era de la globalización del sector salud; afianzando la consolidación de un proceso cultural basado en la innovación y desarrollo tecnológico, ofreciendo nuevas ayudas y herramientas de diagnóstico

fundamentadas en la creatividad, inventiva y producción con el aporte y valor agregado a los productos y procesos de difícil acceso al medio nacional, por las limitaciones en costos que demandan las tecnologías foráneas.

### 1.7.3. Estructura Organizacional

**Gráfico 2. Estructura Organizacional Bioingeniería**



### 1.7.4. Productos

**Grafico 3.** Equipos Médicos FCV Bioingeniería



Fuente: [http://www.fcv.org/Portal2\\_FCV/FCV\\_bioingenieria.html](http://www.fcv.org/Portal2_FCV/FCV_bioingenieria.html)

## CAPITULO II. CARACTERISTICAS DE LA PROPUESTA DE PROYECTO

### 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El índice de mortalidad refleja el grado de desarrollo, acceso y calidad de atención en salud suministrada tanto a las madres como a la población infantil recién nacida y aquella que culmina o no los primeros siete días de vida en la región.

La UNICEF en el informe “El Estado Mundial de la Infancia” muestra que a pesar de la disminución de los índices, en los países en vía de desarrollo, el 90% de la mortalidad infantil mundial está asociada a la prematurez, constituyendo un problema de salud pública. [1] En Latinoamérica, países como Chile y Cuba tienen las cifras más bajas de muerte perinatal mientras que Bolivia y Ecuador presentan razones superiores a 40 muertes por 1000 nacidos vivos.

**Tabla 1.** Tasa de mortalidad perinatal en países de Suramérica y México.

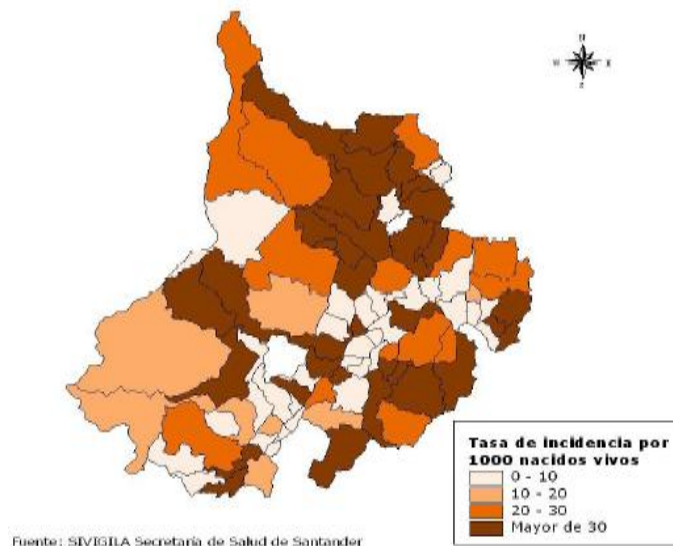
| Países       | Razón de MP x 1000 Nacidos Vivos | Número anual de muertes perinatales |
|--------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Argentina    | 16.3                             | 11.194                              |
| Bolivia      | 55                               | 14.030                              |
| Brasil       | 22.5                             | 78.093                              |
| Chile        | 8.8                              | 2.512                               |
| Colombia     | 24                               | 23.357                              |
| Ecuador      | 45                               | 13.266                              |
| México       | 12.7                             | 29.025                              |
| Paraguay     | 40                               | 6.976                               |
| Perú         | 23                               | 14.382                              |
| Uruguay      | 16.5                             | 942                                 |
| Venezuela    | 23.7                             | 13.796                              |
| <b>Total</b> | <b>32.3</b>                      | <b>207.753</b>                      |

Fuente: Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (2006). [5]

El Departamento Nacional de Planeación (DNP) y el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), en sus informes epidemiológicos y de población, evidencian que en Colombia, el porcentaje de estos nacimientos es máximo del 11.4%, dependiendo del lugar del país y el nivel de complejidad del hospital, equivalente a una razón intermedia de 24 muertes por cada mil nacidos vivos. [4]

El departamento de Santander registra una tasa de 12.8 muertes por 1.000 nacidos vivos [6]. La figura 5 muestra la distribución de la mortalidad<sup>1</sup> perinatal en Santander durante el año 2005, observando que existe concentración de casos en la zona metropolitana de Bucaramanga y las cabeceras de provincia. Esta distribución refleja la oferta de centros de atención de nivel 2 y 3 que hay disponibles para el manejo de complicaciones perinatales.

**Grafico 4.** Mortalidad Perinatal, Departamento de Santander.



Fuente: Secretaria de Salud de Santander.

<sup>1</sup> **Mortalidad.** Es un indicador entendido como el número de personas que mueren debido a cierta enfermedad en comparación con el total de personas del mundo [3].

Según resultados de las encuestas de demografía y salud de la Secretaría de Salud de Santander [6], aunque el departamento cuenta con personal capacitado para la atención materna y perinatal, aún existen falencias en la calidad de la atención y las IPS deben fortalecer su servicio materno infantil en las Unidades de Cuidado Intensivo Neonatal (UCIN), o Neonatal Intensive Care Unit (NICU).

La calidad y la eficiencia de la labor del personal médico de servicios como las unidades de cuidado crítico dependen en su gran mayoría del control del error humano, de la toma oportuna de decisiones y de la optimización del tiempo en que se actúa. Así, la Medicina ha estimulado el desarrollo de nuevos instrumentos y herramientas tecnológicas que permiten unificar múltiples fuentes de información, facilitando una rápida legibilidad e interpretación de la misma y favoreciendo la potencialización de equipos biomédicos.

Los niños prematuros presentan una importante inmadurez anatómica y funcional de sus órganos y sistemas, sin embargo, el entorno de las Unidades de Cuidado Intensivo Neonatal no les proporciona una estimulación extrauterina apropiada.

Los pacientes, que intentan autorregularse fisiológicamente, desgastan la energía necesaria para su crecimiento y desarrollo en hacer frente al invasivo ambiente de la unidad: durante su tratamiento, se hace necesario el proceso de medición de signos vitales, que es por lo general dispendioso, ya que las señales biológicas son aportadas por diferentes equipos, que además de ocupar un espacio físico importante, suelen obstruir el movimiento libre del personal.

De lo anterior se podría deducir que tanto la recolección de estos datos, como el manejo de los equipos y la visualización dispersa de la información ocasionan una pérdida de tiempo y una incomodidad que podrían ser evitadas. Si a esto se suma

el tiempo que tarda el personal en revisar la información registrada en las historias clínicas tradicionales, la cual suele ser voluminosa, todo favorece una inoportuna evolución médica, congestión, que impide el óptimo aprovechamiento del espacio, lo cual, disminuye la cantidad de recepción de pacientes y la capacidad de servicio en el abastecimiento de las necesidades locales.

### **2.1. Solución Propuesta**

La Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales (UCIN) es un área asistencial hospitalaria dotada de los medios técnicos y de los recursos humanos (médicos y de enfermería) necesarios para la atención y vigilancia continua de los pacientes recién nacidos con patologías agudas graves y potencialmente recuperables. Dentro de los medios técnicos que brindan soporte vital a un paciente crítico, están los equipos biomédicos que monitorean, vigilan y controlan los signos vitales y fisiológicos de los pacientes en la UCIN, equipos de reanimación y para procedimientos de pequeña cirugía. Los equipos deben ubicarse de tal forma que no causen molestia a los pacientes y no entorpezcan el paso al personal asistencial en momentos de urgencia.

Actualmente, la disposición en las UCIN de una amplia gama de equipos médicos, someten a los prematuros a una variedad de intervenciones que, si bien buscan compensar su inmadurez y su abreviada experiencia intrauterina, propician que la atención neonatal resulte agobiante tanto para el paciente como para el cuerpo médico. Normalmente un bebé en una UCIN se aloja en una incubadora cerrada o en una cuna de calor radiante, en medio de los equipos independientemente repartidos alrededor de su estancia: un monitor de signos vitales, un ventilador, bombas de infusión, atriles, tomas para conexiones de gases medicinales y tomas eléctricas para conexión de otros equipos médicos cuando se requiera, obstaculizando su acceso, e impidiendo el aprovechamiento óptimo del espacio, lo

cual limita la capacidad del servicio en el abastecimiento de las necesidades locales.

Así, el sistema móvil de monitoreo, vigilancia y soporte vital para la atención de pacientes neonatos en cuidado intensivo, funciona bajo dos modalidades independientes y excluyentes: incubadora cerrada y cuna de calor radiante, en capacidad de simular las condiciones de temperatura existentes dentro del vientre materno, permitiéndole al recién nacido prematuro mantener su temperatura corporal dentro de los niveles adecuados; Consiste básicamente en una estructura que integra un monitor de signos vitales FCV, un ventilador, seis bombas de infusión FCV (en desarrollo), un panel de gases medicinales (2 tomas de oxígeno, y 2 tomas de vacío) y un panel eléctrico para la conexión de otros equipos médicos, además de la posibilidad de tratamiento de fototerapia en cualquier ocasión.

Se caracteriza por garantizar la estabilidad del sistema y su normal funcionamiento durante algún corte de energía o traslado dentro de la UCIN, el sistema cuenta con una unidad de respaldo eléctrico (UPS) incorporada, así como con una bala de oxígeno que garantiza el funcionamiento del ventilador, evitando que el paciente quede sin ventilación controlada durante estas situaciones.

El monitoreo constante de los datos suministrados por el monitor de signos vitales, junto a la conexión a una red de datos y específicamente a Internet posibilita el traslado de los datos a la historia clínica electrónica y la supervisión desde una central de enfermería o desde cualquier punto de red que tenga acceso a la información de los monitores de una sala de cuidados intensivos.

Encaminado a mejorar la atención y capacidad de los servicios de diagnóstico y tratamiento de neonatos gracias a su facilidad de transporte sin desconexión alguna y la adaptación a cualquier espacio en una sala de cuidados intensivos, el Modulo de Incubadora Neonatal Integrado mini 1000 recopila las sugerencias dadas por profesionales en Neonatología de la Fundación Cardiovascular de Colombia y cumple con los requisitos de seguridad para Incubadoras de Infantes dispuestos por el Estándar Nacional Americano *ANSI/AAMI I136:2004* y demás Normas Internacionales para Equipos Médicos Electrónicos.

## **2.2. Objetivos**

### **2.2.1. Objetivo General**

Integrar en una unidad móvil autónoma los equipos básicos de monitoreo y tratamiento necesarios en una unidad de cuidados intensivos neonatales para la atención de pacientes en estado crítico

### **2.2.2. Objetivos Específicos**

- Participar en la conformación de una propuesta de diseño que responda a la solicitud aprobada por la dirección de la Fundación Cardiovascular de Colombia, oficializada en la requisición de diseño para la UEN FCV bioingeniería. (Práctica Industrial).
- Validar los parámetros de diseño propuestos para el desarrollo de una UCI neonatal móvil autónoma, en la Fundación Cardiovascular de Colombia, como estudio de un caso. (Práctica Industrial).
- Desarrollar un modelo funcional para el monitoreo y tratamiento neonatal en una UCIN (Compromiso Académico).

- Diseñar un equipo biomédico a partir de la evaluación interdisciplinaria de sus componentes, apoyada en recursos y talento regional.

### 2.3. Contenido y Alcance del Proyecto

Un modelo funcional presenta un supuesto práctico y coherente que sintetiza el proceso de diseño industrial e ingenieril, concebido en las primeras fases del proyecto como el modelo conceptual, donde se acoplan los resultados teóricos e investigativos enfocadas a los diferentes elementos constitutivos del sistema.

El modelo funcional de la UCIN debe reunir equipos de diagnóstico y tratamiento tales como:

- Cámara de calor radiante
- Cámara de Fototerapia
- Monitor de Signos Vitales FCV
- Ventilador
- Bombas Infusoras
- Atril para bomba de oxígeno
- Entrada de gases: 1 oxígeno, 1 Aire, 1 vacío
- Salida de gases: 2 oxígeno, 2 vacío
- Alimentación eléctrica
- Compartimientos para almacenar
- Incubadora

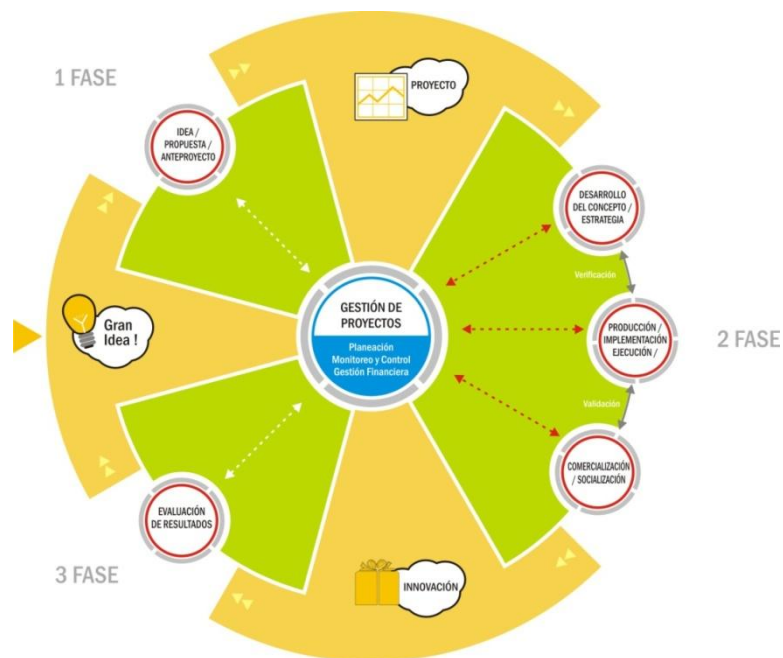
Finalmente, el equipo se somete al proceso de verificación contemplado en el plan de innovación y desarrollo de la FCV, y con ayuda de equipos especializados (tales como un probador de incubadoras), para sus ajustes respectivos y se valida

puesto en marcha, en el ambiente adecuado de una UCIN, para evaluar si satisface su uso previsto.

## 2.4. Metodología aplicada

La Oficina de Innovación FCV, sirve como instrumento facilitador en la formulación, planificación, evaluación y seguimiento para la gestión de todos los proyectos en la empresa. De esta manera, el proceso de innovación propone diferentes procedimientos que acompañan cada una de las etapas del desarrollo de un proyecto, desde la generación de la idea hasta la creación de un nuevo producto que es lanzado al mercado.

**Gráfico 5.** Proceso de innovación FCV



En una primera fase “*Formulación de propuestas*” se registran todas las ideas generadas al interior de la FCV, para ser evaluadas y seleccionadas, con el ánimo

de constituir las como inicio de nuevos proyectos innovadores. La segunda fase “*Plan de proyecto*” comprende la puesta en marcha de cada proyecto que ha logrado obtener recursos de financiación.

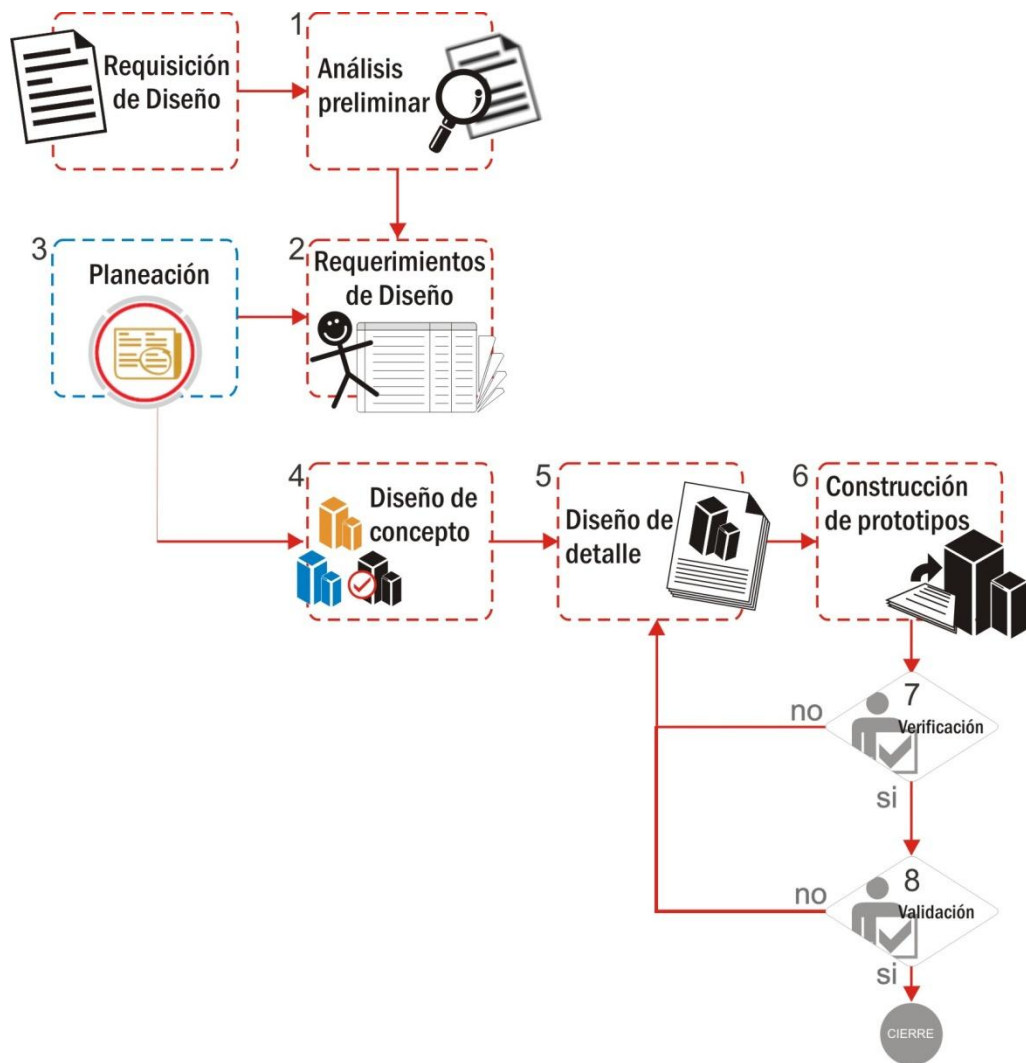
Una vez terminada la fase de desarrollo, construcción y distribución de cada producto, proceso o servicio como resultado de cada proyecto, se realiza la “*Evaluación de la innovación*” para medir la gestión de la innovación de la FCV.

La metodología empleada en el proyecto para el diseño y construcción del modelo funcional, como objetivo de la práctica industrial, consiste en las actividades definidas en la segunda fase del proceso, en la etapa de *Plan para desarrollo de concepto*, que busca llegar a una solución de diseño reflejada en la construcción de un prototipo.

Cada etapa utiliza formatos de registro como instrumento de apoyo establecidos en el proceso de innovación.

El Diagrama de actividades del desarrollo de modelos y prototipos se ilustra a continuación, para las cuales se expondrá un capítulo respectivamente, explicando brevemente los contenidos de éste, seguida de su aplicación en el proyecto.

Gráfico 6. Diagrama de actividades. Desarrollo de modelos y prototipos.



## CAPITULO III. ANÁLISIS PRELIMINAR


En esta etapa se recibe una requisición de diseño, que requiera un servicio de diseño. Seguidamente se crea un grupo de trabajo integrando el área de diseño industrial, de ingeniería mecánica y electrónica, así como otros expertos como médicos y enfermeras, para posibilitar el intercambio y la aplicación de los conocimientos agrupados en el desarrollo del proyecto.

Una vez creado el grupo de trabajo, se comienza a construir el marco teórico que consiste en definir el sistema (tarea-usuario-entorno) del proyecto, basado en la búsqueda de información que pueda influir en el resultado del diseño e incluya todo lo que se debe saber para construir el sistema.

### Gráfico 7. Grupo de trabajo del proyecto



**Tabla 2. Requisición de diseño**

| Organización:  |                       | Título:                      | Proceso:                            |          |
|--|-----------------------|------------------------------|-------------------------------------|----------|
|  FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR DE COLOMBIA |                       | <b>REQUISICIÓN DE DISEÑO</b> | GESTIÓN DE PROYECTOS INNOVADORES    |          |
| Unidad:  | Area:                 |                              | Código:                             | Versión: |
| Corporativa  | Oficina de Innovación |                              | R- GESINN-01- Requisición de diseño | 0        |

|   |   |                            |
|---|---|----------------------------|
| <b>Código:</b> 0023   | <b>Fecha de la solicitud:</b> 15-11-2006        | <i>Título del proyecto</i> |
| Módulo de Incubadora Neonatal Integrado   |   |                            |
| <b>Cliente:</b> Instituto del Corazón   | <b>Solicitado por:</b> Dr. Víctor Raúl Castillo | <i>Descripción</i>         |
| <p>Sistema móvil de monitoreo, vigilancia y soporte vital para la atención de pacientes neonatos en cuidado intensivo. Funciona como incubadora cerrada y cuna de calor radiante.</p> <p>Consiste en una estructura que integra un monitor de signos vitales FCV, seis bombas de infusión FCV, tomas de gases medicinales, conexiones eléctricas auxiliares, además de la posibilidad de tratamiento de fototerapia en cualquier ocasión.</p> |   |                            |
| <b>Fecha de cumplimiento deseada por el cliente:</b> 01-12-2007   | <b>Fecha de aprobación:</b> 05-01-2007          | <i>Observaciones</i>       |
| <p>Con una UPS incorporada, así como con una bala de oxígeno.</p> <p>Conexión a internet para el traslado de los datos a la historia clínica electrónica y la supervisión desde una central de enfermería o desde cualquier punto de una red que tenga acceso a la información de los monitores de una sala de cuidados intensivos</p>  |   |                            |
| <b>Solicitud recibida por:</b> Ing. Joergen Carrillo  |   |                            |
| <b>Aprobado por:</b> Ing. Joergen Carrillo  | <b>Fecha de aprobación:</b> 05-01-2007          | <b>Hoja:</b> 1/1           |

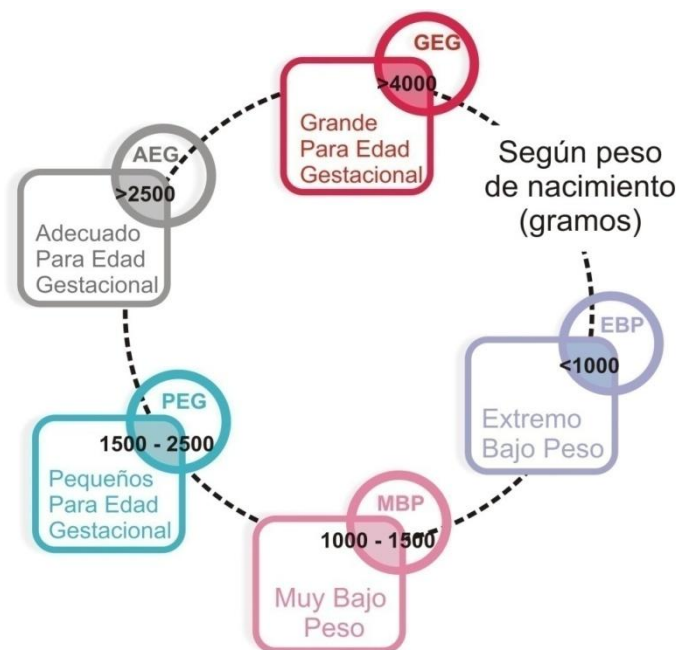
### 3. MARCO TEÒRICO

#### 3.1. Neonato

Un recién nacido o neonato es un bebé de cuatro semanas o menos, representa un periodo corto de la vida determinante por la rapidez en que se producen los cambios y cuando se pueden presentar la mayoría de los defectos, las anomalías genéticas e infecciones, a medida que comienzan a tener efectos clínicos. [7]

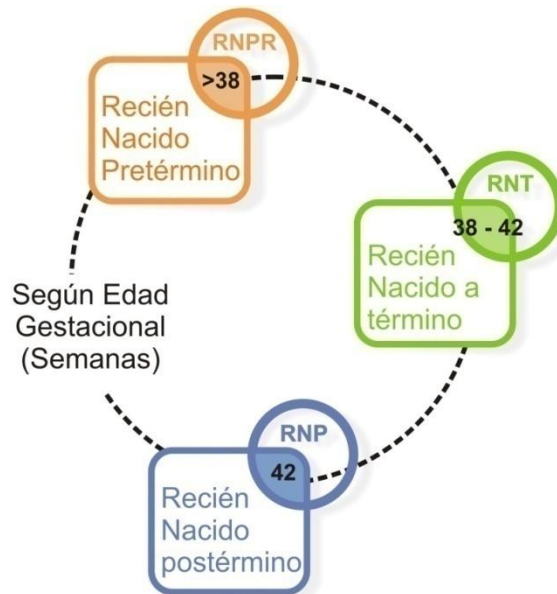
##### 3.1.1. Clasificación

**Grafico 8. Clasificación neonatal según peso de nacimiento**



Los grupos MBP y EBP son responsables de alrededor de un 60 a 70% de la mortalidad neonatal y representan el grupo de recién nacidos de más alto riesgo. Así, la morbilidad y mortalidad de los prematuros está en relación inversamente proporcional a la edad gestacional y la peso de nacimiento. [8]

**Grafico 9. Clasificación neonatal según edad gestacional**



### 3.2. Niño Prematuro / Pretérmino (RNP)

“Prematuro” tiene su origen en el latín *praematurus*, de *prae* (antes) y *maturus* (maduro). Ya que la duración de un embarazo se considera normal cuando el parto se produce entre las semanas 37 y 42 (parto a término), significa que un bebé pretérmino no cumple con el proceso de maduración biológica normal. [9]

En 1961, el Comité de Expertos de la OMS definió como prematuro: “*Recién nacido de peso inferior a 2500 grs. y nacido antes de 37 semanas de gestación*”. [8]

Los cambios fisiológicos que implica el paso de la vida intrauterina a la extrauterina son los que determinan las características del cuidado del recién nacido y la patología de este período, ya que, antes del nacimiento, la respiración, la alimentación, la eliminación de desechos y la protección inmunológica

provenían de su madre, al nacer, sus órganos y sistemas cambian dramáticamente en relación al modo en que funcionaban en la vida fetal: los pulmones deben inhalar aire, la circulación cardiaca y pulmonar cambia, el aparato digestivo debe comenzar a procesar alimentos y excretar los desechos, los riñones deben comenzar a funcionar para regular los líquidos y elementos químicos del cuerpo, el hígado y el sistema inmune deben comenzar a funcionar en forma independiente. Adaptación y dinamismo evolutivo, le dan al recién nacido un carácter de gran fragilidad y dependencia del medio.

La neonatología es la rama de la pediatría encargada de supervisar que ésta adaptación se realice en forma normal, ya que nacer prematuramente, sufrir un parto difícil o padecer defectos congénitos pueden hacer que estos cambios sean aún más desafiantes.

### **3.2.1. Causantes**

Aunque hay un porcentaje importante de partos prematuros en los que no es posible identificar factores de riesgo previo, la prematurez y el bajo peso se asocian a variables socioeconómicas (clase social baja, analfabetismo, madre soltera, largas jornadas de trabajo, tabaquismo, drogadicción etc), culturales, y condiciones biológicas de la madre (antecedente de un parto prematuro, rotura prematura de membranas, embarazo múltiple, etc).

En los casos más graves, hay que considerar como causa las enfermedades genéticas, infecciones, congénitas y malformaciones, las cuales pueden ser estudiadas durante el embarazo.

### 3.2.2. Clasificación

- Prematuro límite:** Entre la 37-38 semanas, en general sin complicaciones importantes. Son niños que en su mayoría evolucionan satisfactoriamente. Muy rápido logran maduración en los mecanismos de adaptación y de alimentación, alcanzándola en promedio, al final de la primera semana.
- Prematuro moderado.** Entre la 31-36 semanas.
- Prematuro extremo.** Entre la 24 y 30 semanas, los cuales están en el límite de la viabilidad, sobre todo los menores de 27 semanas.

### 3.3. Investigación de patologías

Se pretende generalizar los problemas de la prematuridad que conllevan a la utilización de un equipo médico correspondiente para su tratamiento.

#### 3.3.1. Problemas de adaptación respiratoria

En la vida intrauterina, el feto respira por la placenta, y la circulación fetal está estructurada para posibilitar el intercambio gaseoso a través de la placenta. Con el inicio de la respiración pulmonar, es indispensable la readecuación de la circulación fetal para efectuar el intercambio gaseoso a nivel pulmonar.

**Enfermedad de Membrana Hialina (E.M.H).** Se denomina EMH a un cuadro de dificultad respiratoria propio de los RNPR que es la principal causa de morbilidad y mortalidad de origen respiratorio. Se produce por falta de surfactante pulmonar, sustancia que tiene como función reducir las fuerzas de tensión superficial de los alvéolos y así mantener la estabilidad y volumen de los pulmones en la respiración. Estas alteraciones de la mecánica pulmonar llevan a una insuficiencia respiratoria global acrecentada también por la fatiga de los músculos respiratorios.

### **3.3.2. Problemas de Termorregulación**

La termorregulación consiste en la capacidad de los seres vivos en mantener una temperatura corporal estable por medio de mecanismos que regulan las pérdidas y la producción de calor, manteniéndolas en equilibrio, comparando la información que describe el estado térmico corporal con el sistema mental de control térmico, entonces, la temperatura corporal se modifica, ya sea para producir o perder calor, por alteraciones del metabolismo, actividad y tono, actividad vasomotora y sudoración.

“Bajo circunstancias normales, la temperatura uterina de 37.9 °C fluctúa muy poco. Al nacer, la transición del ambiente intrauterino al extrauterino crea un cambio térmico significativo que desafía la habilidad de termorregulación del niño. Debido a las diferencias en la función fisiológica y al pequeño tamaño corporal, estos niños son vulnerables tanto al enfriamiento como al sobrecalentamiento. Mientras más pequeño es el recién nacido, mayor es la diferencia entre la habilidad de producir calor (masa) y la pérdida de calor (área de superficie). El área de superficie mayor con relación a la masa, requiere una aporte calórico mayor para mantener el balance de temperatura.” [12] **(Ver anexo A).**

### **3.3.3. Problemas de alimentación y nutrición**

La nutrición del presenta requerimientos más altos de algunos nutrientes comparado con el niño a término, además de las limitaciones que tiene para alimentarse por la inmadurez anatómico funcional de su tubo digestivo. El lograr una nutrición adecuada tiene impacto en el desarrollo de todos los órganos y sistemas del prematuro y por ende en facilitar la resolución de sus principales problemas de adaptación.

El alimento de elección para el prematuro es la leche materna, ya que tiene una composición más rica en proteínas y sodio que la leche madura, y es así más

concordante con las necesidades nutricionales del prematuro, al estimular la maduración intestinal, disminuir la ictericia y aportar factores de inmunidad.

En el caso de los niños de menos de 1.500 g. se requiere adicionar algunos nutrientes que están contenidos en forma insuficiente en la leche humana: calcio, fósforo, vitaminas A, C y D, proteínas y algunos oligoelementos.

La mayoría de los niños de menos de 34 semanas y de peso inferior a 1.800 gr. tienen una función de succión y deglución inmaduras y requieren ser alimentados por sonda nasogástrica. Como criterio general, mientras más prematuro un niño se debe ser más cuidadoso en el inicio de la alimentación y en su técnica. Comenzando con volúmenes pequeños fraccionados en 1 a 3 horas según el caso, y evitando aumentos bruscos en el volumen administrado.

#### **3.3.4. Problemas inmunológicos**

La alta incidencia de infecciones en los prematuros es debida principalmente a una inmadurez en su inmunidad celular. El prematuro puede tener infecciones parasitarias y virales o infecciones bacterianas, como las más frecuentes.

Según su forma de adquisición, se denominan *infecciones connatales* a aquellas que son adquiridas por transmisión materna y que se presentan habitualmente precozmente en los primeros días de vida, como infección urinaria de la madre, parto prolongado o instrumentación del parto. Cuando la infección ocurre intrauterino el resultado puede ser la muerte del feto, la presencia de distintos estigmas y malformaciones y a veces secuelas que se presentan en el desarrollo posterior del niño. Estas se denominan *infecciones congénitas*. Cuando ocurre en el parto o inmediatamente después se denominan *infecciones perinatales*.

Las *infecciones nosocomiales* son aquellas que son adquiridas por contagio intrahospitalario de gérmenes provenientes de otros niños o del personal de las unidades de cuidado intensivo donde hay gran manipulación y uso de procedimientos y vías invasivas.

*La unidad debe tener un espacio suficiente con una apropiada distribución de los pacientes que permita mantener el aislamiento de los niños infectados.*

### **3.3.5. Problemas neurológicos: Hemorragia Intracraneana**

Las limitaciones en la capacidad de los prematuros para la autorregulación del flujo cerebral, implica que todos los factores que alteran la presión arterial repercuten en el flujo cerebral y por ende en el riesgo de hemorragia.

Ya que este tipo de hemorragia proporciona escasas señales clínicas, es la ultrasonografía cerebral la que permite el diagnóstico preciso y su nivel de gravedad.

### **3.3.6. Problemas metabólicos: Ictericia**

La hiperbilirrubinemia o ictericia es un problema muy frecuente en el prematuro debido a la inmadurez de su sistema de conjugación y excreción hepático, se refiere a un aumento de la bilirrubina (valores normales de 0,3 a 1 mg/dl). Por su parte, la Ictericia, es su signo clínico, manifestado como la coloración amarillenta de la piel, de las membranas mucosas y de los ojos, ocasionada por un nivel de bilirrubina en sangre mayor de 2 a 2,5 mg/dl.

La bilirrubina es un subproducto de la descomposición normal de los glóbulos rojos. El hígado procesa la bilirrubina para que ésta pueda ser excretada por el cuerpo en forma de desechos.

Durante la etapa fetal, la mayor parte de la bilirrubina atraviesa la placenta y es metabolizada por el hígado materno. En el momento del nacimiento éste proceso se corta bruscamente y debe ser asumida por los órganos y sistemas del recién nacido, los cuales deben adaptarse y madurar para asumir el proceso en forma eficiente. Así, los neonatos deben excretar la sangre materna circulante por sus vasos sanguíneos y empezar a utilizar su propia sangre para oxigenarse. Los glóbulos rojos de la sangre materna se rompen, la hemoglobina se libera y se convierte en bilirrubina, que pasa por el hígado y se excreta como bilis a través de los intestinos. Sin embargo, cuando la bilirrubina se acumula más rápido de lo que el hígado puede descomponerla y eliminarla del cuerpo, se produce la ictericia, usualmente entre el segundo y quinto día de vida y desaparece alrededor de dos semanas.

Uno de los tratamientos empleados en la ictericia neonatal es la exposición del recién nacido a luz visible, bien en el espectro del azul, o bien a luz blanca de amplio espectro, encargada de descomponer la bilirrubina en isómeros más solubles, de manera que el hígado del bebé la pueda procesar y excretar.

Los efectos colaterales de la fototerapia son relativamente leves, como la deshidratación, quemaduras de córnea y piel, y posible daño retiniano, que pueden ser fácilmente corregidos con protección ocular, control estricto de líquidos administrados y eliminados y la selección de una lámpara adecuada con emisión espectral y mínima luz ultravioleta.

### Gráfico 10. Tratamiento de la fototerapia



#### 3.4. Equipos Médicos en la UCIN

La unidad de cuidados intensivos neonatales combina tecnología avanzada y profesionales de la salud capacitados para brindarles cuidados especializados a los bebés pequeños.

Este estudio pretende determinar las características de cada equipo biomédico a integrar en el proyecto, que pueden influir directamente en el diseño, tales como dimensiones, la interacción con el personal médico así como con el neonato, número y tipo de alarmas, partes desmontables para esterilización, y observaciones adicionales. Se hace énfasis en la incubadora, ya que, a diferencia de los demás equipos, el proyecto comprende su desarrollo funcional y constructivo.

##### 3.4.1. Unidad de Calor Radiante

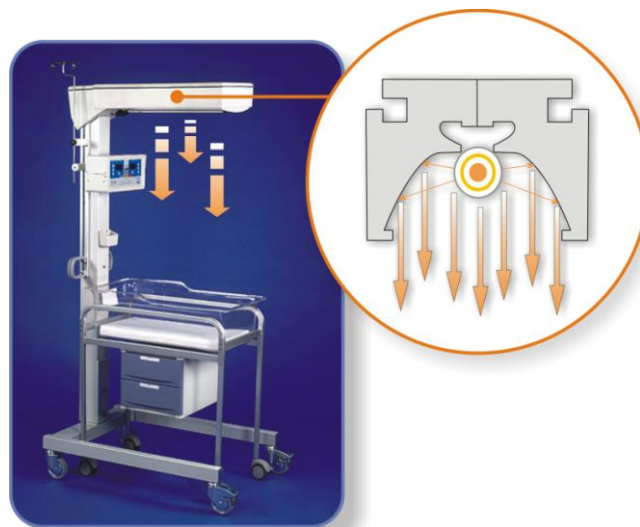
Las unidades de calor radiante están dotadas de un generador infrarrojo de cuarzo que produce calor radiante creando un ambiente agradable y una temperatura no mayor a 39° C que calienta rápida y suavemente la piel desnuda del bebé,

minimizando las probabilidades de una hipotermia y reduciendo la tensión neonatal. [15]

Incluye un módulo de control microprocesador para el control de la temperatura de piel: En modo servo control, que provee una alarma de operación en caso que el calefactor permanezca a plena potencia más de 15 minutos consecutivos, y en modo manual, actúa transcurridos 15 minutos consecutivos, cualquiera sea la potencia establecida para el calefactor. [16]

El calor radiante, llamado también energía por infrarrojos, es irradiada a través del aire en forma de ondas electromagnéticas, y tal como la luz, es direccional y puede ser enfocada, reflejada y absorbida por un cuerpo cercano. No depende del aire para su transmisión y es convertida en calor principalmente por absorción en la pieza expuesta a la radiación, sin calentar el aire intermedio.

**Gráfico 11.** Unidad de calor radiante servocontrolada



La cantidad de energía radiante emitida por una fuente de calor es proporcional a la temperatura de su superficie y a la emisividad<sup>2</sup> del material, tal como describe la Ley de Stefan Boltzmann: Mientras más alta es la temperatura de la fuente, mayor es la radiación que emite y mayor es su eficiencia. [17]

### 3.4.2. Ventilador Mecánico

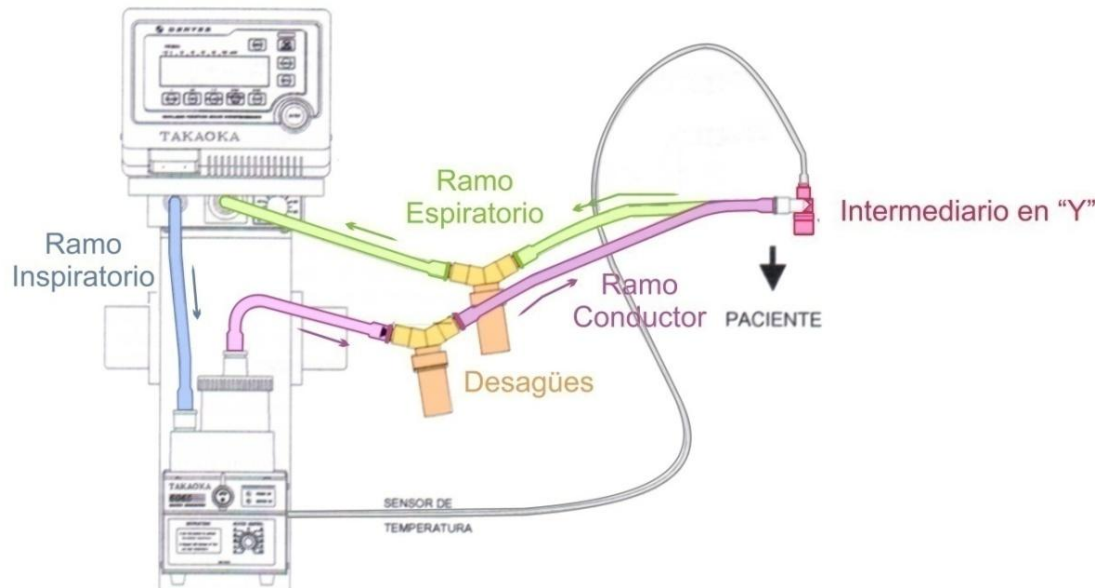
La ventilación mecánica (respirador mecánico) puede definirse como la técnica por la cual se realiza el movimiento de gas hacia y desde los pulmones por medio de un equipo externo conectado directamente al paciente. Los respiradores liberan cientos de diminutos soplos de aire que permiten que las vías respiratorias del bebé permanezcan abiertas, proporcionándole oxígeno adicional.

Funciona simultáneamente conectado a un humidificador, por medio de tubos corrugados y colectores de agua, (el enfriamiento de los gases al interior de los tubos provoca condensación de agua) formando el *circuito respiratorio*. El humidificador calienta y satura con vapor de agua el flujo inspiratorio que atraviesa su cámara. Los gases recorren entonces su camino entre la salida de la cámara y el paciente.

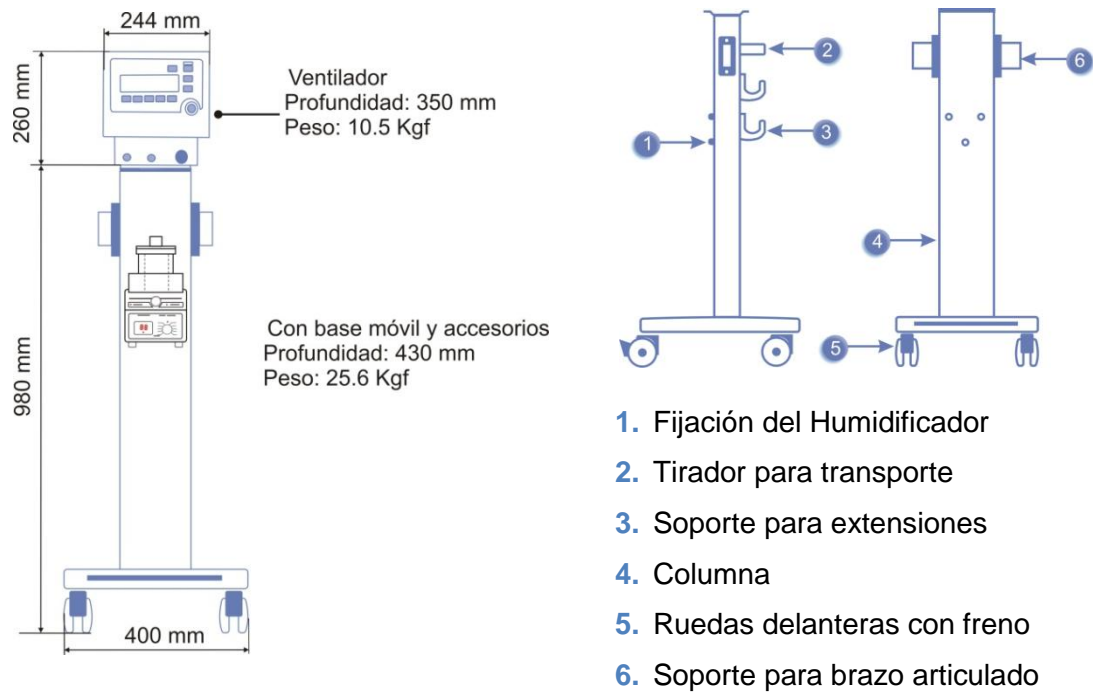
---

<sup>2</sup> **Emisividad:** Capacidad de una superficie para emitir y para absorber radiación.

**Gráfico 12.** Montaje del Circuito Respiratorio

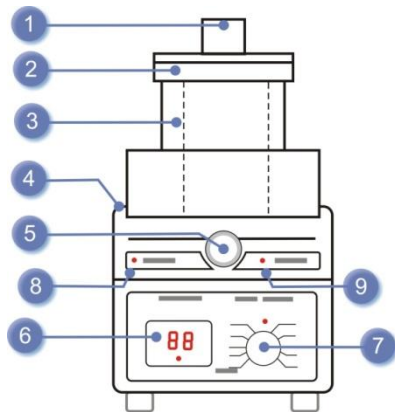


**Grafico 13.** Dimensiones ventilador mecánico





**Gráfico 15.** Humidificador



1. Conexión de salida de la cámara (paciente)
2. Tapa de la cámara de humidificación
3. Cámara de humidificación
4. Garras de fijación de la cámara
5. Botón de fijación de la cámara
6. Display de temperatura
7. Control de calentamiento
8. Lámpara de calentamiento
9. Lámpara piloto

#### Alarmas

Si ocurre alguna condición de alarma, el ventilador presentará las siguientes reacciones:

- Mensaje escrito parpadeando en la parte central de la pantalla, para auxiliar al operador en la rápida identificación de la condición que esta generando la alarma.
- Señal luminosa roja parpadeando en el indicador de alarmas del ventilador.
- Señal auditiva intermitente (5 segundos después)

#### Limpieza

Para la limpieza de las partes externas del ventilador, se utiliza un paño limpio y suave, humedecido en agua y detergente. Finalmente, se enjuaga y seca con un paño limpio, suave y seco.

Los componentes del circuito respiratorio deben ser desarmados a cada paciente para desinfección o esterilización incluyendo tubos corrugados, cámara de

humidificador, desagües, válvula respiratoria e intermediarios. Dichos componentes pueden ser sometidos a termodesinfección, sin embargo solamente en ciclo sensible (termodesinfección química), es decir, soportan temperaturas máximas de 60°C.

### 3.4.3. Monitor de Signos Vitales FCV

**Gráfico 16.** Monitor de Signos Vitales FCV



El monitor de signos vitales (MSV) diseñado por la UEN FCV Bioingeniería es un equipo Electrónico que mide, recoge y muestran información sobre los signos vitales de un paciente sometido a una vigilancia continua. [21] Permite la visualización en tiempo real y continuo de las variables fisiológicas, así como el almacenamiento en el módulo de historia clínica electrónica del sistema SAHI (Sistema integrado de administración hospitalaria) de la FCV.

El MSV consta de una caja metálica, en donde se encuentran las tarjetas electrónicas medidoras y sus conectores para los cables de paciente, encargados de la medición de cada uno de los parámetros de interés, en un panel frontal de polietileno inyectado. Todo el conjunto, está embebido en un computador

personal, que junto con el software de monitoreo constituyen la totalidad del equipo.

**Gráfico 17.** Componentes MSV FCV

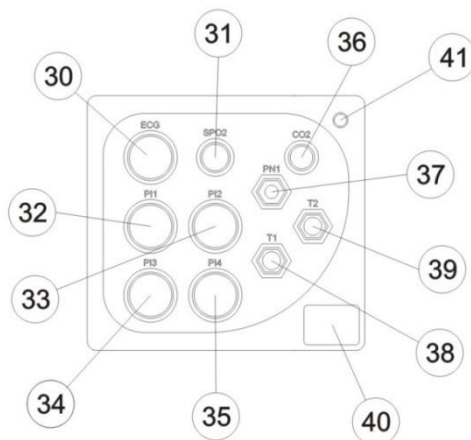


Las constantes vitales (parámetros que nos indican el estado hemodinámica del paciente) que el equipo adquiere, procesa y visualiza son los siguientes:

- Electrocardiografía (ECG).** Mide la frecuencia cardíaca, o el ritmo del pulso, es decir, el número de latidos por minuto, dato con el que se puede indicar a su vez el ritmo cardíaco y la fuerza de los latidos. [22]
- Presión invasiva (PI).** Presión arterial es la presión ejercida por la sangre a su paso por las paredes arteriales. Refleja tanto el volumen de eyección de la sangre como la elasticidad de las paredes arteriales. Se mide en forma continua e invasiva mediante catéteres arteriales conectados a un sensor de monitorización y a un sistema de transcripción de presiones. [23]
- Temperatura (T).** Es el equilibrio entre la producción de calor por el cuerpo y su pérdida.

- ❑ **Saturación de oxígeno (SPO2).** También llamada oximetría de pulso que mide la saturación de oxígeno de la hemoglobina en el interior de los vasos sanguíneos.
- ❑ **Presión arterial no invasiva (PANI).** Se refiere a la medición de la presión arterial de forma intermitente mediante manguitos neumáticos adaptados al tamaño y edad del niño.
- ❑ **Cinografía (CO2).** Representación gráfica como medida del dióxido de carbono (CO2) en la vía aérea de un paciente durante su ciclo respiratorio.

**Gráfico 18.** Entrada de canales de monitorización en el panel del MSV



- 30.** Electrocardiografía (ECG).
- 31.** Oximetría (SPO2).
- 32.** Canal 1 de presión invasiva (PI1).
- 33.** Canal 2 de presión Invasiva (PI2).
- 34.** Canal 3 de presión invasiva (PI3).
- 35.** Canal 4 de presión invasiva (PI4).
- 36.** Capnografía (CO2).
- 37.** Presión no invasiva (PNI)
- 38.** Canal 1 de temperatura (T1).
- 39.** Canal 2 de temperatura (T2).
- 40.** Etiqueta de identificación del equipo.
- 41.** Led indicador de encendido

**Gráfico 19.** Visualización en pantalla de los canales de monitorización del MSV



- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| 1. Barra de estado y configuración | 6. Módulo de CO2                          |
| 2. Módulo de ECG                   | 7. Módulo de PANI                         |
| 3. Módulo de PI canal 1            | 8. Módulo de T                            |
| 4. Módulo de PI canal 2            | 9. Congelar                               |
| 5. Módulo de SPO2                  | 10. Activación / Desactivación de módulos |

### Alarmas

Todos los módulos medidores poseen valores mínimos y máximos para los cuales el monitor emitirá una alarma visual y sonora en caso que el valor registrado por el módulo no se encuentre dentro del rango establecido. Así mismo, el software provee un comando para desactivar temporalmente las alarmas auditivas por periodos de tiempo de 1, 5 o 10 minutos.

### Limpieza

La parte externa del Monitor de Signos Vitales puede ser limpiada con un limpiador instantáneo, en pequeñas cantidades. No se deben usar agentes de

limpieza con abrasivos, solventes orgánicos, cloro, alcohol o solventes de hidrocarburo. Para prevenir arañones en la pantalla, sople o cepille cuidadosamente el polvo o las partículas de suciedad, con una esponja suave.

#### 3.4.4. Lámpara de Fototerapia

La fototerapia es una modalidad terapéutica a considerar como tratamiento de los recién nacidos ictericos para mantener las cifras de bilirrubinas dentro de unos límites considerados como seguros. (Ver numeral 3.3.6). La fototerapia con longitudes de onda de 450 nm a 500 nm, a una distancia del niño de 30 – 45 cm es la apropiada para el tratamiento de la ictericia. [26] **(Ver anexo B).**

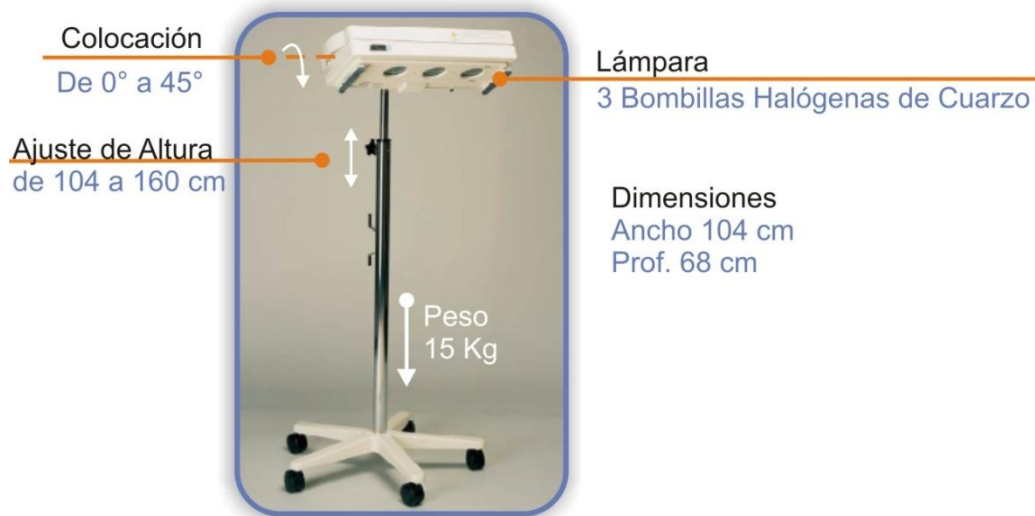
A continuación se muestran las características principales de las lámparas de fototerapia utilizadas en la UCIN de la FCV.

**Gráfico 20.** Lámpara de fototerapia marca *Medela*



Fuente: <http://www.medela.es/E/es/neonatology/lamp/index.php>

**Gráfico 21.** Lámpara de fototerapia marca *Draequer*



Fuente: [http://www.draeager.com/MT/internet/pdf/CareAreas/PerinatalCare/pc\\_Microlite\\_br\\_es.pdf](http://www.draeager.com/MT/internet/pdf/CareAreas/PerinatalCare/pc_Microlite_br_es.pdf)

### 3.4.5. Incubadora

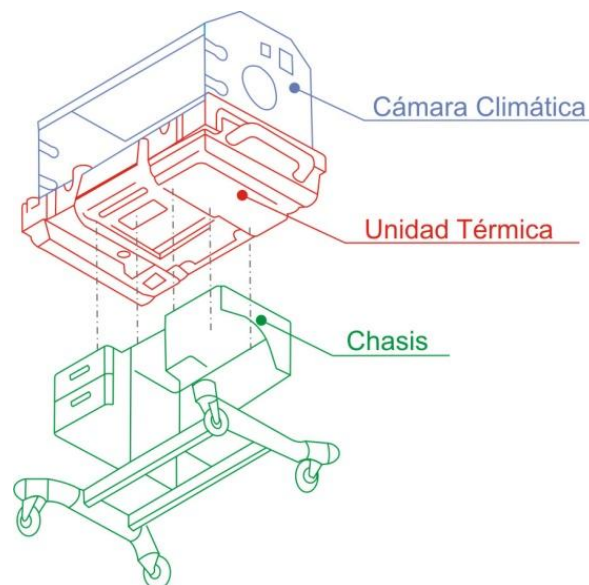
Equipo electromédico con fines terapéuticos que proporciona a los bebés prematuros condiciones óptimas de temperatura, humedad y oxigenación, con rangos variables y que además se asemejan al ambiente intrauterino. [13]

La incubadora conserva el calor corporal del neonato gracias a un ambiente cálido y a determinadas condiciones de humedad. Proporciona, además, un suministro regulable de oxígeno y reduce la contaminación del microambiente que rodea al niño. La supervivencia de un recién nacido enfermo o con peso bajo es más elevada cuando se halla en un ambiente térmico neutro. Éste consiste de una serie de parámetros entre los que se incluyen: La temperatura del aire y la superficie radiante, la humedad relativa y el flujo aéreo en los que la producción de calor y consumo de oxígeno es mínimo. De esta manera, la temperatura central del niño se mantendrá dentro de lo normal, en función del peso y la edad postnatal.

La temperatura óptima de la incubadora (aquella que mantiene la temperatura central del niño a 36.5-37°C) depende del peso y, sobre todo, de la madurez del neonato. El mantenimiento de la humedad relativa entre el 40 y 60% estabiliza la temperatura corporal al disminuir la pérdida de calor a menores temperaturas ambientales, previene la desecación e irritación de la mucosa respiratoria por la administración de oxígeno, fluidifica las secreciones y reduce las pérdidas insensibles de agua.

Físicamente, en la incubadora se distinguen tres componentes fundamentales:

**Gráfico 22.** Componentes de una incubadora neonatal



- ❑ **Cámara climática.** Es una cúpula, cubierta o canopia que crea una barrera entre el ambiente externo y el microambiente generado por la incubadora, alojando, aislando y protegiendo al bebé de situaciones como corrientes de aire, bajas temperaturas, entre otros. Su material de elaboración debe

permitir la visibilidad del bebé y no reaccionar con el oxígeno, para evitar la corrosión en casos donde sea necesaria la oxigenoterapia. Generalmente se utiliza un material acrílico que contiene cierto porcentaje de polipropileno y otros polímeros (metalcrilato), de aproximadamente 6mm de grosor, suficientes para aislar el ambiente externo del microambiente de la incubadora. Así mismo, debe contar con seis portillos de acceso al paciente (uno a cada lado, 2 delante, 2 detrás) para facilitar el cuidado del neonato, reducir al mínimo la pérdida de temperatura y, en general, evitar cambios bruscos en el ambiente interno y el menor contacto con el medio exterior.

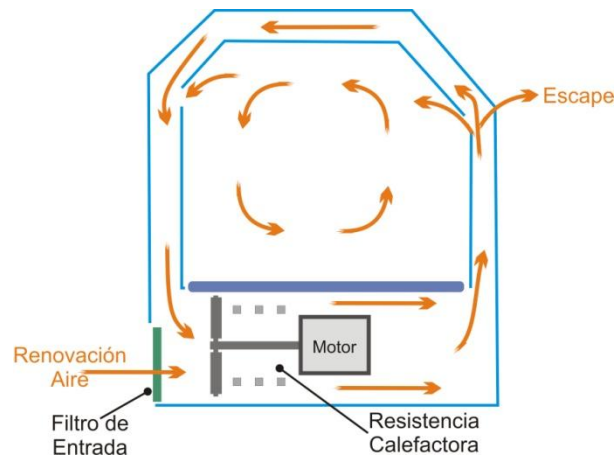
- ❑ **Unidad Térmica.** Fabricada íntegramente de aluminio con el proceso de fundición. Este material proporciona transferencia de calor de forma homogénea. Esta pieza por sus características externas define la forma de transferencia de calor, ganancia de humedad, ventilación, mezcla de aire con oxígeno, modularidad del equipo, etc.
  
- ❑ **Chasis.** Es el soporte de la cuna y cúpula de la incubadora. En él se encuentran la unidad térmica y la unidad de control. Sobre él se localiza el portacolchón. Debe construirse con un material resistente que soporte el peso del neonato y de la cúpula, además de ser altamente termorresistente, para que no se deforme fácilmente debido a las temperaturas que se registran tanto dentro de la incubadora como en el chasis.

Las medidas estándares de una incubadora son 90cm de largo, 40cm de anchura y 45cm de altura.

#### ❑ **Principio de funcionamiento**

Desde la unidad térmica, un ventilador es el encargado de movilizar aire y oxígeno a través de las diferentes etapas hasta llegar a la cámara climática.

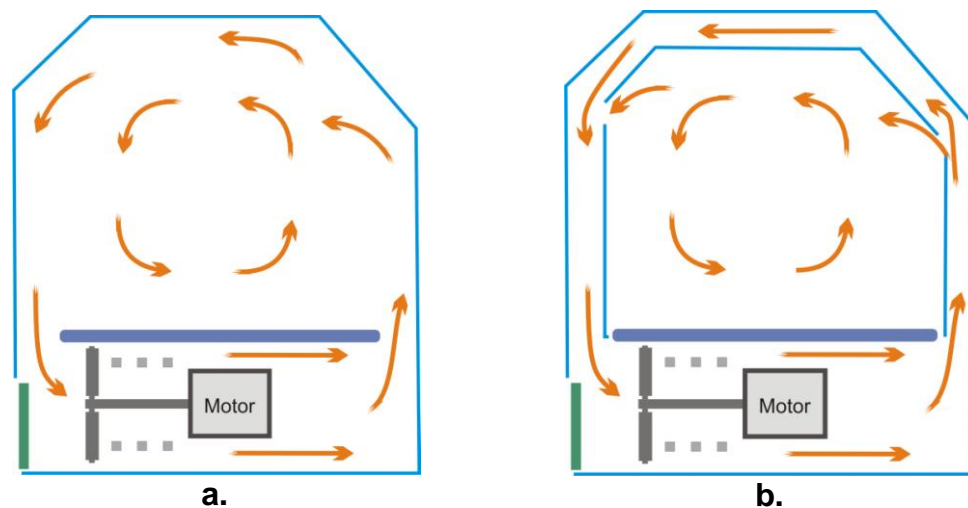
**Gráfico 21.** Flujo de aire en una incubadora



El ventilador absorbe el aire y el oxígeno a través del filtro microbiano, luego el aire y el oxígeno filtrado, es conducido a un espacio donde se encuentra el calefactor, aquí el flujo de aire y oxígeno es calentado hasta la temperatura programada por el usuario en la cámara climática que generalmente esta entre 28 °C a 37 °C según los requerimientos de cada neonato; pero en este lugar la temperatura es mayor por estar cerca al punto de mayor transferencia de calor, después el aire mezclado con oxígeno, calentado y humedecido, es conducido a la cámara climática, que contiene al recién nacido, manteniendo un flujo de aire de la forma más constante y silenciosa posible. [29]

Parte del aire es eliminado hacia el exterior de la cúpula y la otra parte es nuevamente absorbida por el ventilador cumpliéndose así un ciclo que se repite indefinidamente mientras funcione la incubadora.

**Gráfico 22.** Incubadora con pared simple y pared doble



La utilización de una doble pared interna en el habitáculo de la incubadora reduce de forma sustancial la pérdida de calor por radiación desde la piel del neonato a la pared exterior de la incubadora, la utilización de algoritmos de control de temperatura más eficientes permiten que la variación de la temperatura dentro de la incubadora sea mínima respecto de la pauta minimizando así el estrés térmico del neonato, por tanto resulta más ventajoso la utilización de un sistema de control en *cascada* frente a los más convencionales sistemas proporcionales. [30]

#### Modos de funcionamiento

El control y monitorización de la temperatura así como la gestión de las diferentes alarmas disponibles en la incubadora es asumido por un sistema electrónico gobernado por un microprocesador.

La incubadora tiene implementado dos formas de control de temperatura:

**Modo control aire.** Medida a través de un sensor dentro de la cabina, tiene como objetivo de control, en un valor constante, del ambiente interno de la cámara climática. El operador fija en el en el termómetro electrónico digital, la temperatura del aire en la incubadora (temperatura de referencia) y la incubadora ciclará para equilibrar la temperatura del habitáculo con la de control. En este modo los cambios de la temperatura corporal del neonato por lo general se miden periódicamente colocando el sensor o termómetro electrónico de temperatura cutáneo en el niño contando además con los beneficios de la alarma temperatura de piel.

**Modo Piel.** En el modo piel, también llamado servomodo (automático), el objetivo e mantener la temperatura del paciente en un valor constante, preestablecido por el médico.

La temperatura de control de piel se establece en forma apropiada utilizando el teclado del panel frontal del equipo. Para ello se coloca un sensor de temperatura cutánea y se fija el valor de temperatura de piel a controlar.

En estas condiciones la incubadora mide en forma permanente la temperatura de la piel del paciente y le suministra calor necesario para que la misma sea constante y coincidente con el valor de temperatura de control preestablecido. En forma simultánea el termómetro electrónico digital indica la temperatura del niño en forma permanente, lo que permite verificar su condición en cualquier momento.

Es importante destacar que cuando la incubadora funciona en el modo piel, lo que permanece invariable es la temperatura del niño. En cambio, la temperatura interna de la cámara climática (es decir, la controlada por el modo control aire) puede ir variando con el tiempo en función del estado del paciente. Esto se debe al efecto automático del servocontrol que ajusta la temperatura del aire dentro de

la incubadora de forma tal de mantener constante la temperatura de la piel del niño según sus necesidades.

En determinado momento el niño puede requerir más calor que en otros y en consecuencia la incubadora modificará su temperatura acorde con esa necesidad. También es muy común que la temperatura de piel del niño no coincida con la temperatura de la incubadora por la razón explicada anteriormente\*. [31]

### Alarmas

**Alarma de Temperatura de Aire (T°A):** Esta alarma se activa si la temperatura de aire en el interior de la incubadora es mayor que 1 °C o menor que 3 °C de la temperatura preseleccionada de control de aire.

**Alarma de Temperatura de Piel (T°P):** Esta alarma se activa en el modo de operación PIEL si la temperatura de piel del niño es mayor que 1 °C o menor que 1 °C respecto de la temperatura preseleccionada de control de piel, y en el modo AIRE con termómetro electrónico, si la temperatura de piel del niño difiere de  $\pm 1$  °C de la temperatura de control de piel preseleccionada.

**Alarma de Sobretemperatura de Aire:** Esta alarma se activa si la temperatura del aire en el interior de la incubadora excede el valor de 39 °C; Su función primordial es proteger el niño ante una falta del servocontrol y el resto de las alarmas controladas por el microprocesador. Si una incubadora en situación de

---

\* Por ejemplo, un niño de 1500 g de peso y a pocas horas de nacer, con temperatura de piel preestablecida de 36.0 °C, puede requerir que la incubadora se encuentre a 35.5 °C; En cambio, un niño de 2200 g de peso con una edad de 15 días, para una temperatura de piel de 36.0 °C, puede requerir que la incubadora se encuentre a 33.0 °C. Este acomodamiento de temperatura de temperaturas en la incubadora se realiza en forma totalmente automática.

alarma queda desatendida, al cabo de un tiempo se enfriará debido a que el calefactor se encuentra desactivado.

**Alarma de Falla de circulación de aire:** Esta alarma se activa si se produce una falla en el sistema de circulación de aire forzado en el interior de la incubadora.

**Alarma de Falla de Sensor:** Esta alarma se activa si se produce una falta de en cualquiera de los sensores PIEL o AIRE.

**Alarma de Falla Circuital:** Esta alarma se activa si se produce una alteración en la secuencia lógica de operación del microprocesador; En esta situación de alarma, el equipo no se encuentra en condiciones de operar normalmente. Se debe apagar la incubadora y volverla a encender para permitirle al microprocesador reiniciar.

**Alarma de Falla de Energía:** Esta alarma se activa si se produce una interrupción en la red de suministro de energía, una falla en los fusibles o en el circuito de entrada de potencia, o una desconexión accidental.

En cualquiera de los casos se activa en forma intermitente tanto la alarma acústica como el indicador de luz roja correspondiente al nombre de alarma, en el panel frontal de control.

Así mismo, el display correspondiente al nombre de alarma indica en forma intermitente el valor de temperatura; En algunos casos, la alarma acústica se puede silenciar por un periodo de tiempo (opción temporizador). Transcurrido este periodo, si la condición de alarma no desapareció, ésta se activará nuevamente.

Según la situación de alarma, el control puede interrumpir la potencia en el calefactor, entregar máxima potencia, o, como el caso de la temperatura de piel de aire con termómetro electrónico, el control entrega potencia al calefactor para mantener constante la temperatura de la incubadora en función del valor de temperatura de control de aire seleccionado.

**Tabla 3.** Síntesis de funcionamiento de alarmas de seguridad de la incubadora

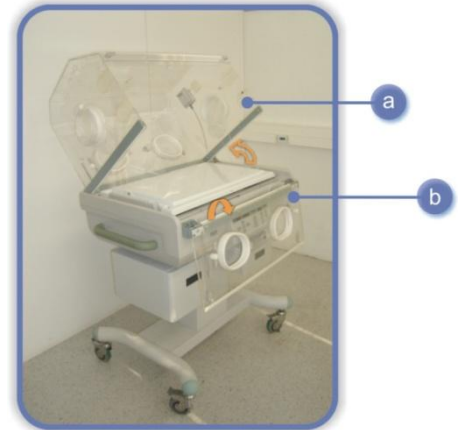
Sí: ✓      No: X      Máximo: Max.

| Alarma | Vigente en Modo                 | Causa                            | Control Potencia | Visualización en Display | Opción Temporizador |
|--------|---------------------------------|----------------------------------|------------------|--------------------------|---------------------|
| a.     | Aire                            | $T^{\circ}A > 1^{\circ}C$        | X                | ✓                        | 15 minutos          |
|        |                                 | $T^{\circ}A < 3^{\circ}C$        | ✓                | ✓                        |                     |
| b.     | Piel                            | $T^{\circ}P > 1^{\circ}C$        | X                | ✓                        | 15 minutos          |
|        |                                 | $T^{\circ}P < 1^{\circ}C$        | Max.             | ✓                        |                     |
|        | Aire con termómetro Electrónico | $T^{\circ}P \neq \pm 1^{\circ}C$ | ✓                | ✓                        |                     |
| c.     | Todos                           | $T^{\circ}A > 39^{\circ}C$       | X                | X                        | 15 minutos          |
| d.     | Todos                           | Falla en circulación de aire     | X                | X                        | X                   |
| e.     | Todos                           | Falla sensor                     | X                | X                        | 15 minutos          |
| f.     | Todos                           | Falla Circuito                   | X                | X                        | X                   |
| g.     | Todos                           | Interrupción de energía          | X                | X                        | X                   |

**Tipos de acceso a la incubadora**

**Gráfico 23.** Acceso general y de cuidado intensivo de una incubadora

La cámara climática puede abatible. Esta posición permite un acceso total al interior de la incubadora para procedimientos o para su desarme (levantarla hasta liberar totalmente la base) o limpieza.

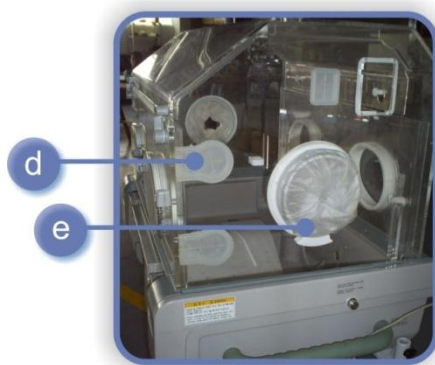


**Gráfico 24.** Acceso por portillos automáticos

La cúpula posee cuatro portillos de apertura automática a la altura del codo del personal, para acceder fácilmente al neonato durante las actividades asistenciales.



**Gráfico 25.** Accesos menores e Iris



**d.** Accesos para facilitar la introducción de elementos al habitáculo, tales como líneas de suero, cables a paciente, etc.

**e.** Permite el pasaje de tabuladores y cables que por sus dimensiones no pueden pasarse por los accesos menores, como los circuitos de paciente de un ventilador.

## ☐ Posición de Trendelemburg y Antitrendelemburg

**Gráfico 26.** Posición de trendelemburg y antitrendelemburg



**Posición de Trendelemburg.** Consiste en posicionar al neonato de forma que la cabeza esté más baja que el tronco, suele ser una inclinación de  $10^{\circ}$  a  $15^{\circ}$ . Utilizada para lograr efectos fisiológicos como descenso de la presión arterial en las extremidades inferiores e incremento significativo de la presión venosa yugular y de la intracraneal, con el consiguiente descenso de la presión de perfusión cerebral, así como compresión del contenido abdominal sobre la base pulmonar y por tanto, mayor trabajo respiratorio.

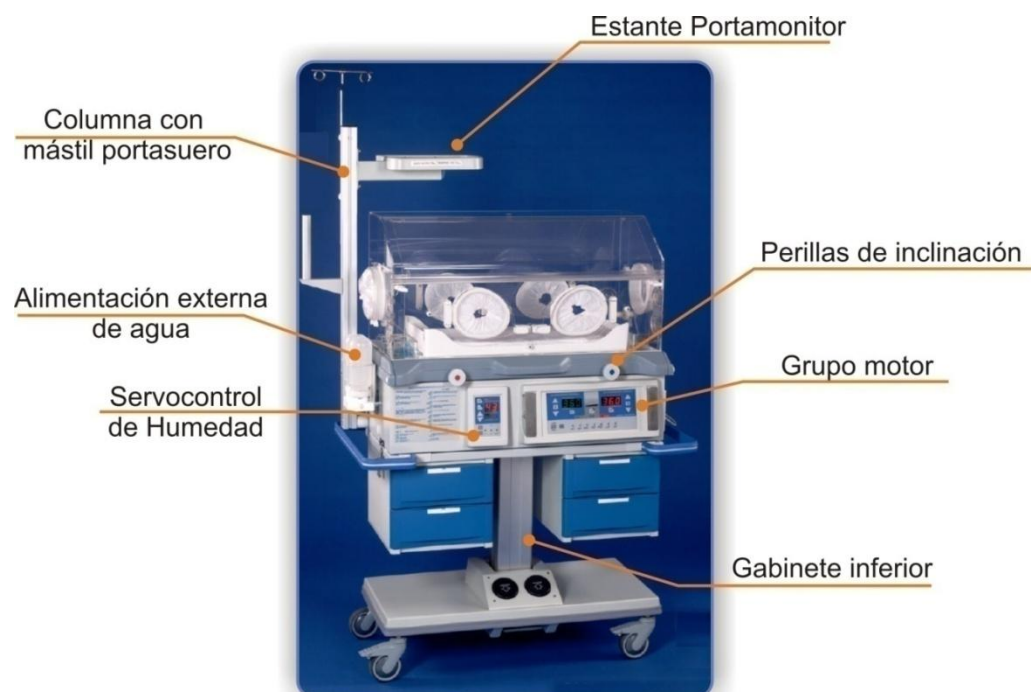
**Posición de Antitrendelemburg.** En el sentido contrario del trendelemburg, es decir, el neonato se posiciona de forma que la cabeza del neonato queda más alta que los pies, con una inclinación de  $10^{\circ}$ - $15^{\circ}$ , principalmente para evitar el reflujo gastroesofágico. [32]

### 3.4.6. Análisis detallado de dos marcas de incubadoras

Posterior a la investigación del funcionamiento y generalidades de las incubadoras, se analizaron detalladamente aspectos como el mecanismo de trendelemburg, la variación de altura, la humidificación, el panel de control, el

sistema de soporte del niño, y las dimensiones de las dos marcas de incubadoras utilizadas en la UCIN de la FCV, para definir las ventajas y desventajas en aspectos como material, proceso de construcción, y facilidad de uso. Para este último se tomaron en cuenta las opiniones de los médicos y enfermeras.

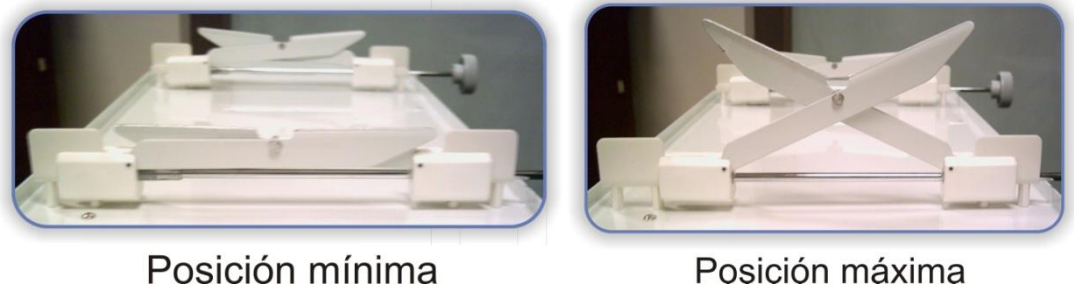
**Gráfico 27.** Incubadora de terapia intensiva Medix PC 305



#### Mecanismo de Trendelenburg

Dos perillas (la marcada con color rojo corresponde al mando izquierdo, y la marcada con color azul, corresponde al derecho) accionan el sistema de tornillo - tijera, permitiendo variar la altura de ésta y por lo tanto inclinar el colchón a las posiciones respectivas sin necesidad de abrir la incubadora.

**Gráfico 28.** Mecanismo de Trendleburg incubadora Medix



**Montaje del mecanismo**

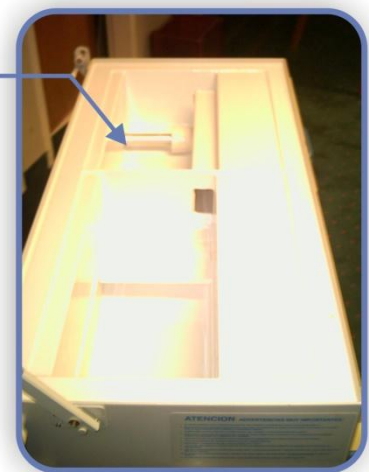


**Suministro de Humedad**

**Gráfico 29.** Contenedor de agua para suministro de humedad

La incubadora posee un receptáculo especial en la base principal de aluminio fundido, para contener agua, con una capacidad aproximada de 750 ml; El aire caliente generado por el grupo motor al pasar sobre la superficie del agua provoca la evaporación de la misma, elevando el porcentaje de humedad relativa entro del habitáculo del niño.

Depósito de Agua



### ❑ Sistema de sostén del niño

Es una bandeja apoyada sobre el mecanismo con forma elevada en los extremos y soporte inferior para la bandeja portachasis de películas radiográficas; Una bandeja plana cierra el compartimiento de calentamiento y suministro de humedad

**Gráfico 30.** Sistema de sostén del niño



**Gráfico 31.** Uso de la bandeja portachasis

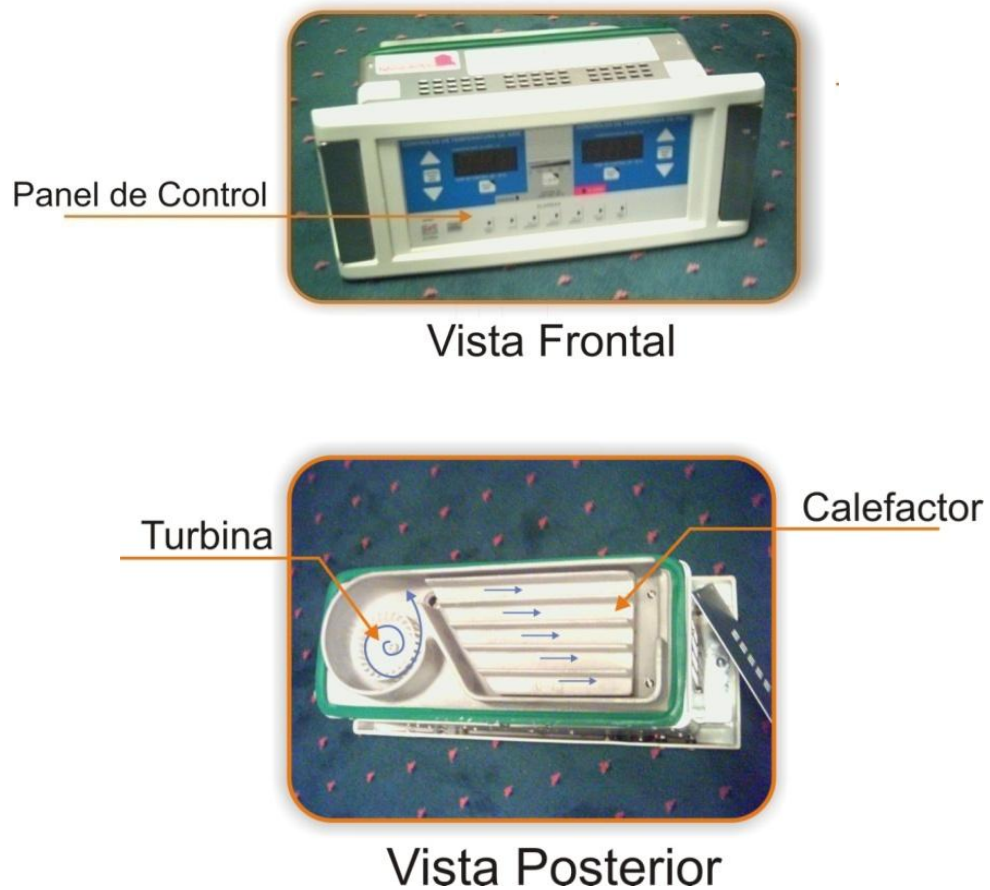


La bandeja está soportada en dos rieles laterales de la bandeja portachasis que le permite deslizarse fácilmente para ubicar en ella la placa radiográfica.

**Control electrónico de la incubadora**

Es un modulo independiente. Contiene la turbina y el calefactor encargados de calentar y direccionar el aire para que circule por el habitáculo del niño.

**Gráfico 32.** Control electrónico de la incubadora Medix



## ❏ Especificaciones Técnicas

**Tabla 4.** Especificaciones técnicas incubadora Medix

| Especificación                      | Alto (cm) | Ancho (cm) | Profundidad (cm) |
|-------------------------------------|-----------|------------|------------------|
| Habitáculo del niño (espacio útil)  | 35        | 83         | 38               |
| Dimensiones Externas sin paragolpes | 139       | 91         | 51.5             |
| Dimensiones Externas con paragolpes | 139       | 106.5      | 61.3             |
| Puerta abatible de acceso           | 30.5      | 84.5       |                  |
| Área de colchón                     | 4         | 64         | 35.5             |
| Peso bruto                          |           | 78 Kg.     |                  |

**Tabla 5.** Resultados del análisis detallado Incubadora Medix

| <b>MECANISMO DE TRENDELEMBURG</b>   |  |
|---|--|
| <b>Ventajas</b>   | <b>Desventajas</b>   |
| <b>Sistema de elevación suave</b>   | El sistema exige girar muchas veces la perilla para lograr la altura adecuada.   |
| <b>Facilidad de desmontaje para limpieza.</b>                                 | Los bordes delgados de las tijeras producen un desgaste en el material de la bandeja de elevación, lo que provoca tropiezos.     |
| <b>No existe riesgo de retorno descontrolado después de fijar la altura.</b>  | Si bien es clara la correspondencia del mando respecto al mecanismo a accionar, no es claro la dirección en que debe ser girada. |
| <b>SUMINISTRO DE HUMEDAD</b>  |  |
| <b>La base de aluminio fundido asegura la homogeneidad de la temperatura.</b> | Propicia la propagación de infecciones.  |
|   | El traslado de agua y el llenado de los suministros externos pueden provocar accidentes.   |

**NOTA:** Bajo criterios médicos no se hace uso del suministro de humedad, principalmente porque propicia la propagación de infecciones, sustentado además en que, la altura y

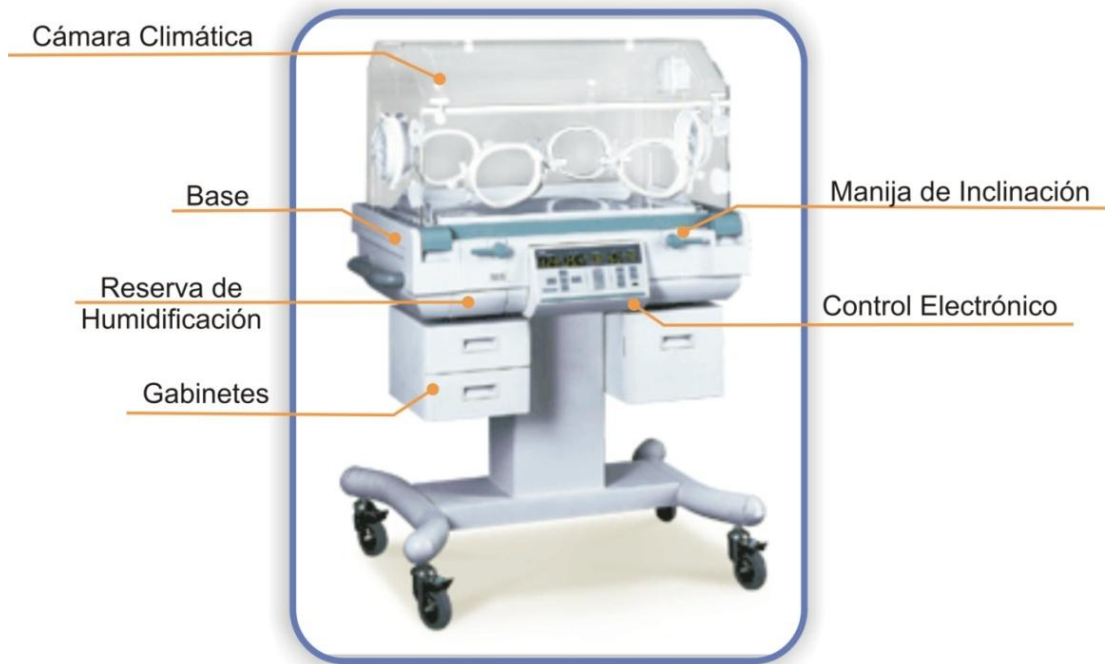
nivel térmico al que se encuentra la ciudad de Bucaramanga, permite una humidificación natural correcta.

| <b>SISTEMA DE SOSTEN DEL NIÑO</b>   |   |
|---|---|
| <b>Bandeja portacolchòn y portachasis termoformadas, de fácil desmontaje.</b> | Su configuración implica un flujo de aire vertical desde el perímetro dela base principal, sin direccionamiento del ciclo de flujo. |

| <b>CONTROL ELECTRÓNICO</b>   |   |
|--|---|
| <b>El módulo es independiente, lo que permite un fácil recambio en casos de mantenimiento o reparaciones.</b>  | La turbina y el calefactor cerámico requieren para su fabricación un desarrollo muy específico.                                     |
| <b>El sistema de calentamiento y ventilación se constituye en un solo cuerpo; El panel de control es fácilmente comprensible y no obstruye obstruye el acceso al niño.</b> | El panel de mando esta dispuesto verticalmente, teniendo en cuenta la altura a la que se encuentra, no facilita la lectura de éste. |

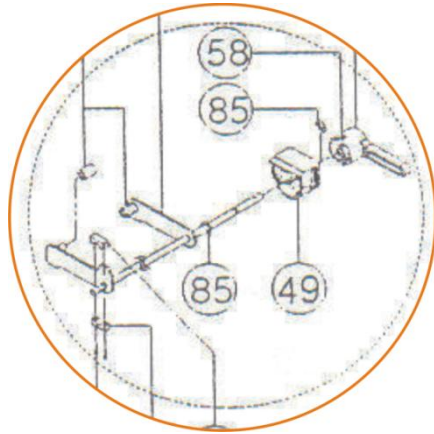
| <b>DIMENSIONES</b>   |   |
|--|---|
| <b>Sus dimensiones generales lo hacen fácilmente reacomodable.</b> | El espacio útil del habitáculo del bebé podría ser mayor para hacer más cómoda la manipulación del bebé, teniendo en cuenta las conexiones de éste a los equipos, asi como las mantas, almohadas, etc. que se utilizan. |
| <b>Pedal para variar la altura del habitáculo.</b>                 | El estante portamonitor no es utilizado. Generalmente se desmonta del equipo.   |
|  | No es utilizado. Mantienen una altura estándar. Además puede producir molestia al niño y las conexiones.  |

**Gráfico 33.** Incubadora Infantil mamii Choongwae



**Mecanismo de Trendeleburg**

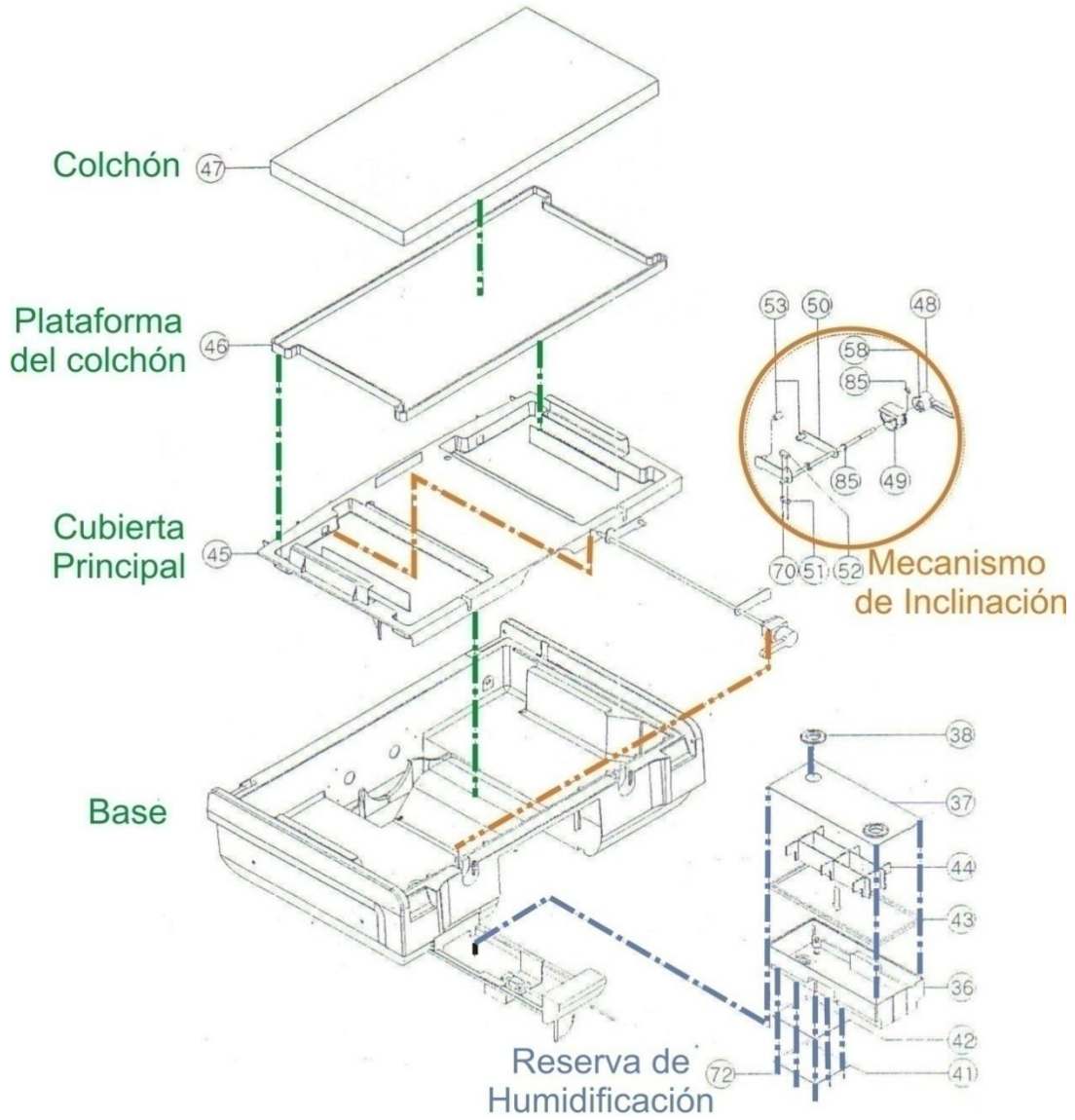
**Gráfico 34.** Mecanismo de trendeleburg incubadora mamii Choongwae



Sistema de Palanca en acero inoxidable con mango de accionamiento inyectado.

Se ensambla al encajar sus extremos a los laterales de la cubierta principal.

**Gráfico 35.** Despiece de la base incubadora infantil mamii Choongwae



Suministro de Humedad

**Gráfico 36.** Reserva de humidificación incubadora mamii Choongwae



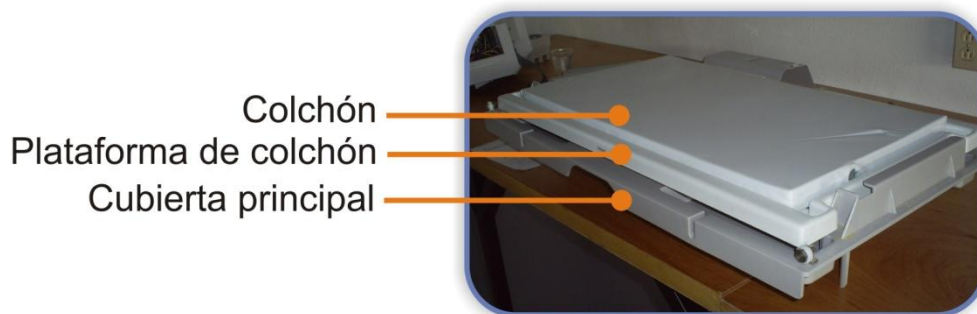
El comportamiento se desliza hacia afuera después de desanclar el seguro debajo de la unidad.

Se deben retirar las tapas de aislamiento, y agregar el agua hasta la línea indicadora al interior de la reserva.

Debe ser llenado cada cinco horas durante la operación continua de la incubadora.

#### Sistema de sostén del niño

**Gráfico 37.** Ensamble de plataformas incubadora mamii Choongwae



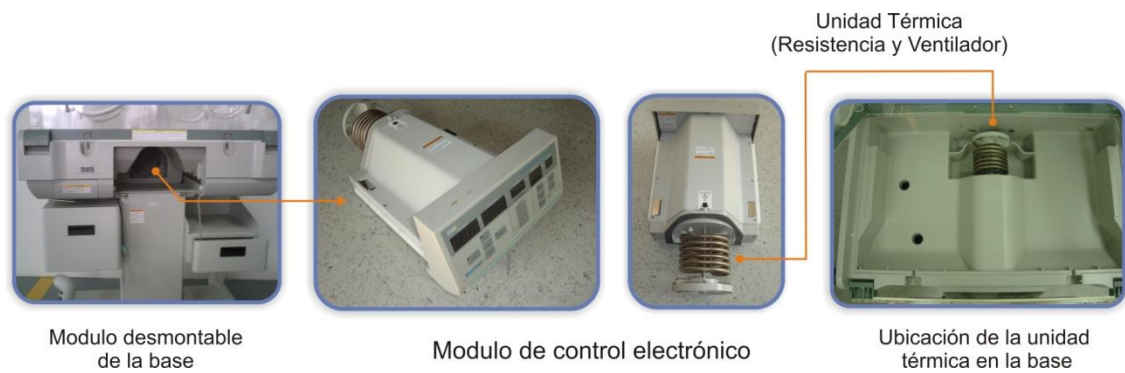
**Gráfico 38.** Cubierta Principal incubadora mamii Choongwae



Aleta inferior para direccionamiento del flujo de aire

### Control electrónico de la incubadora

**Gráfico 39.** Módulo de control electrónico



**Gráfico 40.** Conexión del control electrónico

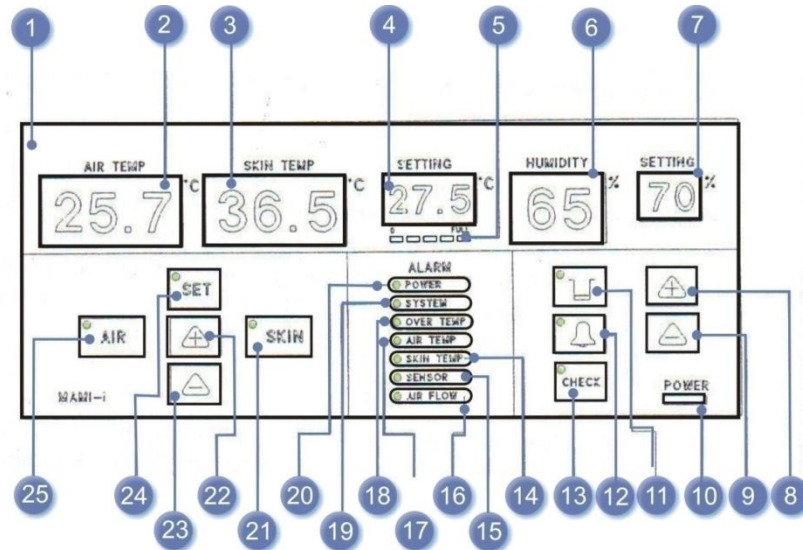


Las conexiones eléctricas y de sensores se ubican en la parte inferior del módulo.

**Gráfico 41.** Panel frontal de control incubadora infantil mami Choongwae en funcionamiento.



**Gráfico 42.** Nomenclatura y funciones panel frontal de control



- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| 1. Panel frontal de control           | 15. Error de sensor                       |
| 2. Visualizador temperatura de aire   | 16. Error de flujo de aire                |
| 3. Visualizador temperatura de piel   | 17. Error temperatura de aire             |
| 4. Visualizador temperatura definida  | 18. Error de sobret temperatura           |
| 5. Visualizador temperatura de salida | 19. Error de sistema                      |
| 6. Visualizador de humedad            | 20. Error de encendido (falla de energía) |
| 7. Visualizador de humedad definida   | 21. Selector modo temperatura de piel     |
| 8. Aumentar humedad                   | 22. Aumentar temperatura                  |
| 9. Disminuir humedad                  | 23. Disminuir temperatura                 |
| 10. Encendido / Apagado               | 24. Selector                              |
| 11. Alarma de nivel bajo de agua      | 25. Selector modo Aire                    |
| 12. Alarma desactivada                |   |
| 13. Sistema de chequeo                |   |
| 14. Error de temperatura de aire      |   |

**Gráfico 43.** Filtro de aire

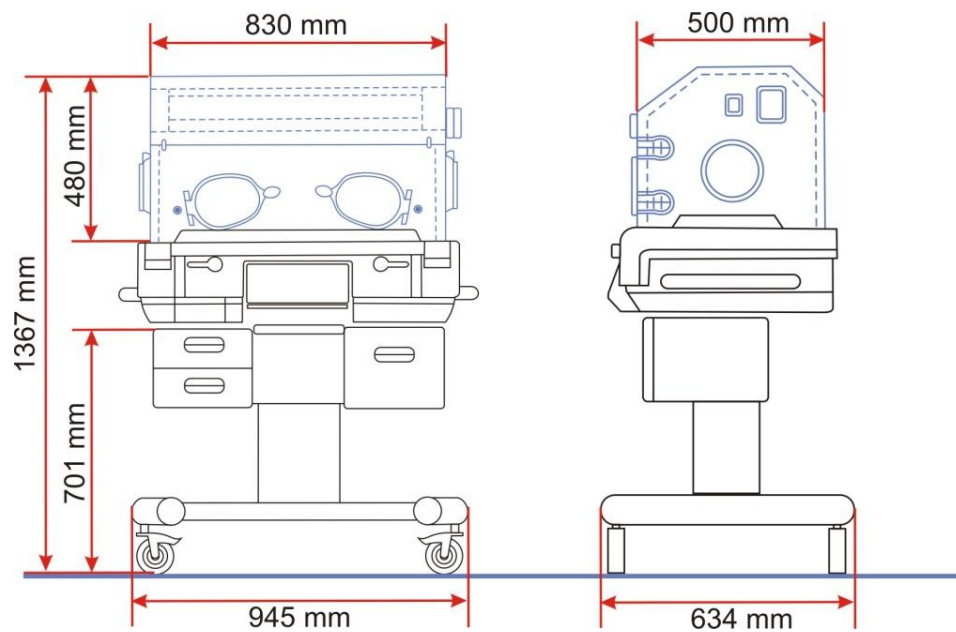


Ubicación de filtro de aire

Entrada de aire

**❑ Especificaciones técnicas**

**Gráfico 44.** Dimensiones incubadora infantil mamii Choongwae



**Tabla 6.** Resultados del análisis detallado Incubadora Infantil mamii Choongwae

| <b>MECANISMO DE TRENDELEMBURG</b>   |  |
|---|--|
| <b>Ventajas</b>   | <b>Desventajas</b>   |
| <b>Funcionamiento y construcción sencilla.</b>  | Al llegar a la posición máxima, el mecanismo sacude la plataforma del colchón bruscamente.             |
| <b>Facilidad de desmontaje para limpieza.</b>   | La palanca es una varilla metálica que no evidencia maltrato al material de la plataforma del colchón. |
| <b>No existe riesgo de retorno descontrolado después de fijar la altura.</b>  |  |
| <b>La conformación del sistema proporciona un tope al mecanismo, de tal manera que el usuario gira el mango sin tener que determinarlo.</b> |  |
| <b>La ubicación de las manijas hace clara la correspondencia respecto al mecanismo a accionar. Existe señalización del sentido de giro.</b> |  |

| <b>SISTEMA DE SOSTEN DEL NIÑO</b>  |   |
|--|---|
| <b>La plataforma del colchón y la cubierta principal conforman un sistema de bandejas que encajan de forma segura en la base de la incubadora.</b> | Para su correcto funcionamiento el sistema debe acoplarse milimétricamente, para evitar pérdida de flujo, lo que implica la utilización de materiales y procesos de fabricación precisos tales como inyección, termoformado, etc. |
| <b>Las formas y ensamble de dichas bandejas tiene como función direccionar uniformemente el flujo de aire hasta el habitáculo.</b>                 |   |

| <b>CONTROL ELECTRÓNICO</b>  |  |
|---|--|
| <b>El módulo es independiente, lo que permite un fácil desmontaje en casos de mantenimiento o reparaciones.</b> |  |
| <b>El panel de control es fácilmente comprensible y no obstruye el acceso al niño.</b>                          |  |

|   |  |
|---|--|
| <p><b>El panel de control está dispuesto con una inclinación que facilita al usuario su visualización.</b></p>  |  |
| <p><b>El sistema de calefacción se compone de una resistencia y un ventilador centrados respecto al habitáculo, que, junto con el diseño interior del conjunto de bandejas garantiza un flujo de aire más uniforme.</b></p> |  |
| <p><b>Los conectores en la parte inferior del módulo evitan su desconexión accidental.</b></p>  |  |

| <b>DIMENSIONES</b>  |   |
|---|---|
| <p><b>Sus dimensiones generales lo hacen fácilmente reacomodable y se adaptan perfectamente al usuario.</b></p> | <p>El espacio útil del habitáculo es mayor al de la incubadora <i>medix</i>, lo que hace más cómoda la manipulación del bebé.</p> |
| <p><b>La altura de la incubadora no es variable.</b></p>  |   |

### **3.5. Definición del sistema objeto-usuario-entorno**

Los principios del cuidado moderno del recién nacido fueron establecidos en París, en 1890, cuando los doctores Etienne Stéphane Tarnier y su discípulo Pierre Constant Budin, obstetras franceses, instituyeron las bases de la neonatología al reconocer la relación e importancia entre el control de la temperatura y la mortalidad del prematuro, siendo los primeros en usar botellas de vidrio con agua caliente para su termorregulación, principio de la años más tarde llamada "Incubadora de Tarnier". [13]

Budin introdujo otras mejoras a la incubadora, calentando el flujo de aire en una dirección, le agregó humedad ambiental y el monitoreo de la temperatura. Fue el primero en construir una unidad especial para niños prematuros en la Maternidad

de París en 1893 y posteriormente en la Clínica Tarnier; Estos hospitales fueron los primeros centros de Neonatología en el mundo para la investigación, enseñanza y tratamiento de niños prematuros, donde únicamente se permite a los padres mirar a su hijo a través de las ventanas de la unidad.

En la década de 1940 comenzó la unificación de criterios para el manejo de los recién nacidos prematuros, donde se enfatiza la observación cuidadosa por parte del equipo médico y el oficio de la enfermera, quienes visten especialmente, guardando estrictos niveles de asepsia y manipulación mínima de bebés.

En los años 50's y 60's los pediatras monitorean a los infantes en incubadoras con ayuda respiratoria, que se extiende del oxígeno adicional a la ventilación mecánica, permitiendo al cuerpo médico controlar los valores de temperatura, humedad y aislamiento, minimizando así el riesgo de infección. Aunque las UCIN son parte establecida de hospitales en el mundo entero, aún se presentan prematuros con secuelas como desórdenes respiratorios, parálisis cerebral, ceguera, deficiencia mental y alteraciones auditivas. En estos casos, la rehabilitación se inicia una vez que los síntomas ya se han establecido. [14]

Por los años 70's, se inició la intervención temprana buscando disminuir las secuelas crónicas.

En los 80's los estudios realizados a los prematuros evidenciaron que muchas de las alteraciones respondían a la corta exposición de los neonatos al medio ambiente intrauterino, por lo que se implementan diferentes tipos de estímulos lumínicos como la cámara de calor radiante y la fototerapia.

De los años 90 a la fecha, los avances, tanto tecnológicos como terapéuticos, en el campo de la salud neonatal, han permitido el nacimiento y sobrevivencia de

niños con edad gestacional de 20-25 semanas, con peso al nacer que bordea los 500 gramos, comprobando los beneficios del estímulo “piel a piel” propuesto por el programa “Madres Canguro”, y la importancia de la familia como complemento al tratamiento neonatal en las UCI.

Las unidades de neonatología tienen varios apartados según los cuidados que precisen los bebés:

#### **Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales UCIN**

Aquí se encuentran los bebés más delicados. Bien aquellos que han presentado menor peso y maduración al nacer, o aquellos que han tenido que someterse a una operación complicada. Cada bebé está permanentemente monitorizado, muchos de ellos tienen respirador u otra asistencia ventilatoria y la alimentación casi siempre es por vía parenteral o central o a través de la sonda nasogástrica.

#### **Unidad de Cuidados Especiales**

Es el segundo escalón en el que los bebés están un poco mejor, pero aún presentan necesidades especiales. Están también permanentemente monitorizados. Pero ya toleran mejor la alimentación por vía oral (la mayor parte de las veces por una sonda nasogástrica) y se pueden sacar periódicamente de la incubadora para hacer la técnica del canguro, o tenerlos simplemente en brazos.

#### **Unidad de Cuidados Medios / Básicos**

Aquí los bebés están fundamentalmente para ganar peso. Algunos de ellos están en incubadoras, otros en cunas. Todos se alimentan por vía oral a través de un biberón (ya presentan el reflejo de succión).

### 3.5.1. Actividades Asistenciales

Las intervenciones médicas y de enfermería son las acciones o actividades asistenciales realizadas por el personal en respuesta a un problema o necesidad del neonato.

A continuación se muestran las principales actividades que se realizan de acuerdo a los protocolos de uso de los equipos biomédicos integrados en el módulo de incubadora neonatal.

**Tabla 7.** Actividades asistenciales en la UCIN

1. Limpiar el ambiente adecuadamente después de cada uso por parte de los pacientes

2. Pesar y tallar al paciente en intervalos determinados



### 3. Colocar al recién nacido en la incubadora o cuna de calor radiante



### 4. Limpiar las vías aéreas de mucosidades

### 5. Intubación endotraqueal

### 6. Administración de medicamentos vía intravenosa

### 7. Cambiar catéteres

### 8. Monitorizar la eliminación (cambiar y Pesar pañal)

### 9. Ventilación mecánica



- Iniciar la preparación y la aplicación del respirador.
- Comprobar de forma rutinaria los ajustes del ventilador.

- **Activar las alarmas del ventilador.**
- **Comprobar regularmente todas las conexiones del ventilador.**
- **Vaciar el agua concentrada en las trampillas.**
- **Vigilar el proceso del paciente en las lecturas del ventilador.**
- **Colocar al paciente de forma tal que se facilite la respiración.**

#### 10. Alimentación enteral por sonda o biberón



#### 11. Administrar fricción en espalda y cuello



#### 12. Asesoramiento de la lactancia (programa madre canguro)

**Fomentar la intimidad entre madre padre y el bebe prematuro fisiológicamente estable mediante preparación del padre y disponiendo un ambiente de contacto piel a piel.**

#### 13. Fototerapia



- Aplicar parche para proteger los ojos en fototerapia
- Retirar los parches cada cuatro horas o cuando se apaguen las luces.

#### 14. Revisar los signos vitales periódicamente



- Facilidad para conectar al paciente.
- Acceso rápido para establecer las funciones básicas y cambio de parámetros durante el monitoreo.
- Alarmas audibles.
- Mínimo de tiempo para la visualización.
- Visualización de pantalla debe ser clara a distancia y desde varios ángulos.

#### **Monitorización cardíaca y respiratoria**

**Conexión a tres electrodos colocados en el tórax del niño**



Electrodos con:

- Buena adhesión a la piel.
- Pequeños, de bajo peso.
- No irritativos para la piel
- Mínimo de interferencias con otros equipos

#### Monitorización de la presión arterial

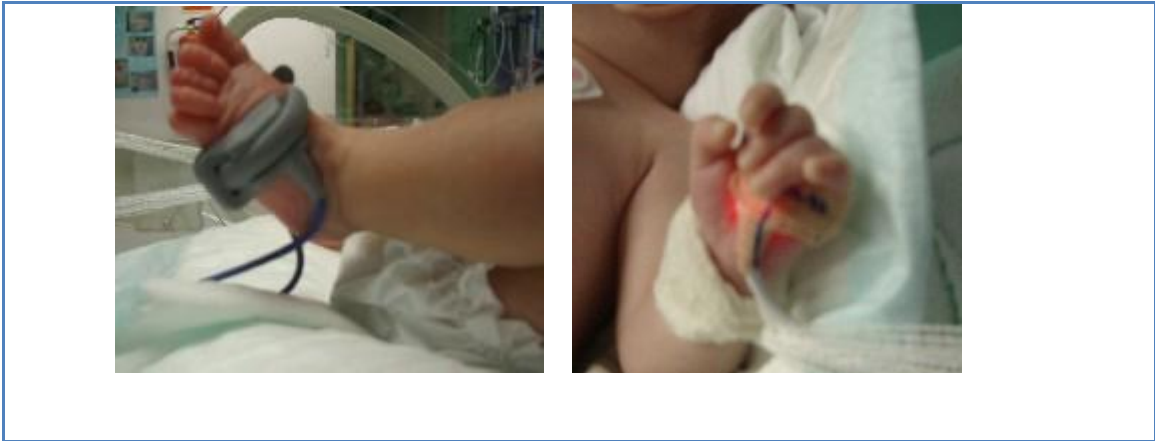
Conector con un sólo cable que se acoplará al manguito que lleve el niño en una de sus extremidades.



La colocación del manguito se hará de forma que abarque toda la circunferencia del miembro (brazo o pierna) sin apretar, y la anchura debe comprender 2/3 de la extremidad.

#### Monitorización de pulsoximetría

Después de limpiar la piel del neonato, se ubica el sensor de saturación en pie y mano, el cual informara los niveles de saturación de oxígeno de la hemoglobina en el interior de los vasos sanguíneos.



#### 16. Cambios de posición de paciente cada dos horas

### 3.5.2. Factor ambiental en una UCIN

Las condiciones ambientales de los espacios neonatales hospitalarios están constituidas bajo parámetros arquitectónicos, de iluminación y ruido establecidos en el documento *Recommended Standards for Newborn ICU Design*<sup>3</sup> (Estándares recomendados en el diseño de Unidades de Cuidados Intensivos Neonatales). A continuación se citan algunos apartados que determinan las generalidades del ambiente en una UCIN.

#### Gráfico 45. Factor ambiental en una UCIN

---

<sup>3</sup> Robert D. White, MD, Chairperson. Recommended Standards for Newborn ICU Design. Report of the Fifth Consensus Conference on Newborn ICU Design. Enero de 2002. Clearwater Beach, Florida.



- El espacio mínimo por niño es de 2,4 m<sup>2</sup> y la separación entre las incubadoras es de 1.2 m<sup>2</sup>.
- Provista de un área para el lavado de manos, recepción de ropa sucia, y almacenamiento de ropa limpia.
- El área de lavado de manos dispone de jabón, alcohol y toallas desechables; Accionable con el pie.
- Paredes y pisos selladas para evitar que el aire se trasmita fuera del área.
- Las puertas de entrada a la sala se cierran automáticamente.
- Dispone de un área limpia (medicación, fórmulas, leche materna) y un área sucia, para almacenar material contaminado.
- Posee un espacio privado de descanso, de reuniones de profesionales, administrativas y de enfermería para el Personal.
- Espacio para padres y familia ubicada adyacente a la unidad de cuidados intensivos, de fácil acceso, para información a los padres sobre la salud de su hijo o realizar actividades para brindar consejos o aspectos educativos.

- Un cuarto más pequeño, con sillones, y baño es utilizado para amamantamiento.
- El ambiente lumínico es rápidamente modificable ya sea luz natural o eléctrica con posibilidad de oscurecer un sector en casos de necesidad de transiluminación.
- Una fuente de luz día es necesaria y con ello, favorecer la visibilidad y control del neonato, pero las ventanas son de un vidriado satinado aislante que minimiza la pérdida o ganancia de calor de los niños.
- La incubadora deber ser colocada a un mínimo de 60 cm de la ventana.
- En determinadas áreas dentro de la UCIN la iluminación debe ser muy adecuada en lugares donde el equipo médico o de enfermería efectúe tareas críticas.
- El piso es de material fácilmente lavable y minimizar el crecimiento de bacterias.
- La superficie del piso es plana y evita ángulos agudos en unión con las paredes difíciles de lavar.
- Las paredes son fácilmente lavables y proveen mayor protección en puntos de frecuente contacto con equipamiento movable.
- El techo es lavable y dispone de un sistema que provee una acústica aceptable.
- La temperatura ambiente debe ser estable (22°– 26 °C) y una humedad relativa entre 30% y 60% evitando la condensación de agua en paredes y ventanas.
- La ventilación minimiza los bruscos cambios de la misma, cerca del área del niño. Filtrada con un mínimo de 90% de eficiencia.
- La estructura está diseñada para que absorba el ruido excesivo.
- El ruido habitual no debe exceder los 50 o 55 decibeles y el ruido que puede producirse eventualmente no debe exceder los 80 decibeles.

### 3.6. Conclusiones del análisis preliminar

#### 3.6.1. Correspondencia de los recursos tecnológicos y los problemas neonatales en los que intervienen.

Definir los principales problemas de los pacientes neonatales en una unidad de cuidado intensivo junto con los recursos tecnológicos utilizados, permite establecer correspondencias entre éstos, determinando además, la forma de invasión del paciente, el modo de uso, (si existen displays de control, el número y tipos de alarma, partes desmontables para esterilización y mantenimiento, exigencias en la limpieza, etc.).

**Tabla 8. Correspondencia de los recursos tecnológicos y los problemas neonatales en los que intervienen**

| Equipo Biomédico   | Problema intervenido     | Display de control | Número de alarmas |          |             |
|--|--------------------------|--------------------|-------------------|----------|-------------|
|  |                          |                    | Audibles          | Visibles | Tiempo      |
| <b>Cuna de Calor Radiante</b>  | Termorregulación         | Sí                 | 1                 | -        | 15 min.     |
| <b>Ventilador</b>  | Respiratorio             | Sí                 | 1                 | 2        | 5 Seg.      |
| <b>Humidificador</b>   | Respiratorio             | Sí                 |                   |          |             |
| <b>M.S.V.</b>  | Monitoreo Signos Vitales | Sí                 | 12                | 12       | 1 a 10 min. |
| <b>Lámpara Fototerapia</b>   | Ictericia                | No                 | -                 | -        | -           |
| <b>Incubadora</b>  | Termorregulación         | Sí                 | 7                 | 5        | 15 min.     |
| <b><i>Ver Tabla 3. Funcionamiento de alarmas de seguridad de la incubadora</i></b> |                          |                    |                   |          |             |

### 3.6.2. Establecimiento de funciones del sistema

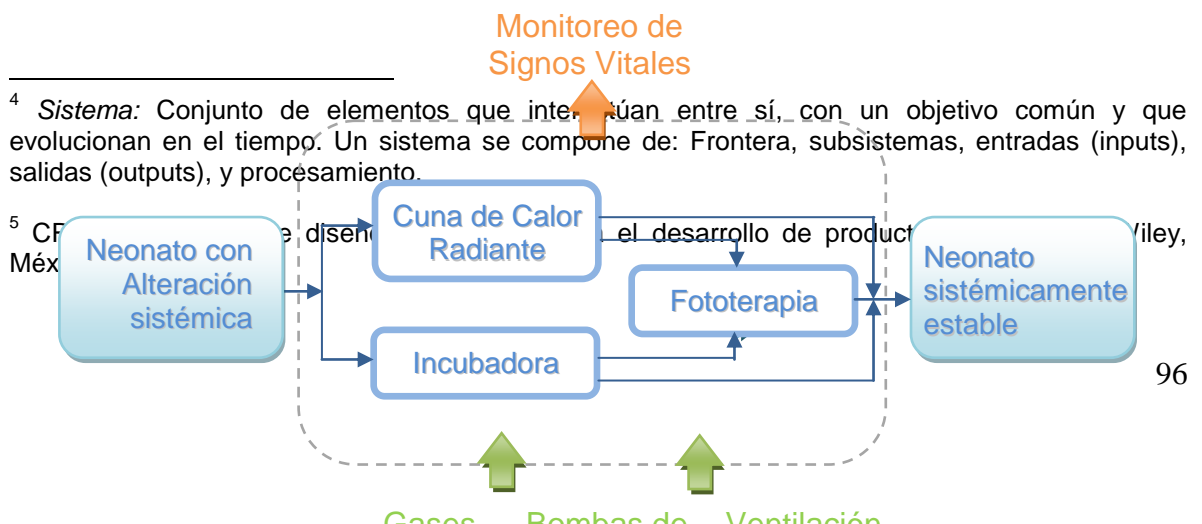
Las definiciones funcionales de los equipos biomédicos constituyen a la vez, las funciones esenciales que debe satisfacer el modelo funcional y que por tanto establecen su sistema<sup>4</sup>, independientemente de los componentes físicos que puedan utilizarse en la configuración de éste. Para ello, se sigue el *Método de análisis de funciones*<sup>5</sup>, que consiste inicialmente en expresar la función global del diseño como una “caja negra” que convierte ciertas “entradas” en “salidas”.

Así, al sistema *mini 1000* “entrará” un paciente caracterizado principalmente por su condición de *neonato con alteración sistémica*, es decir con desestabilidad orgánica, y el resultado esperado, es que el sistema aplique en el neonato procesos y correctivos (funciones secundarias) necesarios para que la “salida” sea un neonato sistemáticamente estable.

**Gráfico 46.** Aplicación del modelo de sistemas de la “caja negra”



**Gráfico 47.** Aplicación del modelo de la “caja transparente”



<sup>4</sup> *Sistema*: Conjunto de elementos que interactúan entre sí, con un objetivo común y que evolucionan en el tiempo. Un sistema se compone de: Frontera, subsistemas, entradas (inputs), salidas (outputs), y procesamiento.

<sup>5</sup> CF Méx

La función global de la *caja negra* se descompone en un conjunto de funciones secundarias esenciales, evidenciadas si ésta fuese *transparente*: De acuerdo al grado de inestabilidad del paciente, el sistema *mini 1000* funcionará como cuna abierta de calor radiante o incubadora cerrada, con tratamiento de fototerapia, y apoyada por la ventilación mecánica, bombas de infusión, y gases medicinales, para obtener un reporte del estado del bebé a través del monitoreo de sus signos vitales, y propiciar la estabilidad sistémica del neonato.

### 3.6.3. Delimitación del análisis ergonómico

El proyecto es:

✓ Diseño      Rediseño

Hasta el momento, en las unidades de cuidado intensivo neonatal, no existe una estructura o plataforma que integre los equipos biomédicos de seguimiento y

soporte vital, como una novedosa solución al congestionamiento del espacio alrededor de la estancia del neonato, que actualmente entorpece el acceso al personal médico, y disminuye el aprovechamiento óptimo del espacio en la unidad de cuidado intensivo, limitando su capacidad de servicio en el abastecimiento de las necesidades locales.

Tipo de ergonomía a aplicar

√ Preventiva      Correctiva

El proyecto consiste en el DISEÑO de una unidad de cuidado intensivo neonatal.

Tipos de usuario

Usuario Primario:

√ Personal médico y enfermeras

Usuario Secundario:

√ Neonato sistemáticamente inestable

Usuario Terciario:

√ Personal de mantenimiento y limpieza

Entorno

√ Unidad de Cuidado Intensivo Neonatal  
Fundación Cardiovascular de Colombia

Objeto

√ Módulo de Incubadora Neonatal Integrado  
mini 1000

#### Actividad

√ Monitoreo y asistencia de neonato en modo *incubadora cerrada* o *cuna abierta de calor radiante*

#### 3.6.4. Factor Antropométrico

El análisis de cada una de las dos marcas de incubadoras neonatales, basado en las opiniones del personal médico y de enfermería, junto con la inspección realizada por los diseñadores e ingenieros del grupo de trabajo, permite establecer que la incubadora *mamii Choongwae* es la que más ventajas ofrece frente a las necesidades de la Unidad de Cuidado Intensivo Neonatal FCV, por consiguiente, lo cual guarda relación con el desarrollo que la Fundación Cardiovascular de Colombia contempla en la realización del proyecto.

La publicación de patente US 4,936,824, de fecha 26-06-1990, de la firma *The BOC Group*, denominada *INFANT INCUBATOR WITH AIR CURTAIN*, aplicada en el mercado en la incubadora *mamii CHS-i1000*, de la marca *Choongwae Medical Corporation*, guarda relación con el desarrollo que la Fundación Cardiovascular de Colombia contempla en la realización del proyecto. La consideración de los factores antropométricos en el proyecto, se basan en las dimensiones establecidas en dichas patentes. (Ver gráfico 44).

#### 3.6.5. Factor Objetual

##### Función Práctica: *Qué hace el objeto?*

El Módulo de Incubadora Neonatal Integrado, funciona como una estación de trabajo<sup>6</sup> dotada de los elementos necesarios, y mediante su uso permite realizar

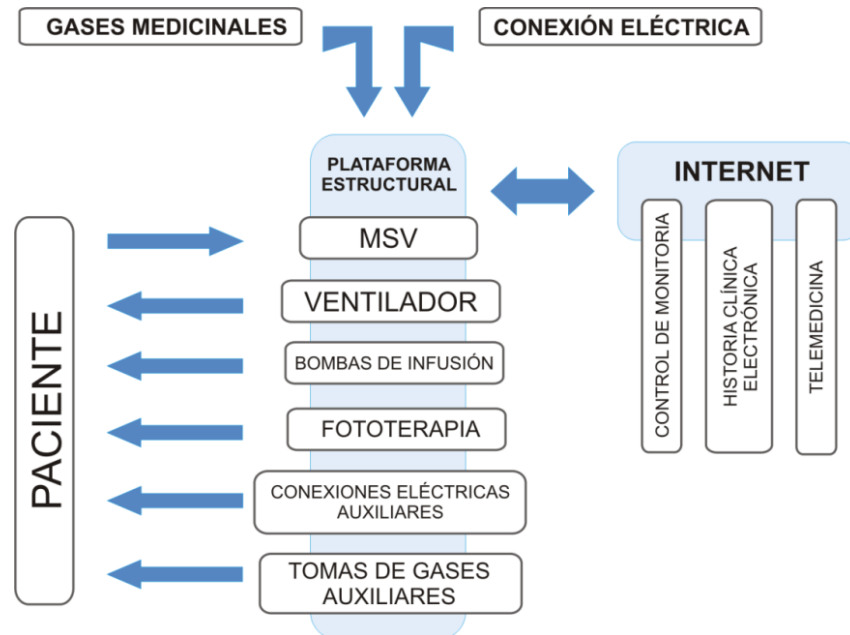
---

<sup>6</sup> **Estación de Trabajo:** Espacio físico donde se ejecuta un conjunto de actividades con principio y fin claramente definidos.

las funciones asistenciales adecuadas para cubrir las necesidades de soporte vital del paciente neonato.

En el siguiente diagrama de bloques, se muestran los componentes fundamentales del sistema y sus conexiones.

**Gráfico 48.** Componentes y conexiones fundamentales del sistema



**Función Estética: *Cómo lo va a percibir el usuario?***

El diseño formal del Módulo de Incubadora Neonatal Integrado permite que el usuario perciba su función como una agrupación de equipos biomédicos para soporte vital neonatal.

**Función simbólica: *Qué debe percibir el usuario?***

El equipo establece parámetros visuales que le indican al usuario la manera de usarlo, tales como alarmas de fallos, señalización, advertencias, etc.

## CAPITULO IV: DEFINICION DE REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

Los requerimientos de diseño registran las especificaciones establecidas y avalados por el grupo de trabajo en el que se indican cuáles son las condiciones que han de ser tenidos en cuenta para el desarrollo. Se detallan tanto las características cualitativas como cuantitativas; A cada requerimiento se asigna un responsable, con el fin de tener un control sobre el estado de desarrollo en el que se encuentra dicho requerimiento durante su ejecución.

## **REQUERIMIENTOS DE DISEÑO**

### **4.1. Clasificación**

#### **4.1.1. Requerimientos funcionales**

Son las necesidades, componentes y características de funcionamiento y estructurales del diseño.

#### **4.1.2. Requerimientos de rendimiento**

Se detallan los requerimientos relacionados con el desempeño y rendimiento que se espera tener del producto.

#### **4.1.3. Restricciones de diseño**

Todas aquellas restricciones relativas al diseño impuestas por estándares, normas y otras limitantes que influyan en el desarrollo del diseño del producto.

#### **4.1.4. Atributos de diseño**

Se detallan los atributos de calidad del diseño como portabilidad, seguridad, usabilidad, confiabilidad, mantenibilidad, entre otros.

### **Tabla 9. Requerimientos de diseño**

|  |                       |                                 |   |                 |
|--|-----------------------|---------------------------------|---|-----------------|
| <b>Organización:</b>   |                       | <b>Título:</b>                  | <b>Proceso:</b>                             |                 |
|  FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR DE COLOMBIA |                       | <b>REQUERIMIENTOS DE DISEÑO</b> | GESTIÓN DE PROYECTOS INNOVADORES            |                 |
| <b>Unidad:</b>   | <b>Área:</b>          |                                 | <b>Código:</b>                              | <b>Versión:</b> |
| Corporativa  | Oficina de Innovación |                                 | R- GESINN -05 -<br>Requerimientos de diseño | 0               |

### Administración de los requerimientos de diseño

**Título del proyecto** Módulo de Incubadora Neonatal Integrado

**Líder del proyecto** Catalina Ruiz Arias

|               |        |                  |            |            |           |                 |           |
|---------------|--------|------------------|------------|------------|-----------|-----------------|-----------|
| Nueva función | Mejora | Ajuste por falla | Solicitado | En proceso | Terminado | En verificación | Eliminado |
|---------------|--------|------------------|------------|------------|-----------|-----------------|-----------|

| No   | FECHA    | REQUERIMIENTO   | OBSERVACIÓN   | RESPONSABLE   | CALIFICACIÓN | ESTADO |
|--|----------|---|---|---|--------------|--------|
| <b>Requerimientos funcionales:</b> Son las necesidades, componentes y características de funcionamiento y estructurales del diseño.                |          |   |   |   |              |        |
| 12   | 24/07/07 | Luminarias de luz azul para fototerapia   | Rango: 430-490 nanómetros<br>Distancia: 30-40 cm.   | Ing. Jairo Flórez   |              |        |
| 13   |          | Distribución de las bombas de infusión  | La funcionalidad de cada bomba no interfiera con las demás (Autonomía)  | D.I. Catalina Ruiz<br>D.I. Silvia Duarte<br>Ing. Leonardo Rodríguez |              |        |
| 14   |          | Bombas de Infusión Desmontables   | Unidad de fácil montaje, simplificación del proceso de montaje.   | D.I. Catalina Ruiz<br>D.I. Silvia Duarte                            |              |        |
| 15   |          | Direccionamiento Bombas de infusión   | Hacia el paciente   | D.I. Catalina Ruiz<br>D.I. Silvia Duarte                            |              |        |
| 16   |          | Estabilidad del rack de bombas de infusión  | El rack debe permitir el correcto funcionamiento de las bombas, se deben evitar movimientos innecesarios de las mismas. | D.I. Catalina Ruiz<br>D.I. Silvia Duarte                            |              |        |
| <b>Requerimientos de rendimiento:</b> Se detallan los requerimientos relacionados con el desempeño y rendimiento que se espera tener del producto. |          |   |   |   |              |        |
| 17   | 27/03/07 | La unidad funciona como incubadora cerrada y cuna de calor radiante.                            | Funcionamiento independiente y excluyente   | Ing. Jairo Flórez   |              |        |
| 18   |          | La incubadora cerrada funciona en los modos:<br>Aire controlado<br>Bebé controlado              | Por un sensor de aire<br>Por un sensor de piel  | Ing. Diego Serrano  |              |        |
| 19   |          | La cámara de calor radiante y fototerapia funcionan en forma independiente o simultánea         | Según criterio médico   | Ing. Jairo Flórez<br>Ing. Oscar Mantilla                            |              |        |
| 20   |          | La incubadora reduce la pérdida y ganancia de calor, aminora la penetración de ruido y humedad. | Con alarmas visuales y audibles que señalan alteraciones en los rangos establecidos.                                    | Ing. Diego Serrano  |              |        |

Aprobado por: Ing. Joergen Carrillo

Fecha de la aprobación: 27-03-2007

Aprobado por: Jefe de Planeación y Calidad FCV

Fecha de aprobación: 27-03-2007

Hoja: 1/4

|  |                       |                                 |   |                 |
|--|-----------------------|---------------------------------|---|-----------------|
| <b>Organización:</b>   |                       | <b>Título:</b>                  | <b>Proceso:</b>                             |                 |
|  FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR DE COLOMBIA |                       | <b>REQUERIMIENTOS DE DISEÑO</b> | GESTIÓN DE PROYECTOS INNOVADORES            |                 |
| <b>Unidad:</b>   | <b>Area:</b>          |                                 | <b>Código:</b>                              | <b>Versión:</b> |
| Corporativa  | Oficina de Innovación |                                 | R- GESINN -05 -<br>Requerimientos de diseño | 0               |

### Administración de los requerimientos de diseño

**Título del proyecto** Módulo de Incubadora Neonatal Integrado

**Líder del proyecto** D.I. Catalina Ruiz Arias

| No   | FECHA    | REQUERIMIENTO  | OBSERVACIÓN   | RESPONSABLE   | CALIFICACIÓN  |        |                  |            |            |           |                 | ESTADO    |  |  |  |
|--|----------|--|---|---|---------------|--------|------------------|------------|------------|-----------|-----------------|-----------|--|--|--|
|  |          |  |   |   | Nueva función | Mejora | Ajuste por falla | Solicitado | En proceso | Terminado | En verificación | Eliminado |  |  |  |
| <b>Requerimientos de rendimiento:</b> Se detallan los requerimientos relacionados con el desempeño y rendimiento que se espera tener del producto.   |          |  |   |   |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |  |  |
| 21   | 27/03/07 | Ver Numerales anexo 1:<br>5.4. Características Térmicas<br>5.5. Alarmas<br>5.13. Características Eléctricas        | Norma Oficial Mexicana NOM-066-SSA1 Especificaciones de las incubadoras | D.I. Catalina Ruiz<br>D.I. Silvia Duarte<br>Ing. Diego Serrano  |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |  |  |
| 22   |          | Se deben proveer entradas de aire para ventilación de los módulos columna y cámara de calor radiante               | Según el diseño de enfriamiento correspondiente                         | D.I. Catalina Ruiz<br>D.I. Silvia Duarte<br>Ing. Oscar Mantilla |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |  |  |
| 23   |          | El módulo de control de la incubadora se conforma en una misma unidad con el cooler y la resistencia calefactora   |   | D.I. Catalina Ruiz<br>D.I. Silvia Duarte<br>Ing. Diego Serrano  |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |  |  |
| 24   |          | El módulo de control de la incubadora tendrá dos conectores de alimentación y dos para los sensores de temperatura | En una cavidad interna para evitar el acceso accidental                 | Ing. Diego Serrano  |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |  |  |
| 25   | 24/07/07 | Altura y dirección de las luminarias de fototerapia  | 40 cm de altura Dirigidas a paciente                                    | D.I. Catalina Ruiz<br>D.I. Silvia Duarte                        |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |  |  |
| 26   |          | Tubos fluorescentes para fototerapia   | T8 Blue (17w)   | Ing. Jairo Flórez   |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |  |  |
| <b>Restricciones de diseño:</b> Todas aquellas restricciones relativas al diseño impuestas por estándares, normas, y otras limitantes que influyan en el desarrollo del diseño del producto. |          |  |   |   |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |  |  |
| 27   | 27/03/07 | Los materiales deben ser resistentes y no sufrir deformaciones que afecten el funcionamiento del sistema           | Bajo condiciones normales de operación                                  | D.I. Catalina Ruiz<br>D.I. Silvia Duarte                        |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |  |  |


Aprobado por: Ing. Joergen Carrillo

Fecha de la aprobación: 27-03-2007

Aprobado por: Jefe de Planeación y Calidad FCV

Fecha de aprobación: 27-03-2007

Hoja: 2/4

|  |                       |                                 |   |                 |
|--|-----------------------|---------------------------------|---|-----------------|
| <b>Organización:</b>   |                       | <b>Título:</b>                  | <b>Proceso:</b>                             |                 |
|  FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR DE COLOMBIA |                       | <b>REQUERIMIENTOS DE DISEÑO</b> | GESTIÓN DE PROYECTOS INNOVADORES            |                 |
| <b>Unidad:</b>   | <b>Area:</b>          |                                 | <b>Código:</b>                              | <b>Versión:</b> |
| Corporativa  | Oficina de Innovación |                                 | R- GESINN -05 -<br>Requerimientos de diseño | 0               |

### Administración de los requerimientos de diseño

**Título del proyecto**

**Líder del proyecto**

| No   | FECHA    | REQUERIMIENTO  | OBSERVACIÓN   | RESPONSABLE  | CALIFICACIÓN  |        |                  |            |            |           |                 | ESTADO    |  |  |  |
|--|----------|--|---|--|---------------|--------|------------------|------------|------------|-----------|-----------------|-----------|--|--|--|
|  |          |  |   |  | Nueva funcion | Mejora | Ajuste por falla | Solicitado | En proceso | Terminado | En verificación | Eliminado |  |  |  |
| <b>Restricciones de diseño:</b> Todas aquellas restricciones relativas al diseño impuestas por estándares, normas, y otras limitantes que influyen en el desarrollo del diseño del producto. |          |  |   |  |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |  |  |
| 28   | 27/03/07 | La estructura del mueble no debe interferir el correcto funcionamiento de los equipos instalados     |   |  |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |  |  |
| 29   |          | El mueble debe permitir el acceso del equipo auxiliar de rayos x al neonato                          |   | D.I. Catalina Ruiz<br>D.I. Silvia Duarte                       |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |  |  |
| 30   |          | Ver Numerales<br>5.6. Niveles de Sonido<br>5.7. Concentración CO2<br>5.8. Prevención contra el fuego | Norma Oficial Mexicana NOM-066-SSA1 Especificaciones de las incubadoras | D.I. Catalina Ruiz<br>D.I. Silvia Duarte<br>Ing. Diego Serrano |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |  |  |
| 31   |          | Human factors engineering guidelines and preferred practices for the design of medical devices       | AAMI HE48:1993  | D.I. Catalina Ruiz<br>D.I. Silvia Duarte<br>Ing. Diego Serrano |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |  |  |
| 32   |          | Particular requirements for the safety of infant radiant warmers                                     | ANSI/AAMI/IEC 60601-2-21  | D.I. Catalina Ruiz<br>D.I. Silvia Duarte<br>Ing. Jairo Flórez  |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |  |  |
| 33   |          | Graphical symbols for electrical equipment in medical practice                                       | ANSI/AAMI/IEC TIR60878:2003   | D.I. Catalina Ruiz<br>D.I. Silvia Duarte<br>Ing. Diego Serrano |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |  |  |
| 34   |          | Particular requirements for safety of baby incubators  | ANSI/AAMI-1136  | Ing. Diego Serrano   |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |  |  |
| <b>Atributos del diseño:</b> Se detallan todos los atributos de calidad del diseño como portabilidad, seguridad, usabilidad, confiabilidad, mantenibilidad, entre otros.                     |          |  |   |  |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |  |  |
| 35   | 27/03/07 | Los componentes del sistema deben ser fácilmente accesibles a la limpieza y mantenimiento.           |   | D.I. Catalina Ruiz<br>D.I. Silvia Duarte                       |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |  |  |
| 36   |          | Los controles e interruptores accesibles al operador deben fijarse con seguridad al panel            |   | D.I. Catalina Ruiz<br>D.I. Silvia Duarte                       |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |  |  |

Aprobado por:

Fecha de la aprobación:

Aprobado por: Jefe de Planeación y Calidad FCV

Fecha de aprobación: 27-03-2007

Hoja: 3/4

|  |                       |                                 |   |                 |
|--|-----------------------|---------------------------------|---|-----------------|
| <b>Organización:</b>   |                       | <b>Título:</b>                  | <b>Proceso:</b>                             |                 |
|  FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR DE COLOMBIA |                       | <b>REQUERIMIENTOS DE DISEÑO</b> | GESTIÓN DE PROYECTOS INNOVADORES            |                 |
| <b>Unidad:</b>   | <b>Area:</b>          |                                 | <b>Código:</b>                              | <b>Versión:</b> |
| Corporativa  | Oficina de Innovación |                                 | R- GESINN -05 -<br>Requerimientos de diseño | 0               |

### Administración de los requerimientos de diseño

**Título del proyecto** Módulo de Incubadora Neonatal Integrado

**Líder del proyecto** D.I. Catalina Ruiz Arias

| No | FECHA    | REQUERIMIENTO   | OBSERVACIÓN  | RESPONSABLE   | CALIFICACIÓN  |        |                  |            |            |           |                 |           |  |
|----|----------|---|--|---|---------------|--------|------------------|------------|------------|-----------|-----------------|-----------|--|
|    |          |   |  |   | Nueva funcion | Mejora | Ajuste por falla | Solicitado | En proceso | Terminado | En verificación | Eliminado |  |
| 37 | 27/03/07 | El suministro complementario de oxígeno debe permanecer firmemente asegurado a la unidad.   | Los medidores deben permanecer visibles y las válvulas reguladoras ajustables deben ser accesibles.  | D.I. Catalina Ruiz<br>D.I. Silvia Duarte  |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |
| 38 |          | El módulo de control de la incubadora debe ser desmontable  |  | D.I. Catalina Ruiz<br>D.I. Silvia Duarte  |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |
| 39 |          | Debe contar con un breaker diferencial de seguridad.  | Activo cuando detecta un sobrevoltaje, corto-circuito o una descarga de energía hacia una persona que toque un cable o superficie energizada | Ing. Jairo Flórez   |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |
| 40 |          | En el equipo se emplearan los colores institucionales blanco, gris y azul institucional   |  | D.I. Catalina Ruiz<br>D.I. Silvia Duarte  |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |
| 41 |          | Ver Numerales<br>5.9.Requerimientos mecánicos y de construcción<br>5.10. Estabilidad y Transporte<br>5.11. Suministro complementario de Oxígeno<br>5.12. Seguridad de interruptores y controles | Norma Oficial Mexicana NOM-066-SSA1 Especificaciones de las incubadoras  | D.I. Catalina Ruiz<br>D.I. Silvia Duarte<br>Ing. Diego Serrano<br>Ing. Jairo Flórez |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |
| 42 | 24/07/07 | Seguridad respecto a la luminaria de fototerapia  | Aislar luminarias para proteger al paciente  |   |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |
| 43 |          | Lámpara de fototerapia ligera y liviana   | El peso y el tamaño deben permitir portabilidad  |   |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |
| 44 |          | Facilidad en el montaje y desmontaje  | El montaje de la lámpara debe ser realizado por una persona.   |   |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |
| 45 |          | Compacto  | La lámpara debe representar unidad   |   |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |
| 46 |          | Fácil acceso para mantenimiento   |  |   |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |
| 47 |          | Rack accesible  | Permitir manipular las bombas  |   |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |
| 48 |          | Unidad para el mantenimiento  | Las bombas deben funcionar como conjunto para el mantenimiento del rack.   |   |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |
| 49 |          | Visibilidad   | Del panel de las bombas  |   |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |
| 50 |          | Sujeción al rack  | Las bombas deben estar sujetas de forma segura.  |   |               |        |                  |            |            |           |                 |           |  |

Aprobado por: Ing. Joergen Carrillo

Fecha de la aprobación: 27-03-2007

Aprobado por: Jefe de Planeación y Calidad FCV

Fecha de aprobación: 27-03-2007

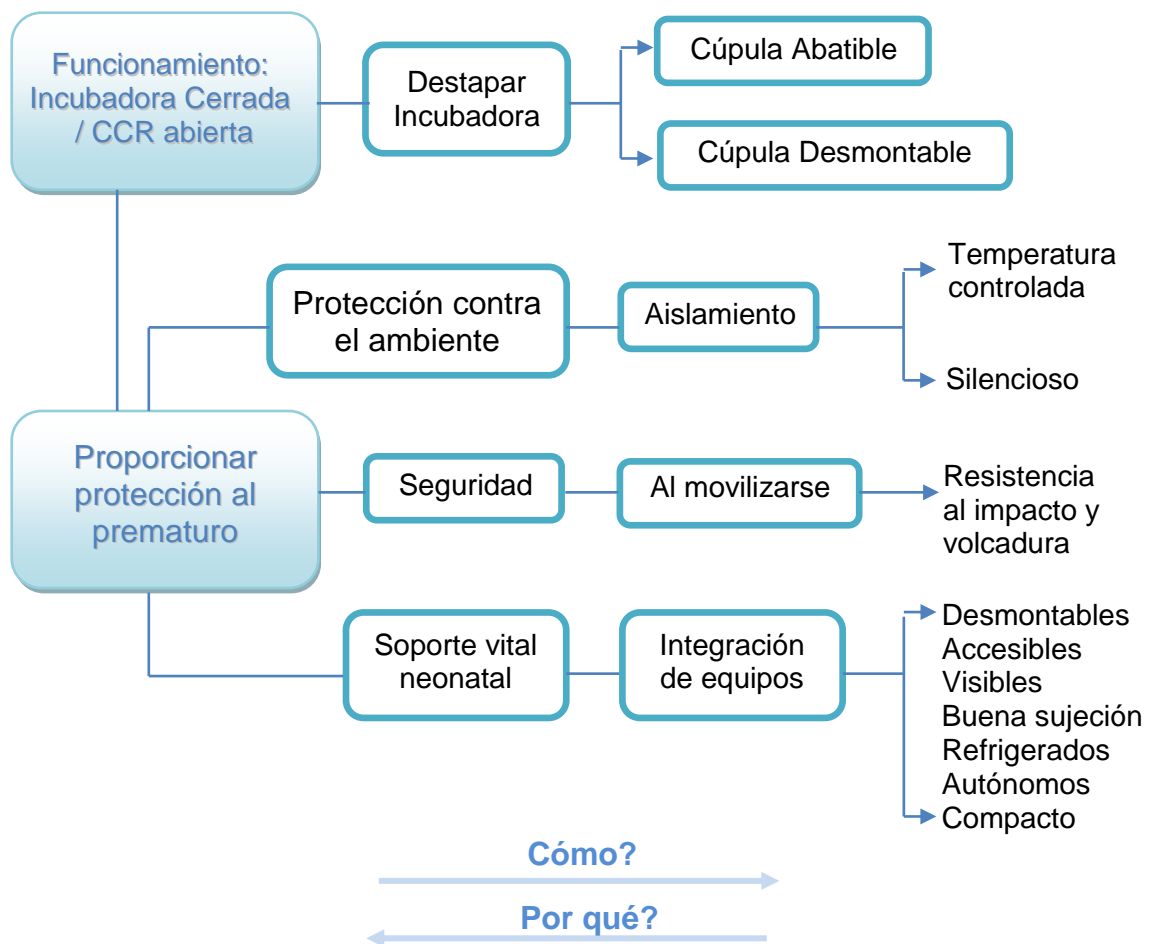
Hoja: 4/4

## 4.2. Planeación

En esta etapa el líder del proyecto, con la asesoría de la oficina de planeación, realiza todas las actividades relacionadas con la gestión de proyectos, generando un plan de proyecto con responsables durante todo el desarrollo del proyecto.

Mediante el Método del árbol de objetivos se aclaró al grupo de trabajo el planteamiento del proyecto y los medios para alcanzar los objetivos.

**Gráfico 49.** Jerarquización de los requerimientos

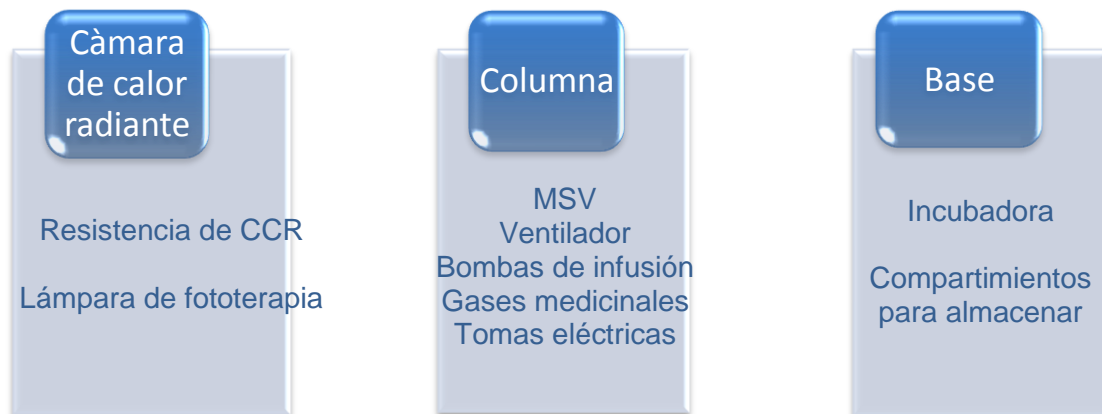


## CAPITULO V: DISEÑO DE CONCEPTO

El proceso busca, mediante una lluvia de ideas donde participa todo el grupo de trabajo, determinar la morfología del equipo, que contenga los atributos de diseño establecidos en la etapa anterior, por lo cual se comienza por la revisión de los requerimientos.

Atendiendo a los requerimientos funcionales, la conformación estructural del equipo está zonificada en tres áreas o módulos funcionales, donde se agrupan los equipos de tratamiento neonatal según su semejanza funcional:

**Gráfico 50.** Áreas funcionales y sus componentes

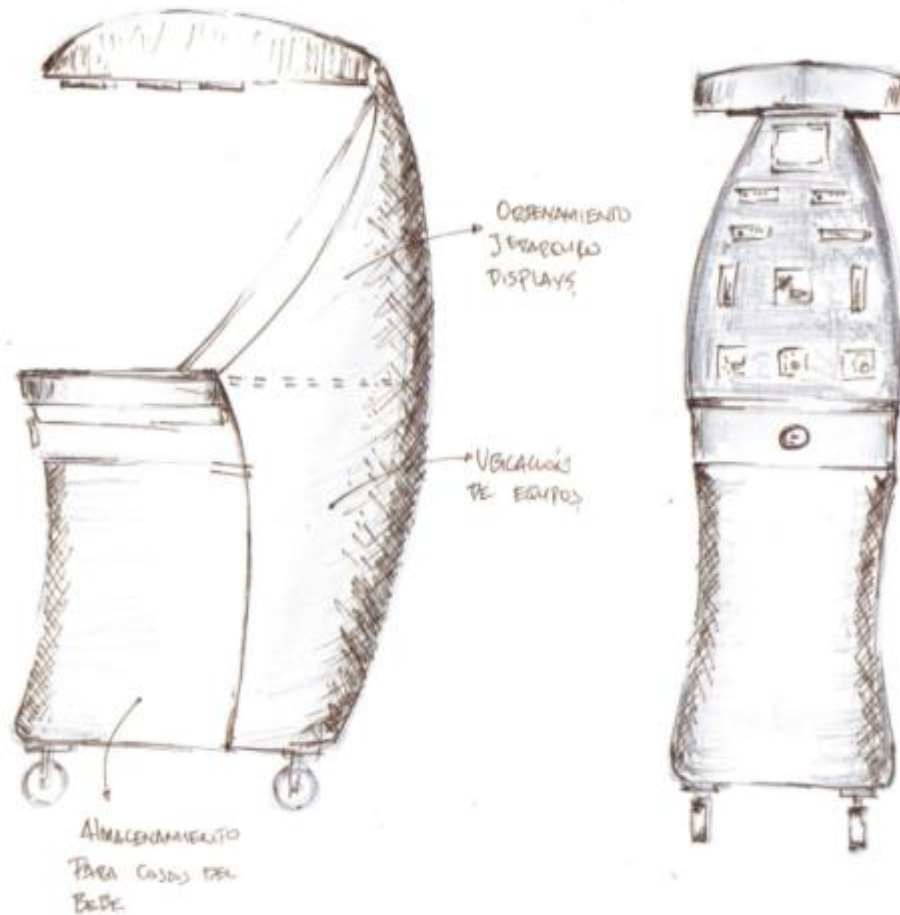


## 2. BOCETACIÓN

El equipo de diseño industrial se encarga de convertir las ideas en bocetos, sobre los cuales el grupo genera juicios bajo criterios técnicos y de diseño en la satisfacción de los requerimientos de acuerdo a la implementación de las

posibilidades de fabricación. El resultado es la evolución de la primera alternativa propuesta.

**Gráfico 51.** Boceto 1 para el diseño de concepto



La alternativa propone una configuración formal de líneas suaves. Aunque es más esbelto en la vista frontal que en la vista lateral, se percibe como un equipo médico estable, resistente al impacto y la volcadura. Sin embargo, no es coherente con la forma más geométrica y definida de la incubadora. Así mismo, su construcción requeriría exigentes procesos, más tiempo y recursos económicos,

en comparación a otras posibles soluciones de menor grado de complejidad constructiva.

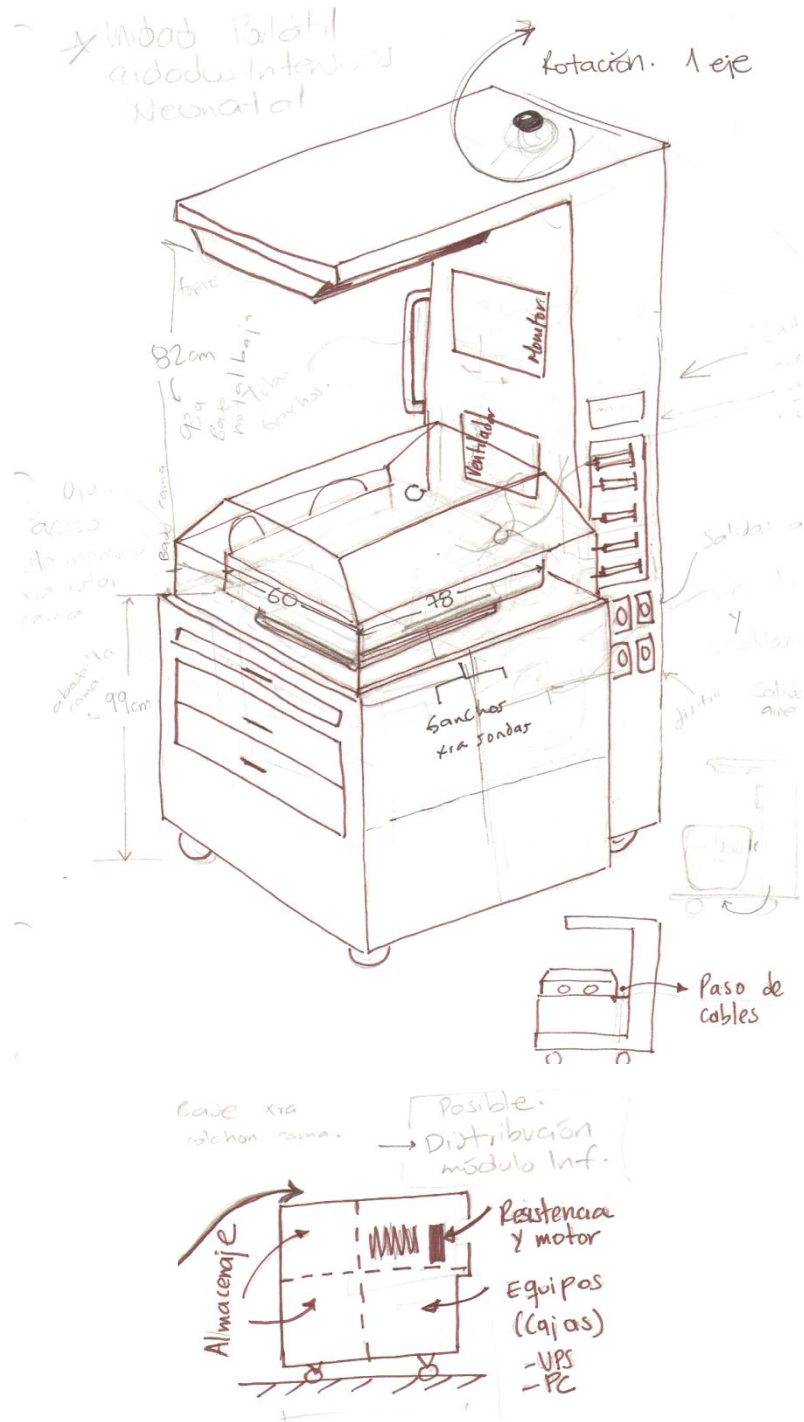
Se propone un panel para la ubicación de los todos los displays de control, y entradas/salidas a paciente correspondientes a cada equipo a integrar, de los cuales, los componentes electrónicos se ubican ocultos en la parte inferior, donde también se disponen los conectores eléctricos y el espacio para el almacenamiento de insumos para el bebé.

Ante esta posibilidad, los ingenieros responden que se incumple el atributo de “autonomía” de cada equipo integrado, ya que, sería necesario dismantelar los equipos, lo que implicaría exponerlos a posibles daños además de perder el periodo de garantía de los mismos.

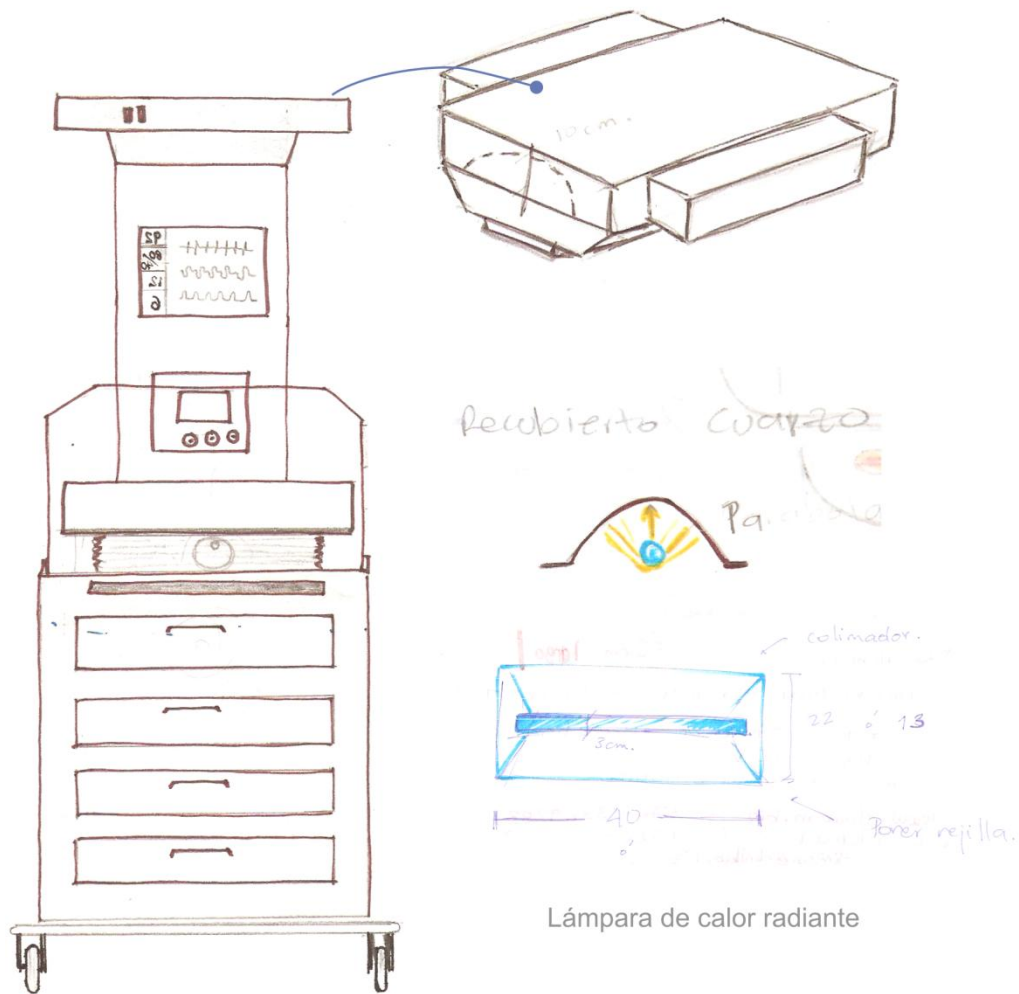
A continuación, se plantea geometrizar la estructura, para disminuir las variables de tiempo, procesos y costos de construcción al emplear perfiles prefabricados. En el panel frontal se ubica la pantalla MSV, para permitir su visibilidad desde cualquier costado desde donde se acceda al bebé. Debajo de ésta se encuentra el ventilador, que forma el circuito respiratorio con el humidificador a un costado inferior de la columna. Igualmente, se reservan los laterales superiores para las bombas de infusión, y del otro lado a los gases medicinales, lo que permite la visualización y monitoreo de éstos.

Ya que los accesos de portillos laterales de la incubadora deben permanecer totalmente libres, las accesos frontales (iris y pasacánulas) se orientan hacia la estructura donde se encuentran los equipos empotrados direccionando la entrada de sondas de invasión hacia el paciente. **Gráfico 53.**

**Gráfico 52.** Boceto 2 para el diseño de concepto

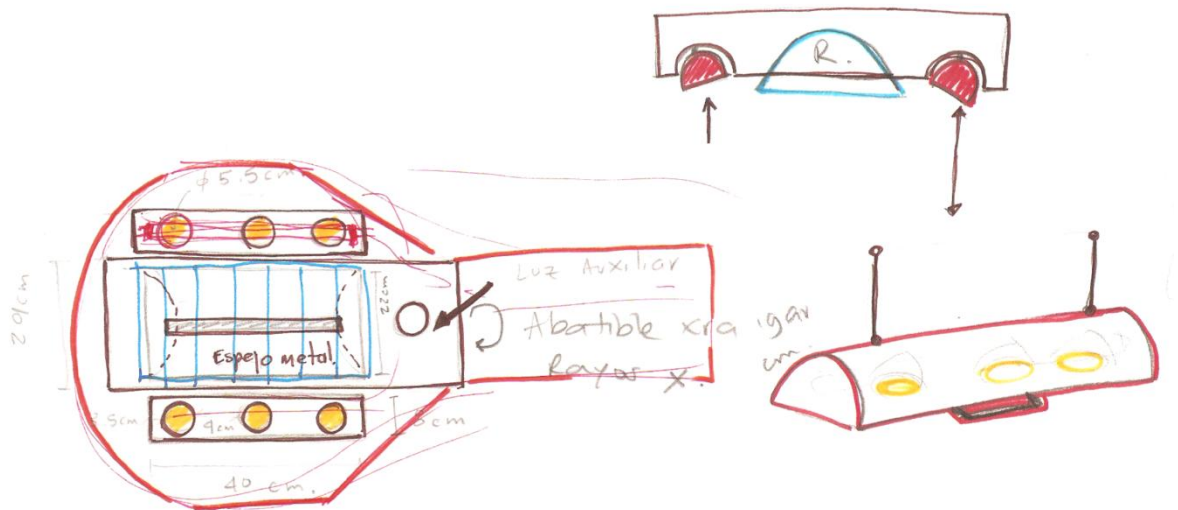


**Gráfico 53.** Vista frontal y CCR



Se evolucionó formal y funcionalmente el módulo CCR, buscando que sugiera al usuario la posibilidad de su rotación para evitar obstruir en el momento de ser necesario utilizar el equipo para toma de rayos X. Así mismo, en primera instancia se sugirió la posibilidad de acercar las luces de fototerapia al prematuro, permitiendo descolgarlas del módulo durante su uso.

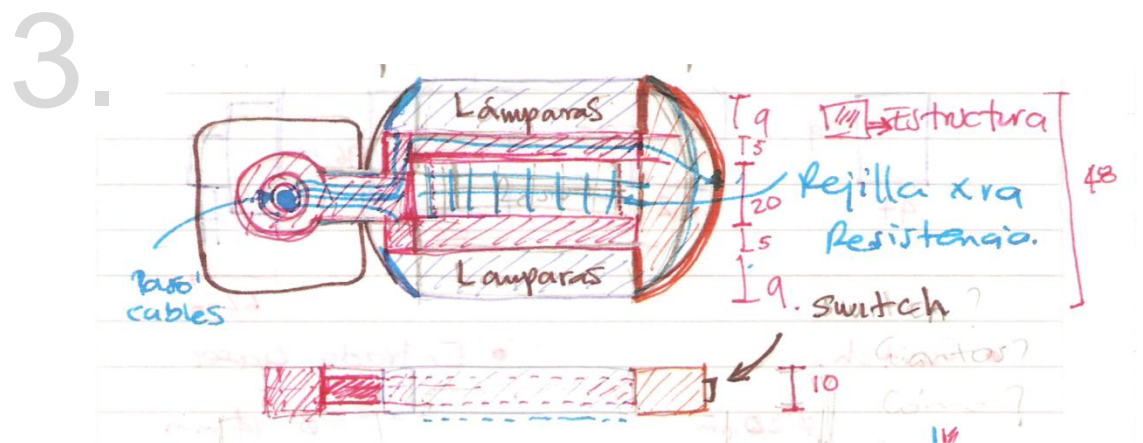
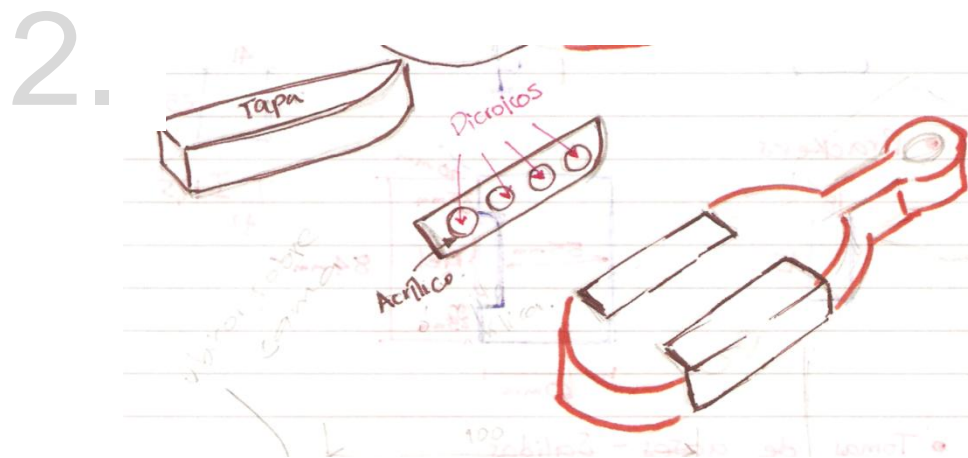
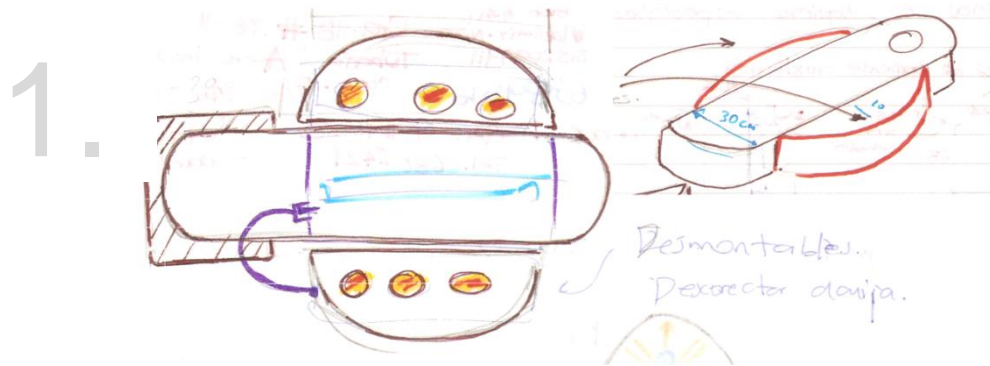
**Gráfico 54.** CCR con luces descolgables



Esta idea fue rechazada teniendo en cuenta que su uso afectaría progresivamente la estabilidad del módulo, así mismo podría obstruir las manipulaciones de los equipos y el neonato.

Así, se definen cuerpos laterales individuales, desmontables para mantenimiento, que contienen las luces. Se realiza entonces la exploración formal para definir la interrelación entre éstas y la lámpara de CCR. **Gráfico 56.**

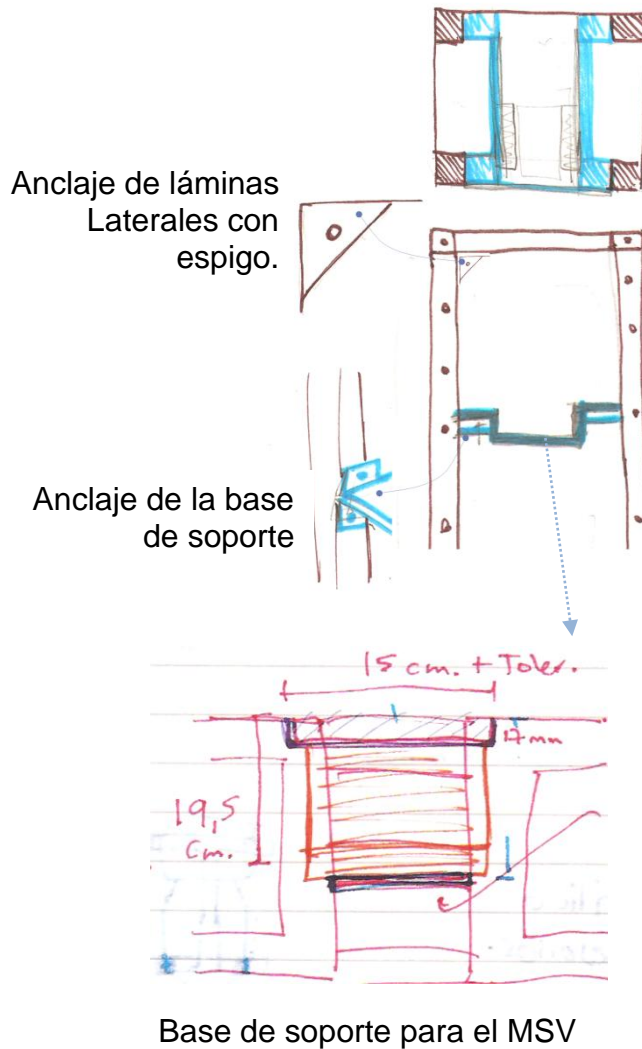
**Gráfico 55.** Exploración formal de interrelación en el módulo CCR



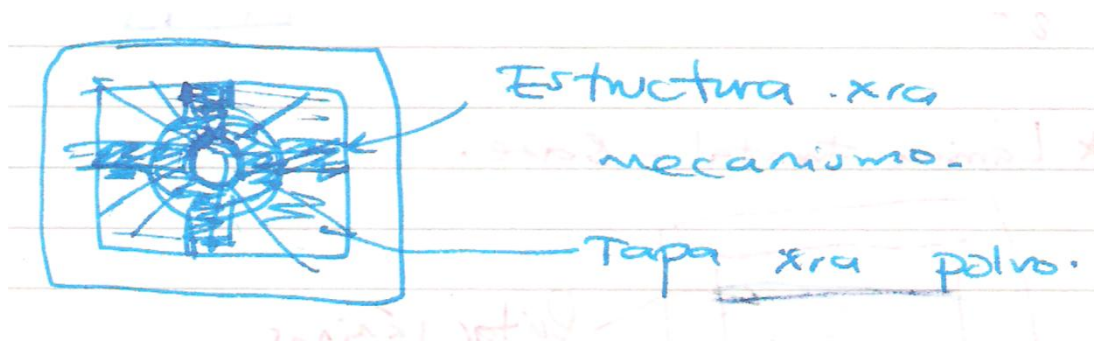
El módulo columna se conforma estructuralmente de cuatro perfiles cuadrados a los que se sujetarán láminas laterales por medio de espigos. Para la sujeción del monitor de signos vitales y el ventilador se propone una base anclada a la estructura. Es visible únicamente el control de cada equipo. **Gráfico 57.**

En la parte superior de la estructura se ubica el mecanismo para sujetar y permitir el giro del módulo CCR. **Gráfico 58.**

**Gráfico 56.** Módulo columna y anclaje de las partes

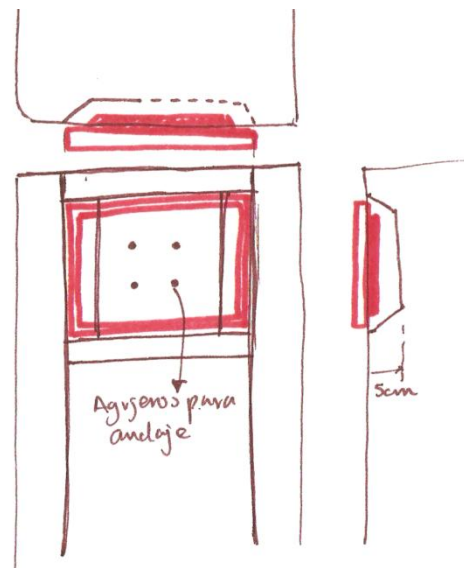


**Gráfico 57.** Vista superior módulo columna



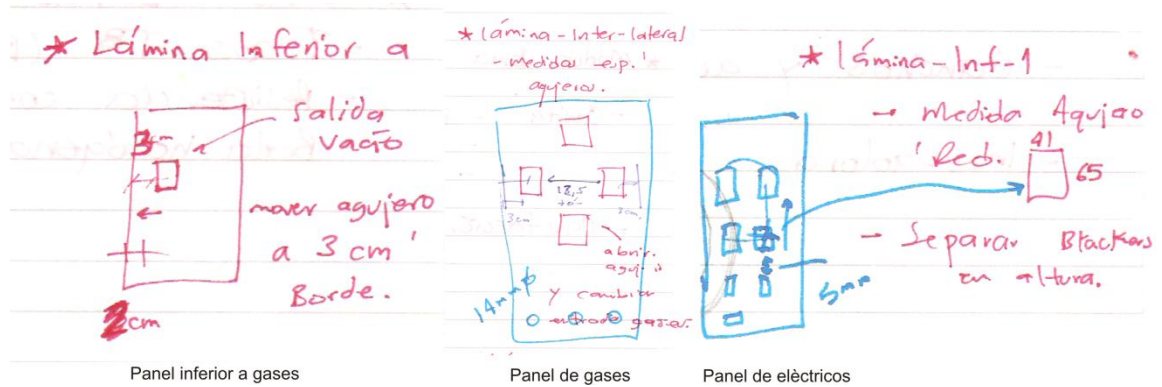
El soporte de la pantalla consiste en una lámina doblada hacia el interior, donde se ancla, buscando ocultar la base trasera de la misma. **Gráfico 59.**

**Gráfico 58.** Soporte de la pantalla



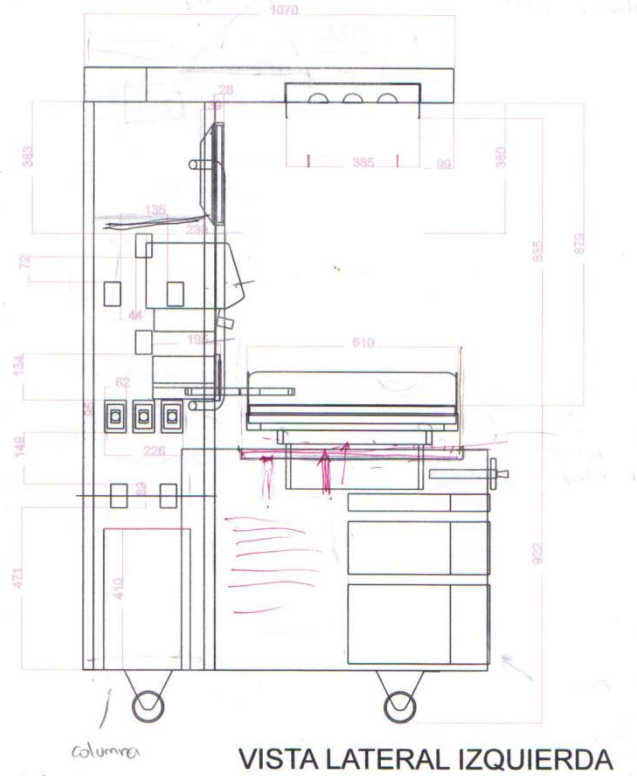
Se definen dos tapas removibles para cada lateral (superior e inferior), para facilitar el ensamble del equipo, **Gráfico 60.**

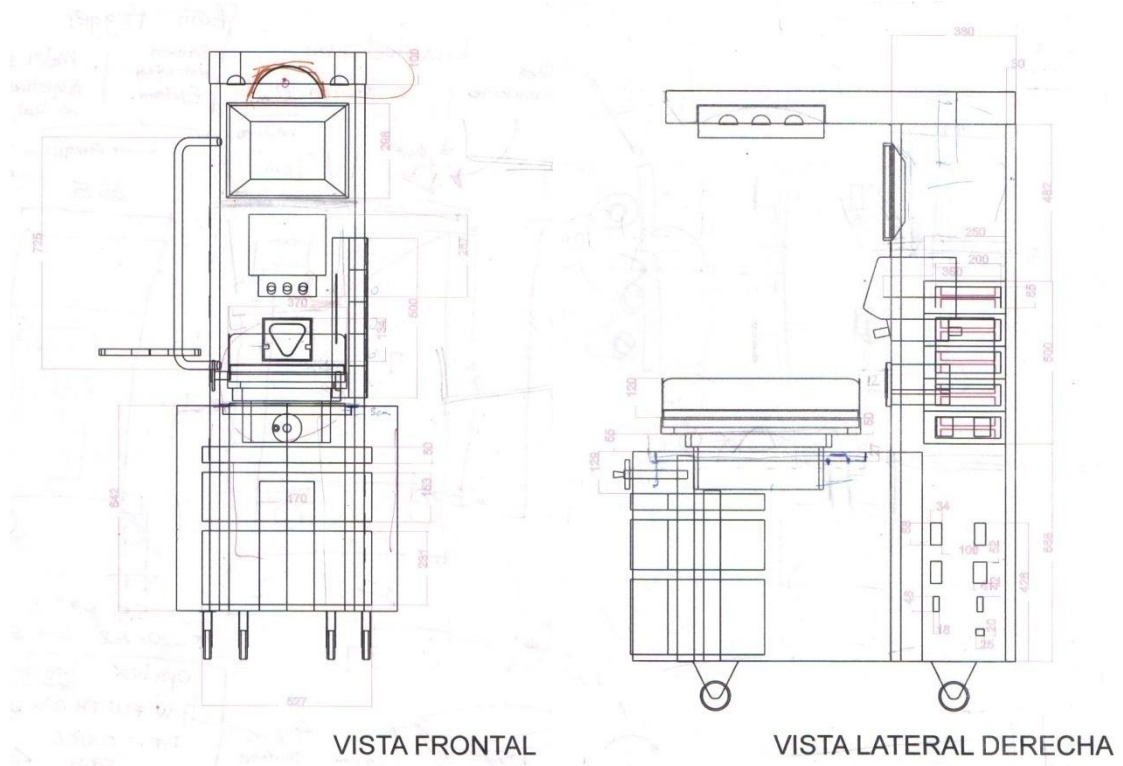
**Gráfico 59.** Laterales removibles



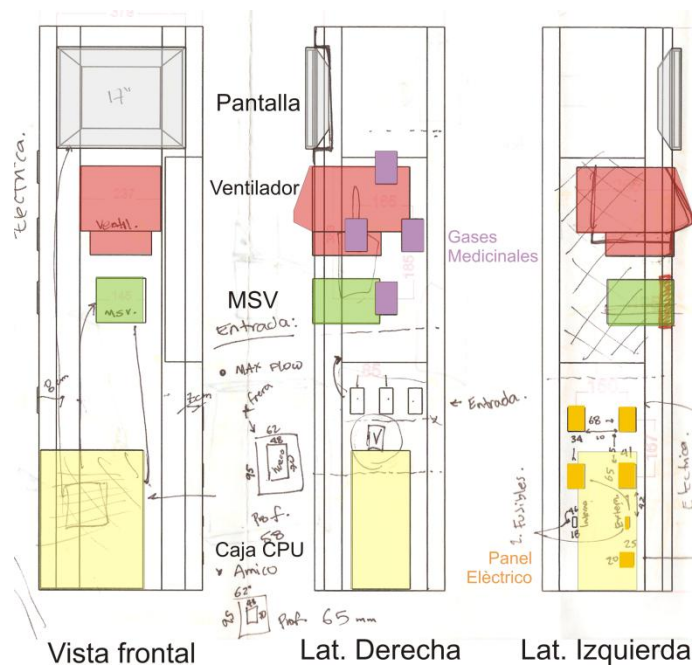
El proceso continúa con la digitalización 2D de las decisiones tomadas hasta ahora, con el fin de iniciar el dimensionamiento del mueble.

**Gráfico 60.** Digitalización 2D de las decisiones





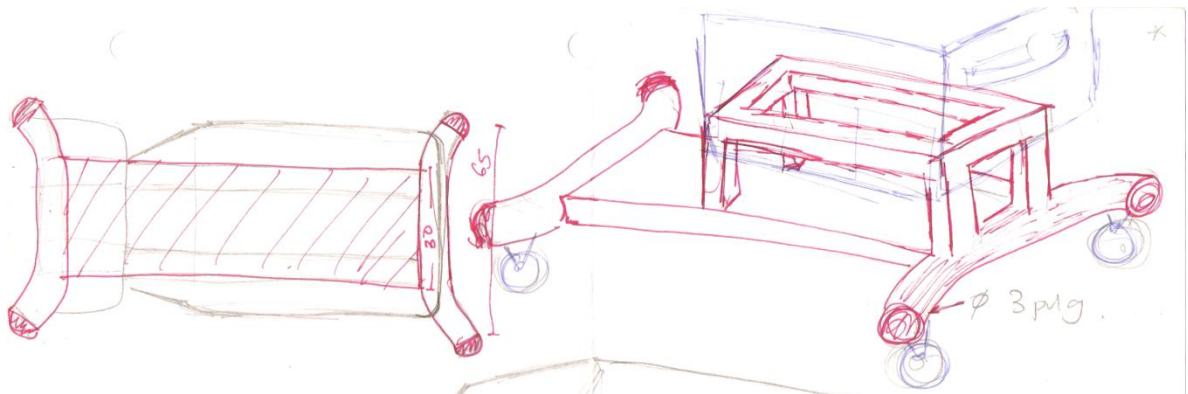
**Gráfico 61.** Ubicación de equipos en el módulo columna



Como se estableció en el árbol de objetivos, el funcionamiento excluyente del equipo depende del estado de la incubadora (tapada/destapada); La incubadora mamii Choongwae permite abatir las paredes del habitáculo, sin embargo esta opción no aplica, ya que obstaculizaría la acción del calor radiante para el bebé.

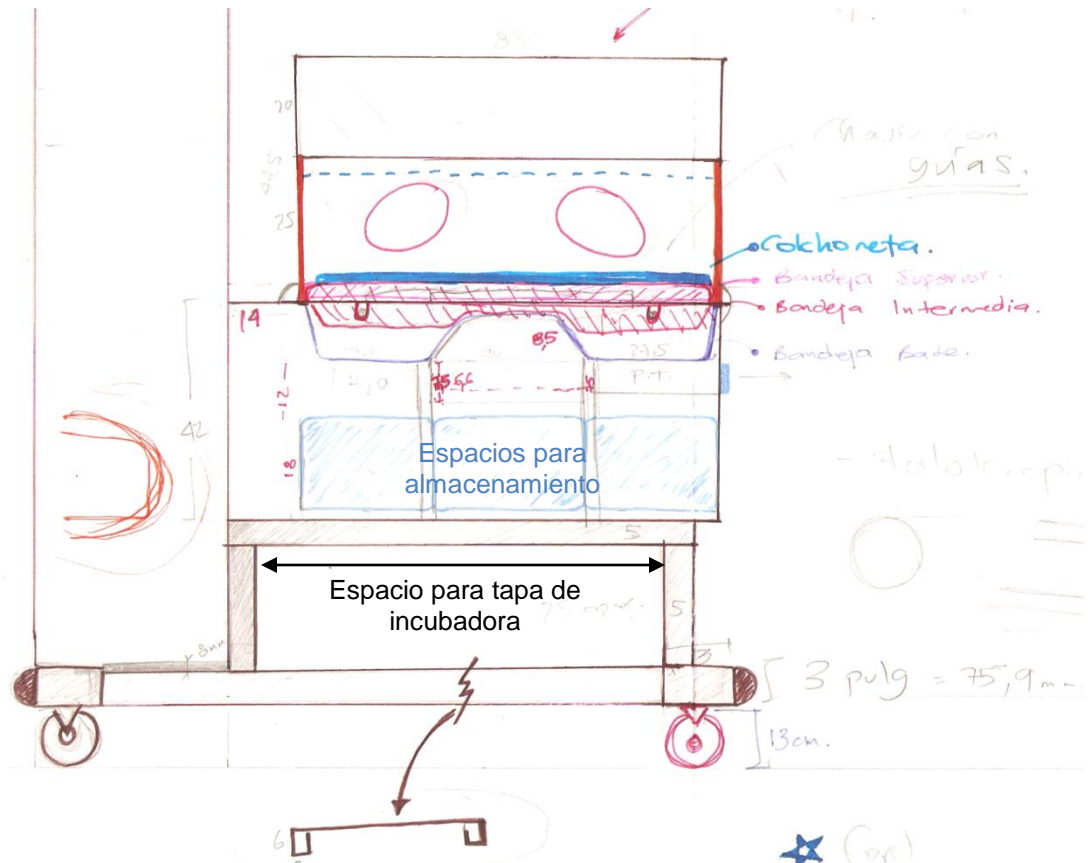
Ya que los tiempos de funcionamiento tanto en el modo CCR como de incubadora cerrada, son prolongados, no se considera justificable que la tapa esté sujeta a la cúpula de la incubadora. Por lo tanto se propone que sea el usuario el encargado de desmontarla y ubicarla en un espacio en la base del equipo, para lo cual se replanteó como en el gráfico 62. Así, la cúpula de la incubadora consta de cuatro laterales con una tapa desmontable.

**Gráfico 62.** Redefinición del módulo base



El gráfico 63 muestra la vista lateral del módulo base, la ubicación de los espacios de almacenamiento; El grupo de trabajo comienza a revisar la adaptación al mueble de los elementos de la incubadora como lo plantea el modelo mamii Choongwae a seguir.

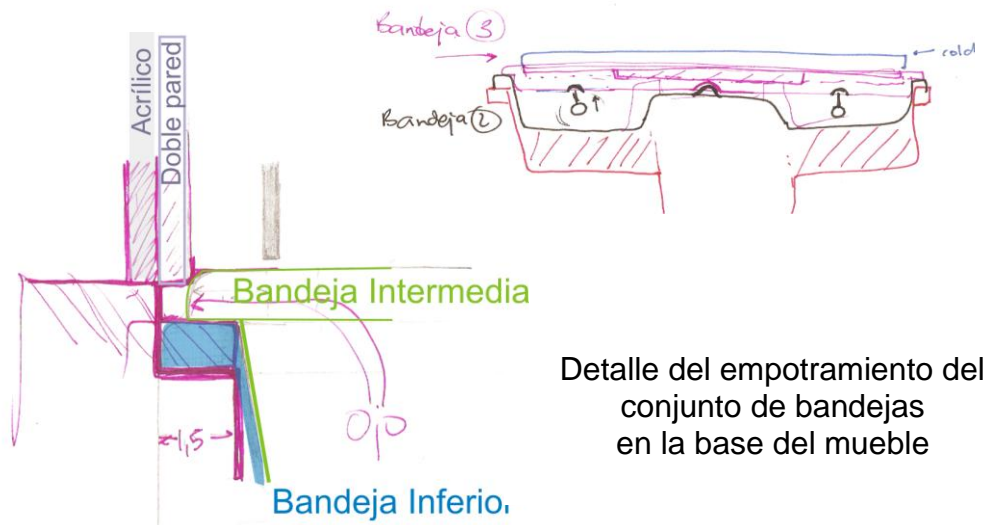
**Gráfico 63. Módulo base**



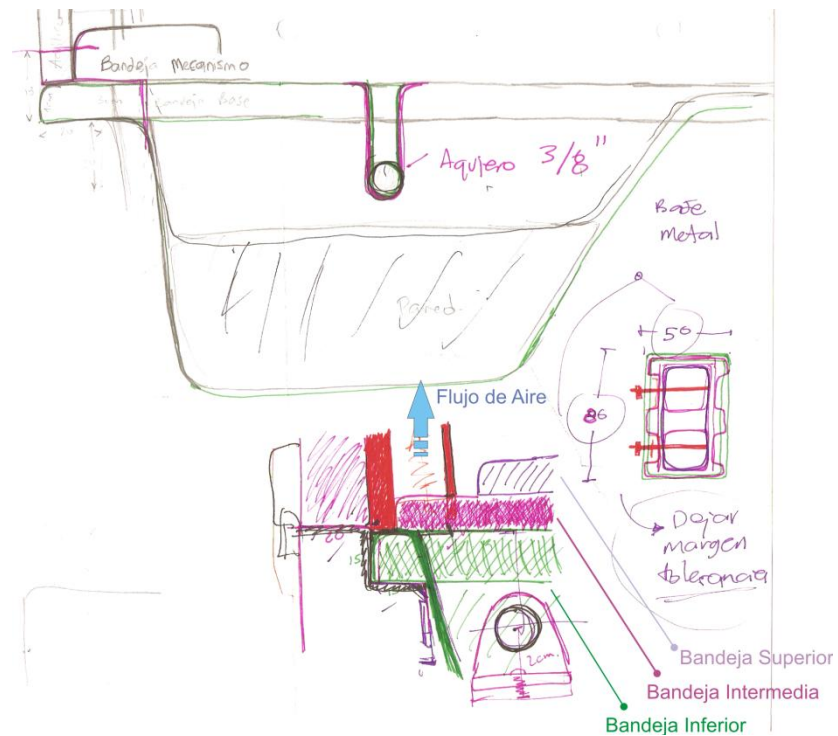
El diseño interior de la incubadora consta de un sistema de bandejas superpuestas dispuestas para canalizar el aire hacia el habitáculo, soportar el mecanismo de altura variable, la bandeja portachasis para toma de rayos X y el colchón del bebé, permitiendo el flujo de aire en constante realimentación para que se mantenga la temperatura dentro del rango fijado.



**Gráfico 65.** Visualización del conjunto de bandejas en la base

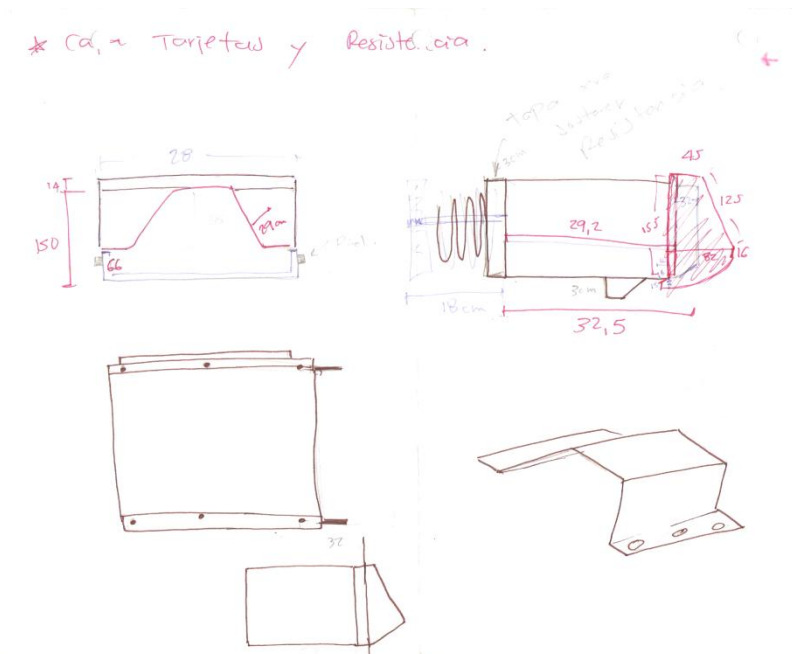


Detalle del empotramiento del conjunto de bandejas en la base del mueble



La incubadora cuenta con un ventilador interno que garantiza la administración de aire respirable renovado, el cual pasa a continuación por una resistencia calefactora.

**Gráfico 66.** Boceto caja electrónica



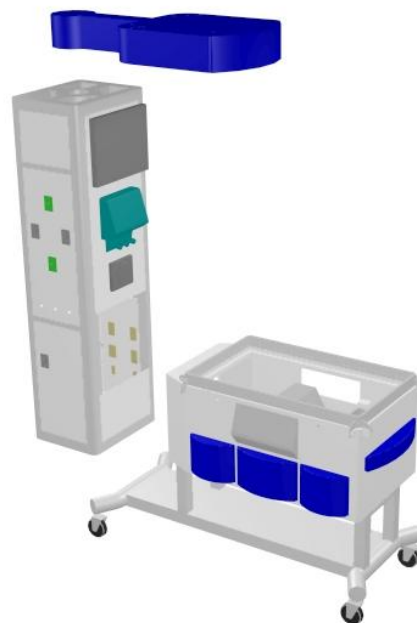
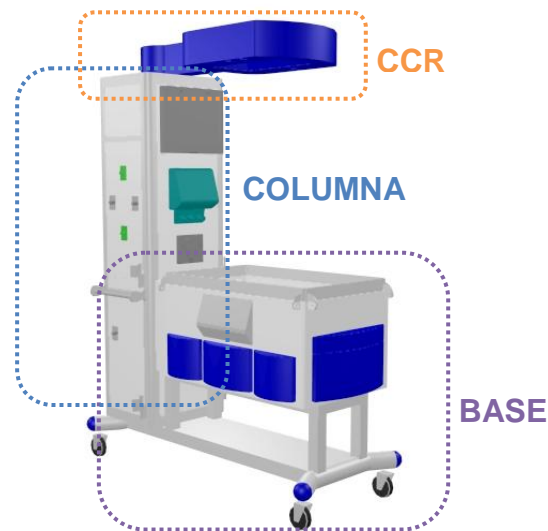
### 5.1. Modelado Rápido

Una vez determinada la alternativa, con dimensiones aproximadas establecidas, el diseñador hace un modelado rápido el cual permite en tiempos muy cortos, partir de la representación de las ideas en 2D a una representación real del proyecto en 3D, utilizando herramientas digitales como el software Solid Edge y Autocad.

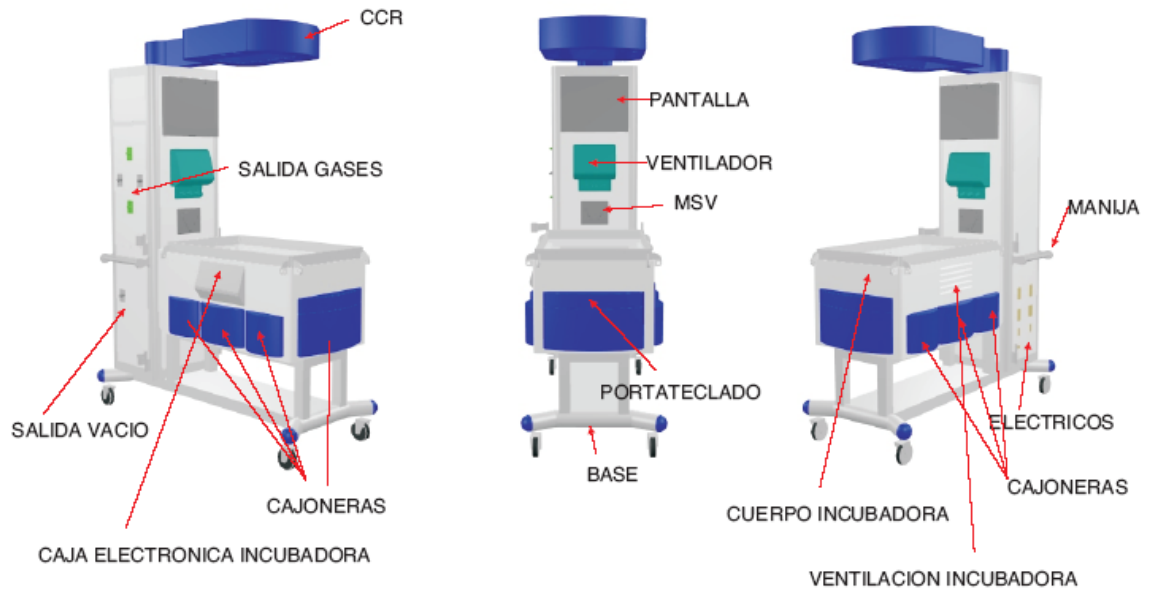
El equipo de trabajo aprueba la propuesta estructural del mueble, ya que responde con exactitud a las decisiones tomadas bajo criterios técnicos y de diseño durante

la bocetación para su rendimiento para la operación y construcción; Durante el proceso se propuso una manija a cada lado de la columna para facilitar su movilidad. Además, de un sistema porta – atril.

**Gráfico 67.** Modelado rápido del equipo por módulos



**Gráfico 68.** Disposición de los elementos en el equipo



GIRO DE 90 GRADOS HACIA UN LATERAL



## CAPÍTULO VI. DISEÑO DE DETALLE

En esta etapa se hace un modelado en detalle de cada una de las piezas del diseño para determinar las especificaciones técnicas sobre las que construir el modelo.

El diseño final debe ser aprobado por todo el equipo de trabajo. Con esta aprobación, el equipo de diseño comienza el levantamiento de planos técnicos necesarios para la construcción del modelo funcional, haciendo una revisión por pares para verificar que todas las especificaciones de los planos técnicos<sup>7</sup> estén correctas y sean legibles:

- Plano General: representación de las diversas proyecciones del producto.
- Planos de despiece el conjunto, indicando todos sus componentes, ya sean subconjuntos o piezas.
- Plano Explosionado: aparecen todos los componentes del producto, en 3D, indicando el ensamble entre piezas.
- Planos de pieza: En este plano se representa individualmente cada una de las piezas que componen el producto.
- Plantillas: Planos a escala 1:1 para la construcción de piezas.

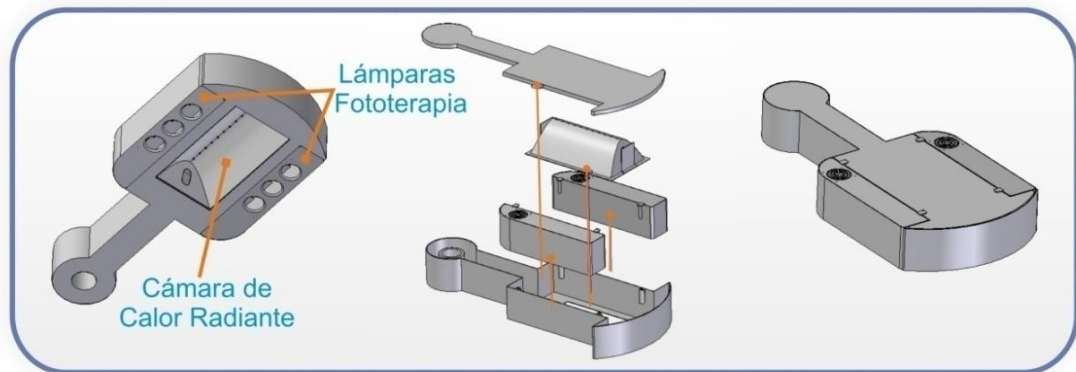
---

<sup>7</sup> **NOTA.** Los planos técnicos concernientes al diseño del detalle son propiedad exclusiva de la Fundación Cardiovascular de Colombia. Su uso es privilegiado y confidencial. No está aprobada su divulgación pública. : A consideración del documento de confidencialidad firmado en la FCV no es posible adjuntar dichos planos técnicos. Cualquier revisión, diseminación o uso del mismo, así como, cualquier acción que se dé, están acogidas a la protección prevista por las disposiciones del protocolo II de la convención universal de derechos de autor.

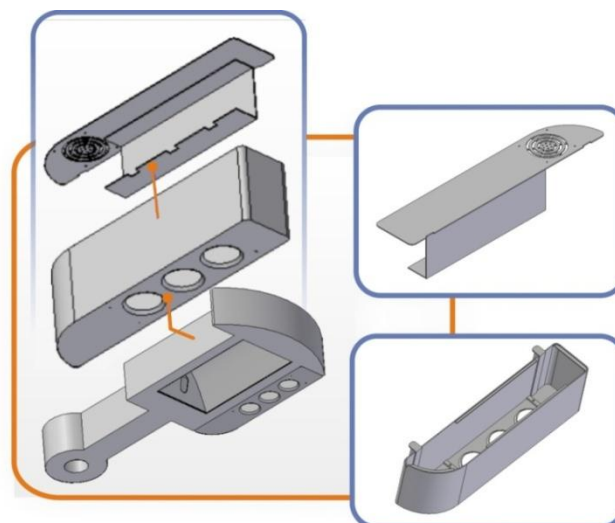
A partir de este momento, la labor del diseñador consiste en iniciar contactos con posibles proveedores, de acuerdo a los materiales y procesos de fabricación sugeridos para cada pieza. El departamento de compras define los proveedores entre las opciones propuestas.

## 6.2. Módulo Cámara de Calor Radiante CCR

**Gráfico 69.** Componentes CCR

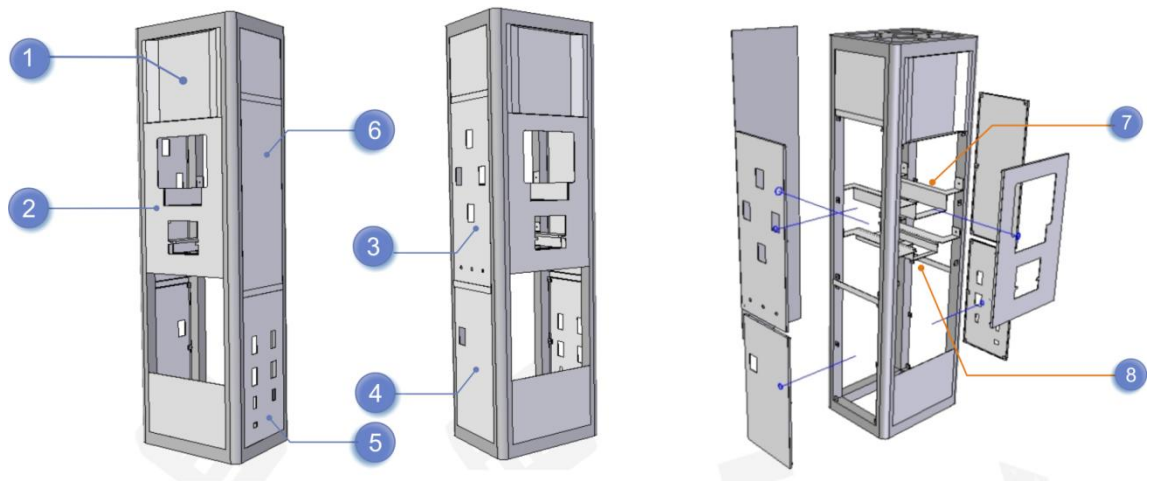


**Gráfico 70.** Componentes lámparas de fototerapia



## 6.2. Módulo Columna

**Gráfico 71.** Componentes módulo columna

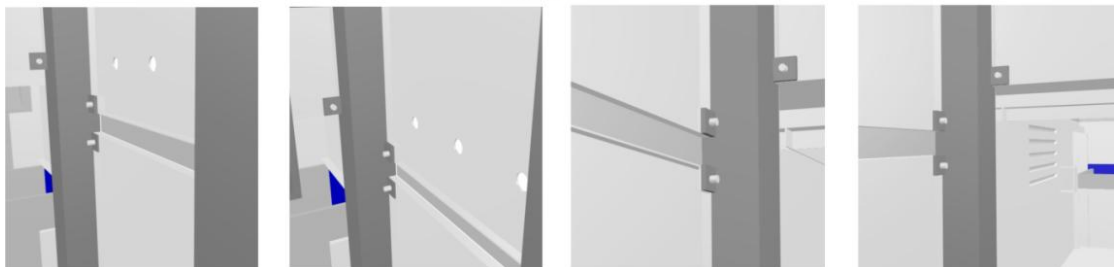


1. Soporte pantalla
2. Panel para ventilador y MSV
3. Panel de Gases
4. Panel de conexión de vacío para vacutrom

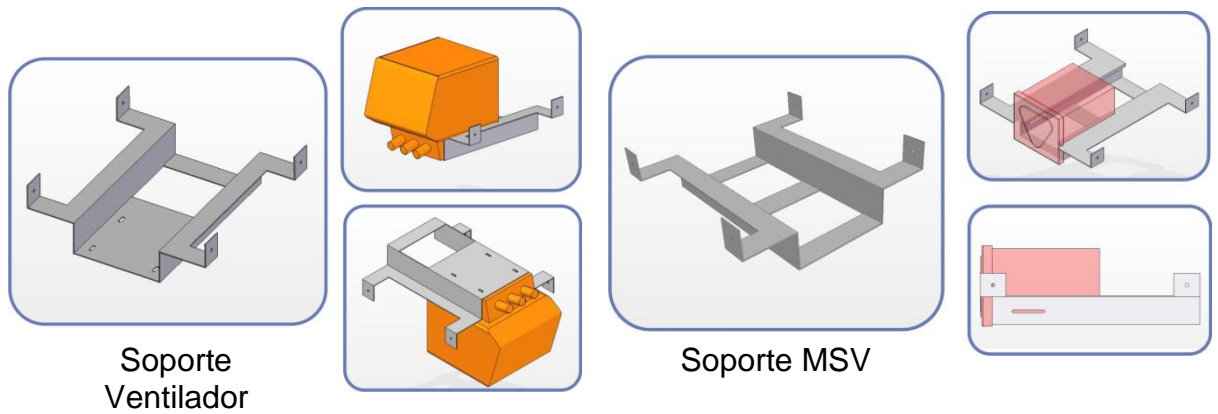
5. Panel de Eléctricos
6. Panel para rack de bombas
7. Soporte Ventilador
8. Soporte MSV

**Gráfico 72.** Ensamble de paneles

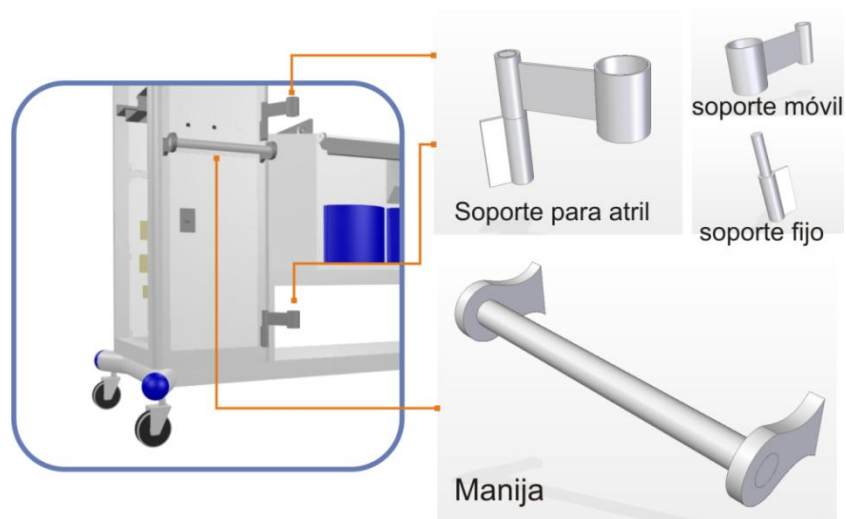
Sujeción de láminas removibles con espigos internos que se insertan a la estructura



**Gráfico 73.** Soportes Ventilador y MSV



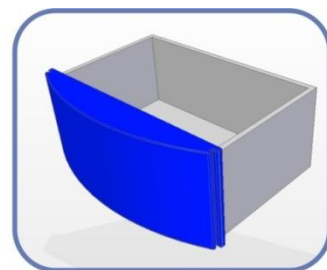
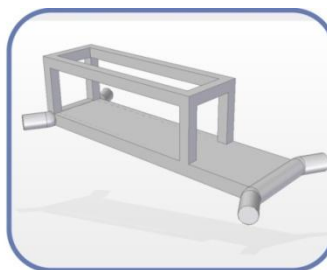
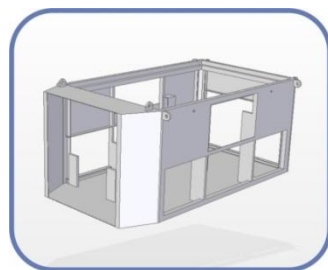
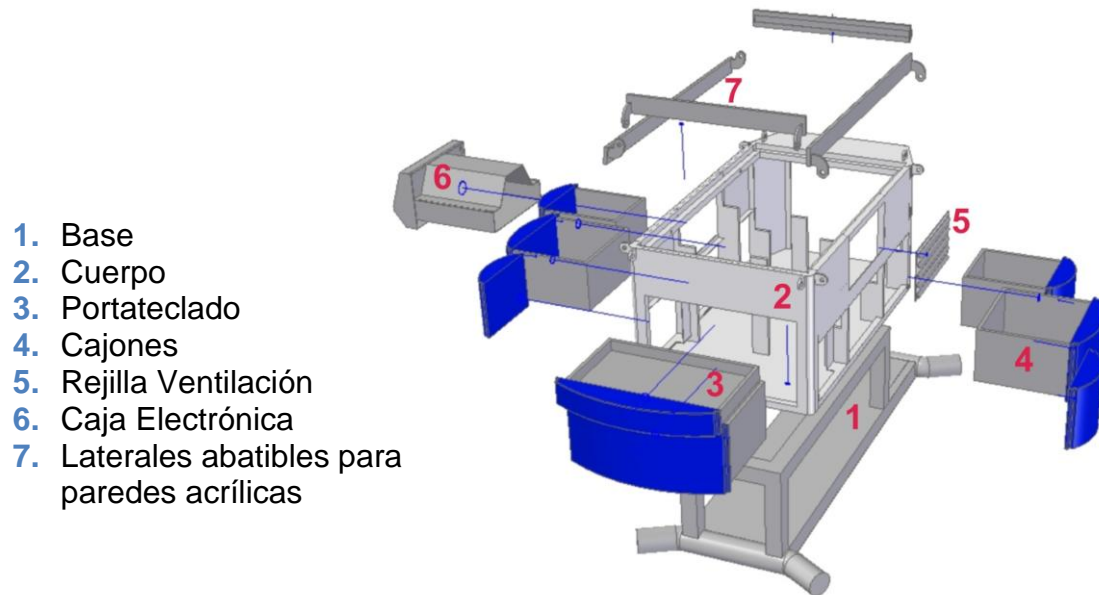
**Gráfico 74.** Manija y atril módulo columna



El soporte funciona como una bisagra que permite al atril pivotar hacia adelante o atrás.

### 6.3. Módulo base

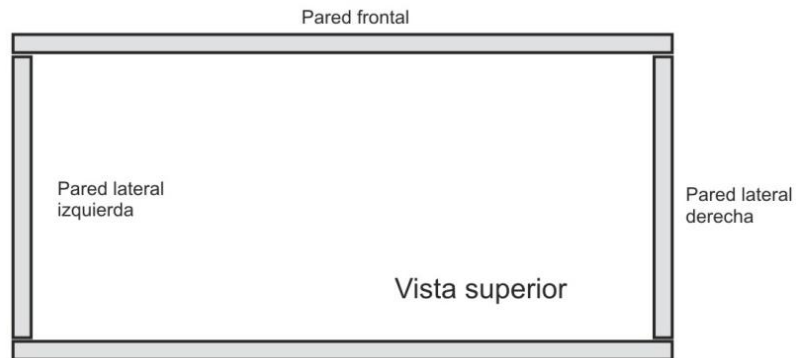
**Gráfico 75.** Componentes módulo base



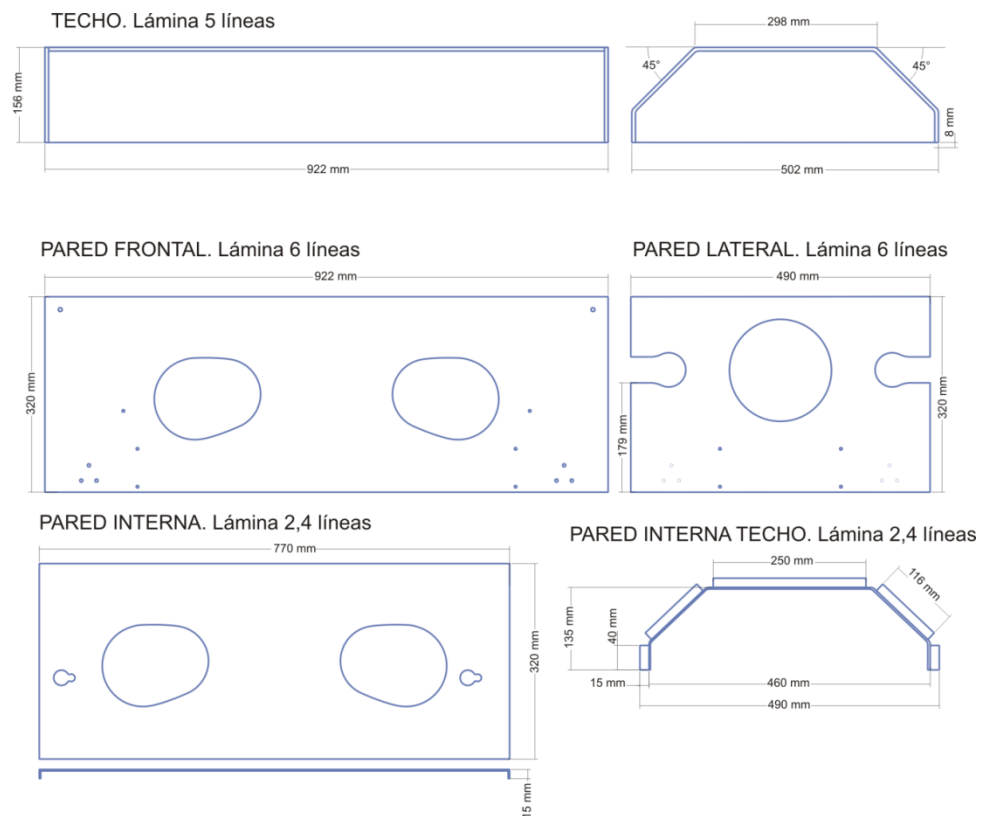
### 6.3.1. Incubadora

#### Habitáculo

**Gráfico 76.** Disposición de las paredes acrílicas



**Gráfico 77.** Dimensiones de las paredes acrílicas



Conjunto de bandejas

Gráfico 78. Descripción bandejas de la incubadora

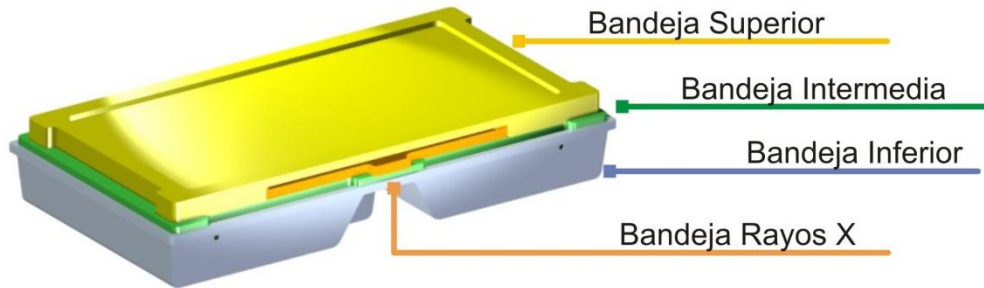
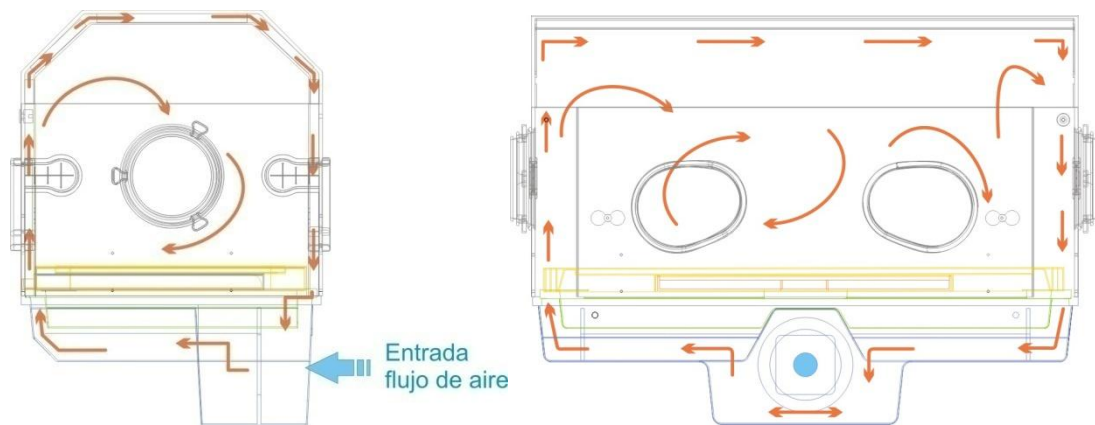
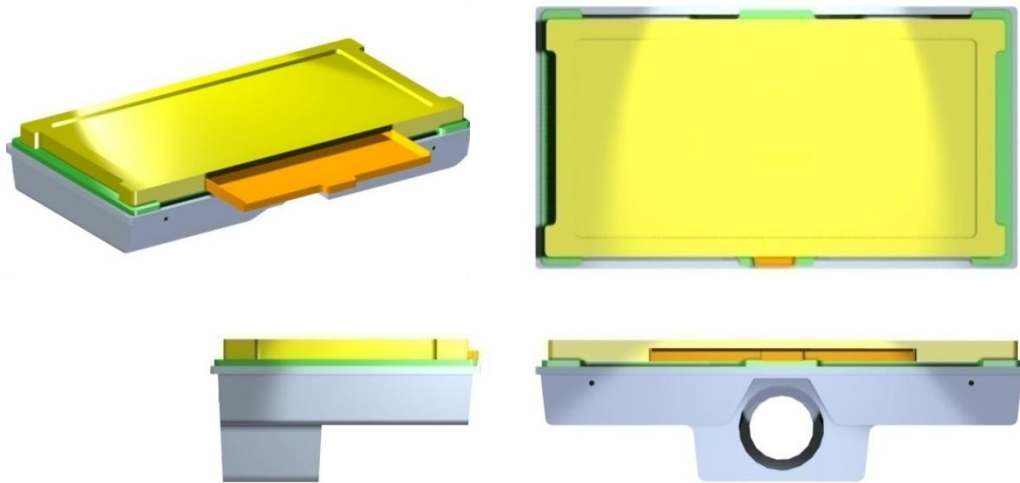


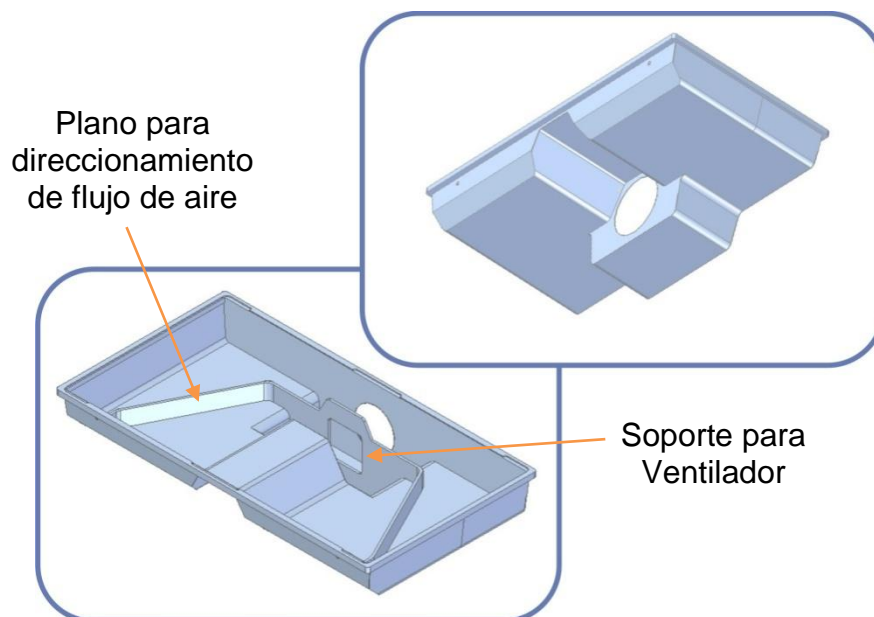
Gráfico 79. Circulación del flujo de aire a través de las bandejas en la incubadora



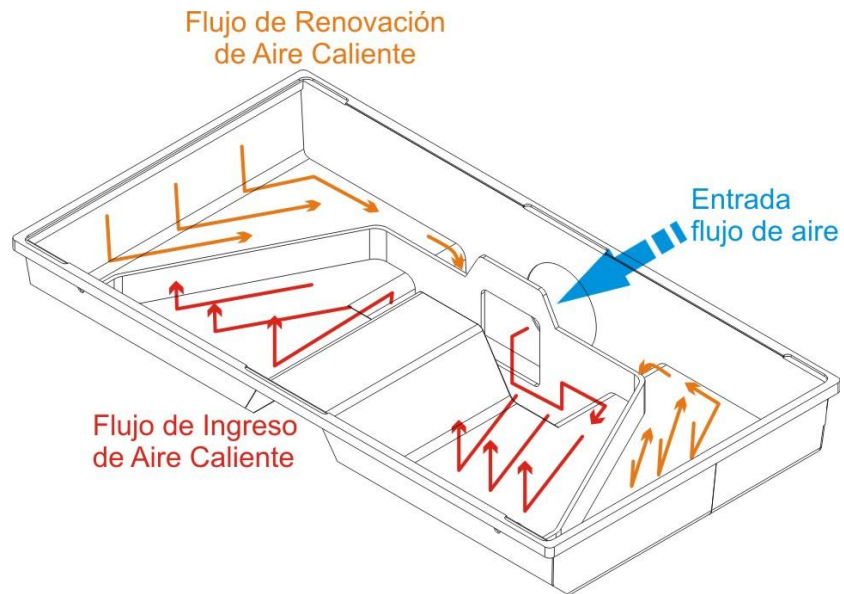
**Gráfico 80.** Vistas principales del conjunto de bandejas



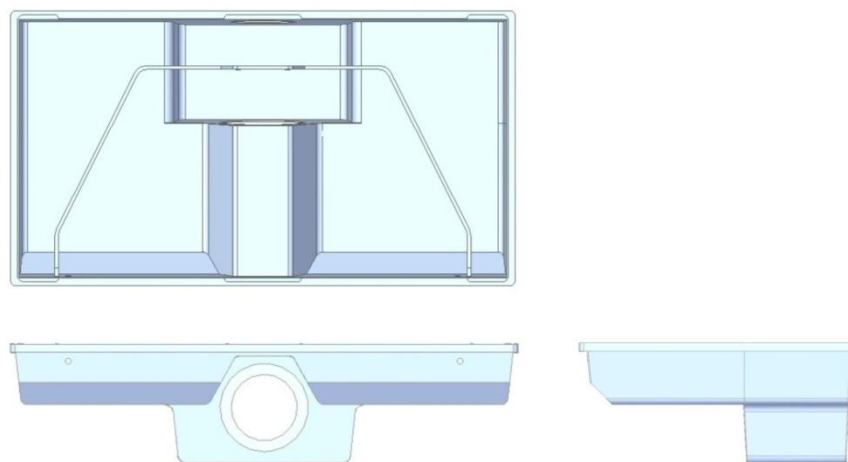
**Gráfico 81.** Bandeja Inferior



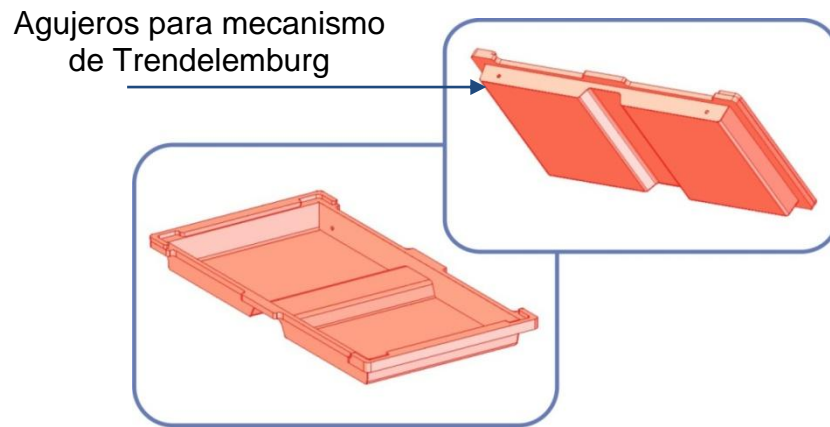
**Gráfico 82.** Direccionamiento de flujo de aire en la bandeja inferior



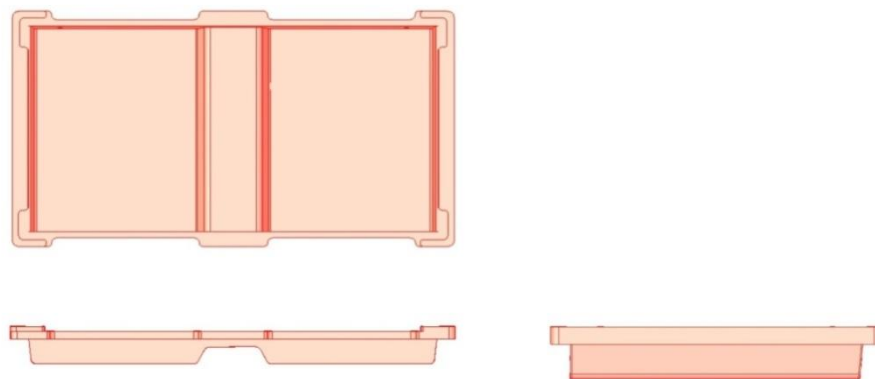
**Gráfico 83.** Vistas principales bandeja inferior



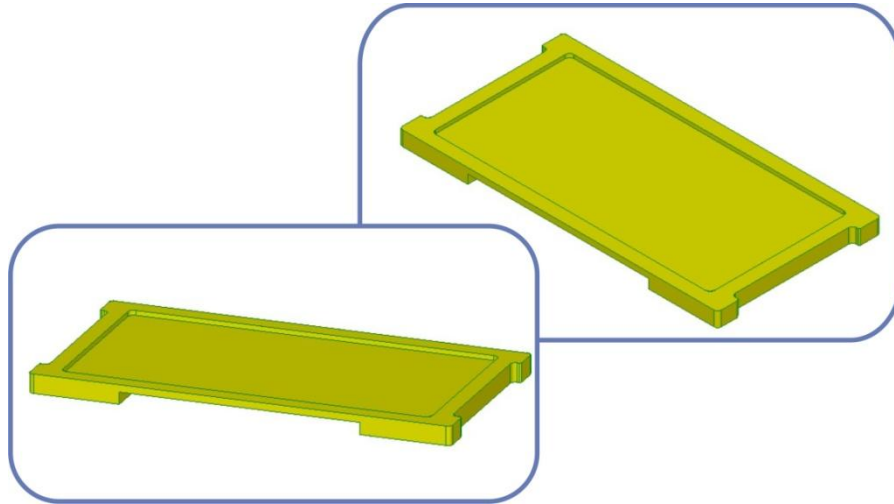
**Gráfico 84.** Bandeja Intermedia



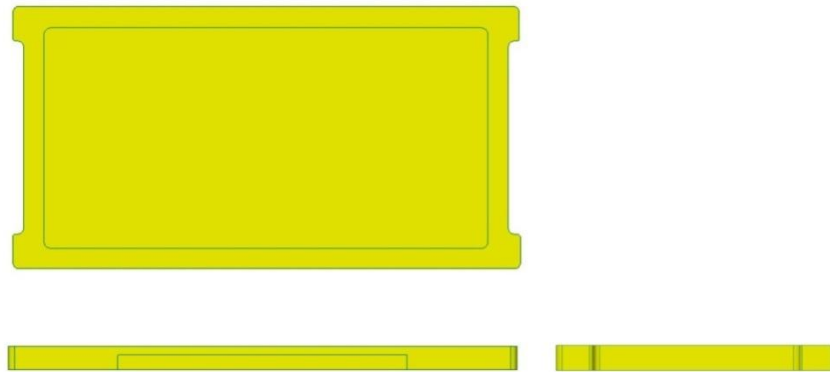
**Gráfico 85.** Vistas principales bandeja intermedia



**Gráfico 86.** Bandeja superior



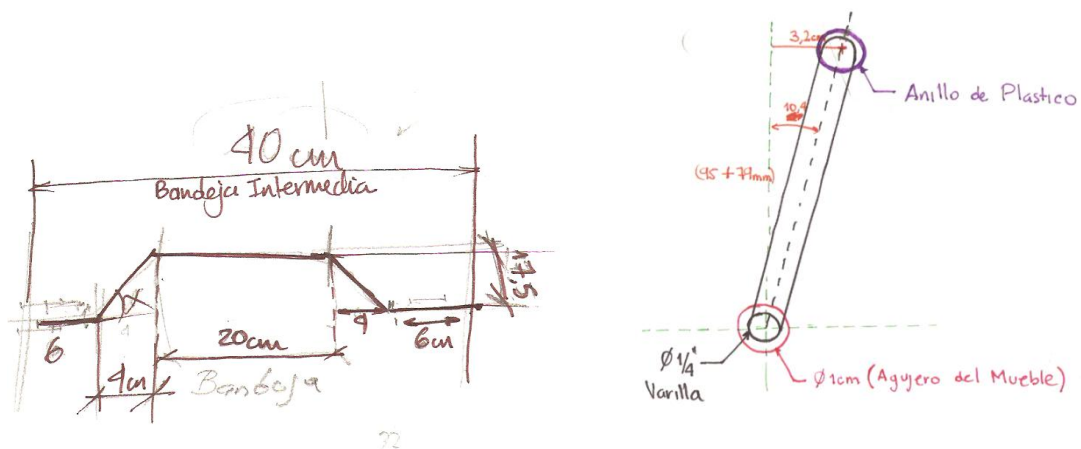
**Gráfico 87.** Vistas principales bandeja superior



## Mecanismo de Trendeleburg

De acuerdo a la forma de ensamble de las bandejas se definen las dimensiones de la palanca del mecanismo de acuerdo al ángulo requerido de 6 a 10° grados.

**Gráfico 88.** Dimensionamiento del mecanismo de trendeleburg

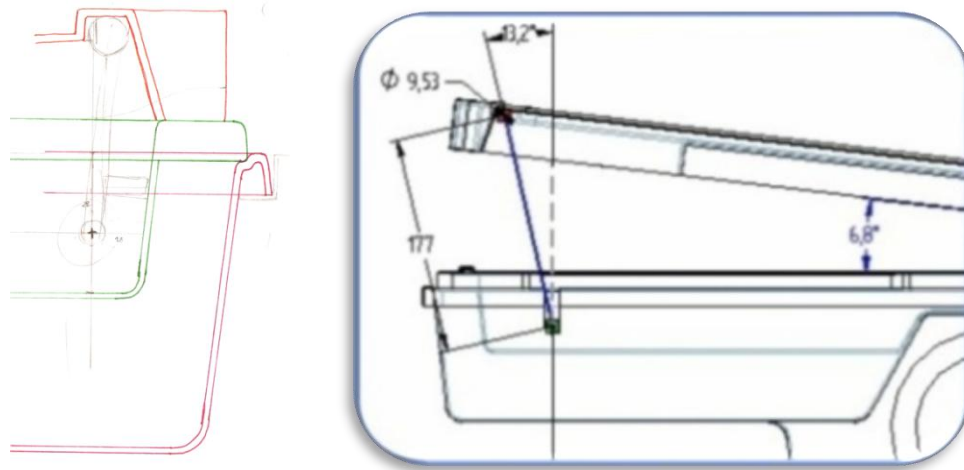


→ Altura de la barra:

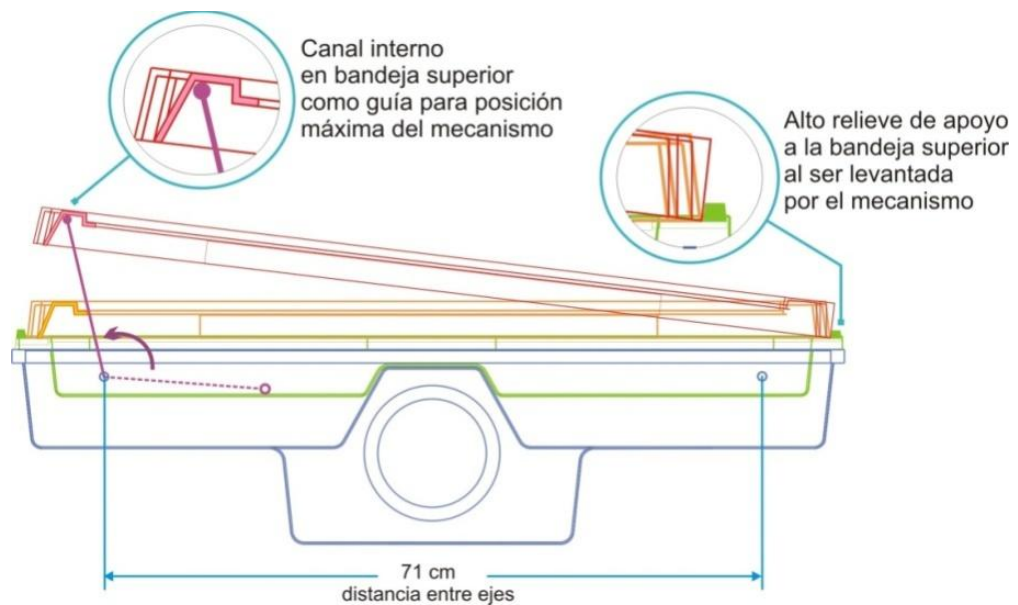
Desde el centro de giro hasta la tangente del anillo de Plastico = 17.5 cm

El equipo de diseño, con ayuda de los programas de modelado comprueba las dimensiones y el ángulo de barrido sobre los bosquejos 2D del ensamble de las bandejas. **Gráfico 89.** Durante esta observación se hicieron algunos ajustes a las bandejas superior e intermedia. **Gráfico 90**

**Gráfico 89.** Relación del mecanismo en el conjunto de bandejas



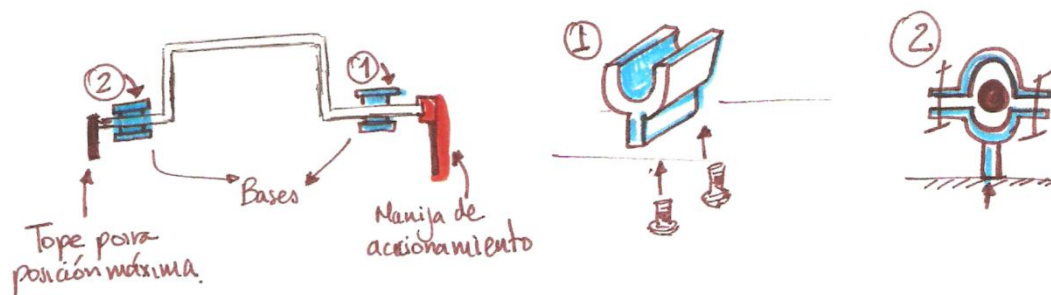
**Gráfico 90.** Ajustes en bandejas de acuerdo al funcionamiento del mecanismo



Se reinicia el proceso de bocetado para explorar las alternativas de sujeción del mecanismo a la bandeja intermedia. El mecanismo se compondrá de una palanca o cruzeta, una manija de accionamiento, y unas bases que lo sujeten a la bandeja intermedia.

El **Gráfico 91** muestra la primera idea, que contempla dos bases en “Y”, una sencilla de apoyo, y otra doble para aprisionar la cruzeta. Es necesario que el mecanismo se detenga por sí solo al llegar a la posición máxima. Para esto, se considera un tope al final de la cruzeta, que detendría el mecanismo, al chocar con la base de la bandeja.

**Gráfico 91.** Primer planteamiento funcional del mecanismo

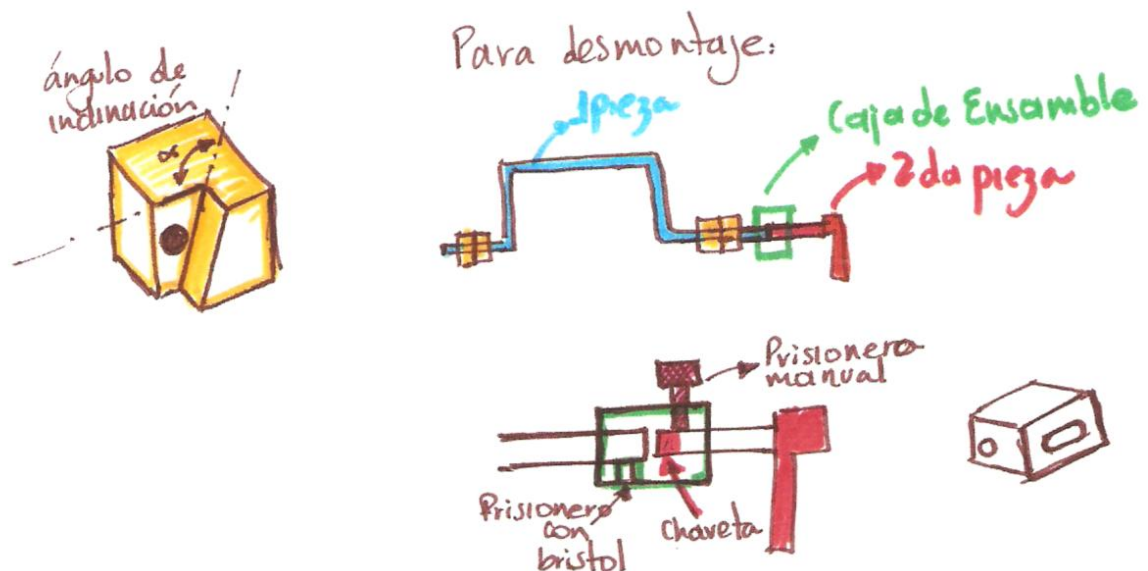


La forma de las bases es compleja respecto a su tamaño. Se plantea un cuerpo sencillo que, además de permitir el giro de la cruzeta, la detiene en su posición máxima con una sencilla sustracción en su volumen. **Gráfico 92.**

El mecanismo debe ser fácilmente desmontable, ya que, al estar sujeto a la bandeja, y ser conectada a la manija exterior, pasa a través de la estructura del mueble, lo que lo convierte en un seguro que hace imposible desmontar la bandeja intermedia e inferior para limpieza, teniendo en cuenta que es una labor

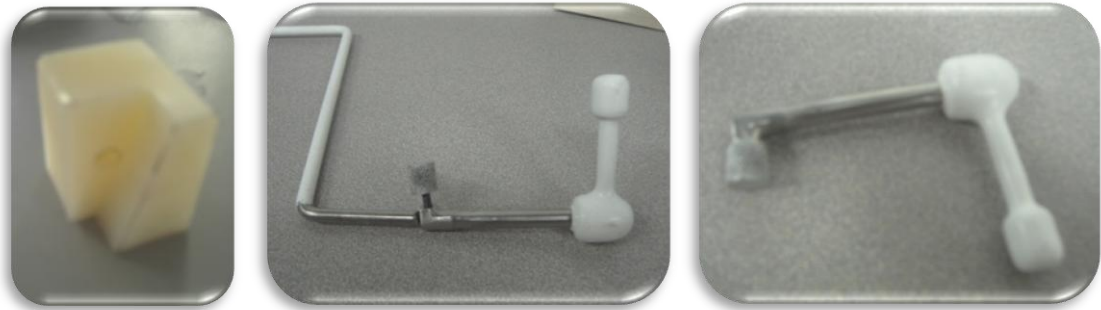
que se realiza cada vez que llega un paciente nuevo a la incubadora. Así, se propone un cuerpo conector o caja de ensamble de la cruceta y la manija, que permite que ésta última se desprenda manualmente. La caja se asegura a la cruceta con un prisionero brístol, mientras la manija se aprisiona con un tornillo, que será desajustado para sacar la manija.

**Gráfico 92** Segunda alternativa de base y ensamble de mecanismo



Se construyó un modelo en acero cold roll y la base mecanizada en duralón, únicamente para visualizar el funcionamiento de la propuesta con un sencillo montaje, a criterio del equipo de diseño. A la vez, en la muestra se probó un recubrimiento en PVC que busca aumentar el nivel de asepsia del mecanismo al interior de la incubadora. **Gráfico 93.**

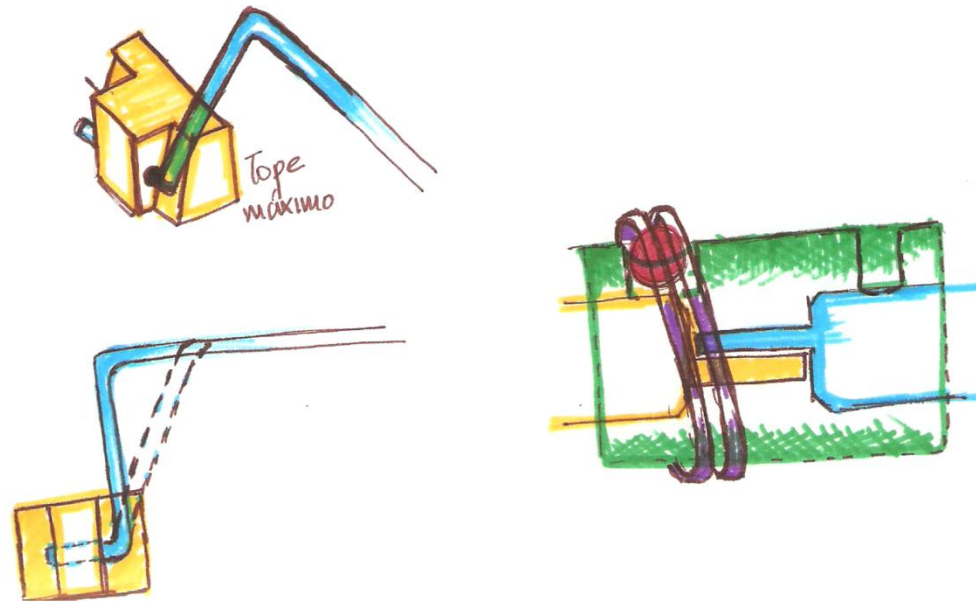
**Gráfico 93.** Modelo para observación de ensamble propuesta



El ensamble es débil. El prisionero no sujeta la manija de la manera requerida, lo que ocasiona un efecto de inercia al girarlo; La base funciona como tope de la manera planeada, sin embargo, es necesario para cada mecanismo se tendían bases “izquierdas y derechas”, así que se propuso unificar la base, haciéndola simétrica, con sustracciones a cada lado del cubo, que no incrementa significativamente los costos ni tiempos de construcción y a cambio de facilitar el ensamble.

En cuanto al ensamble surge la idea de un sistema “automático de presión” que permite simplemente “halar” la manija para desengancharla del mecanismo. Consiste en un cilindro donde al interior encajan entre sí la cruzeta y la manija. La primera se aprisiona con bristol. La segunda se mantiene presionada por un balón a la vez sujeto por un resorte alrededor de él. En la práctica el sistema funciona como un “click” de seguridad. **Ver gráficos 95 y 96.**

**Gráfico 94.** Evolución de la base y la caja de ensamble



**Gráfico 95.** Ensamble del mecanismo final de Trendelemburg

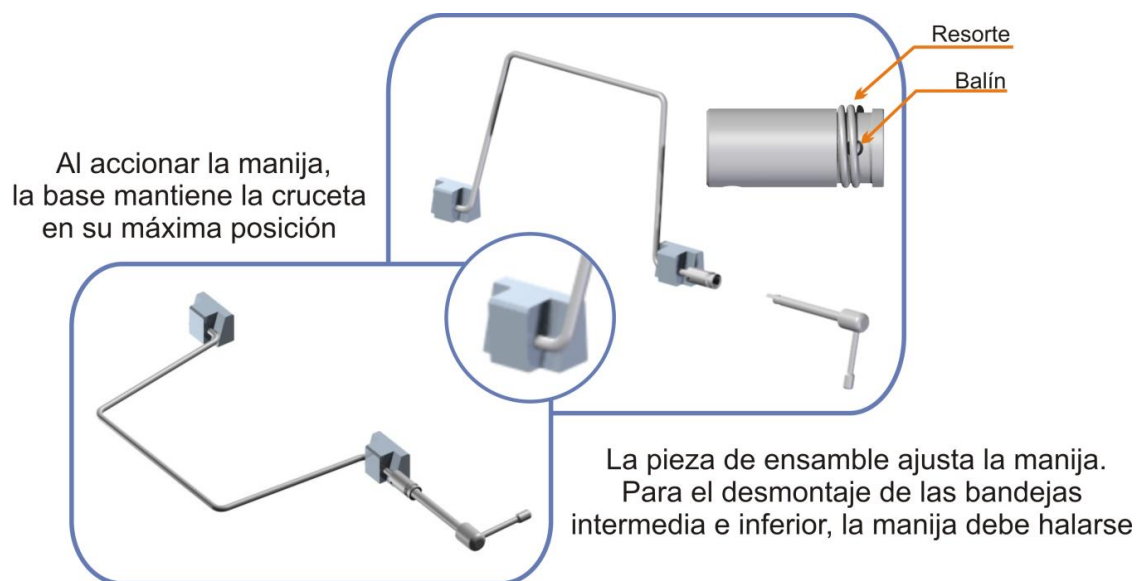
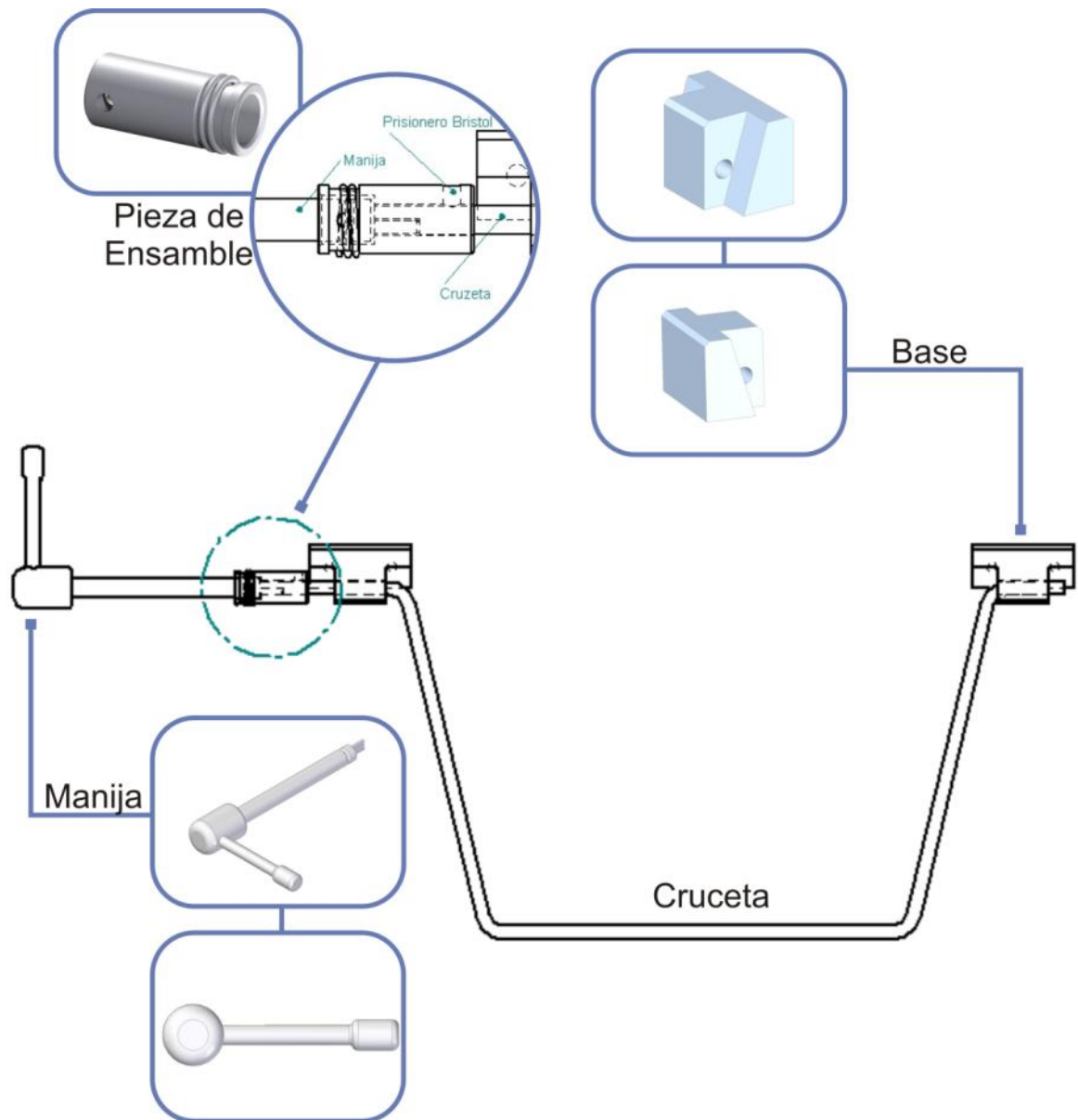
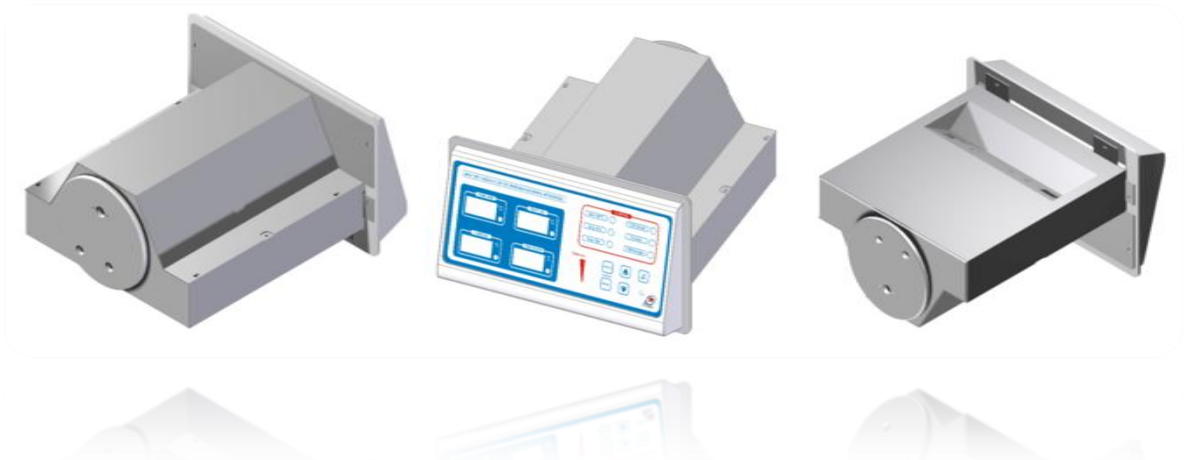


Gráfico 96. Componentes del mecanismo de Trendeleburg

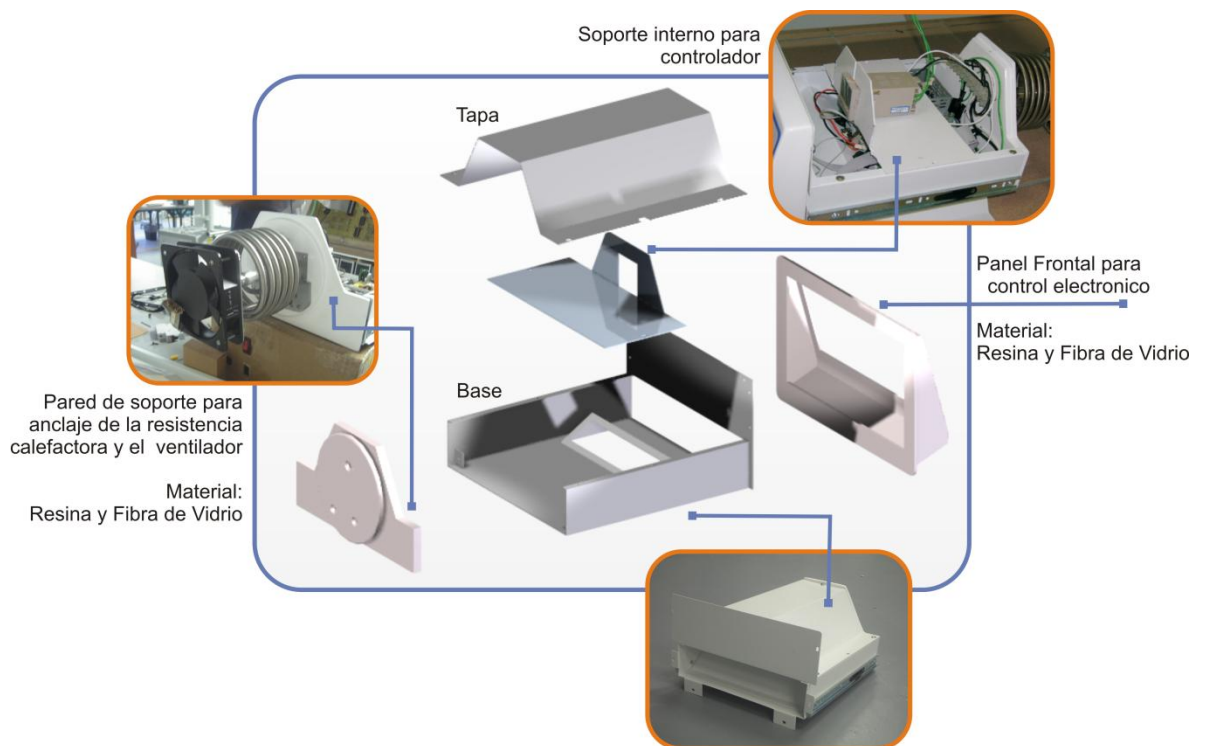


**Caja Electrónica**

**Gráfico 97.** Caja electrónica

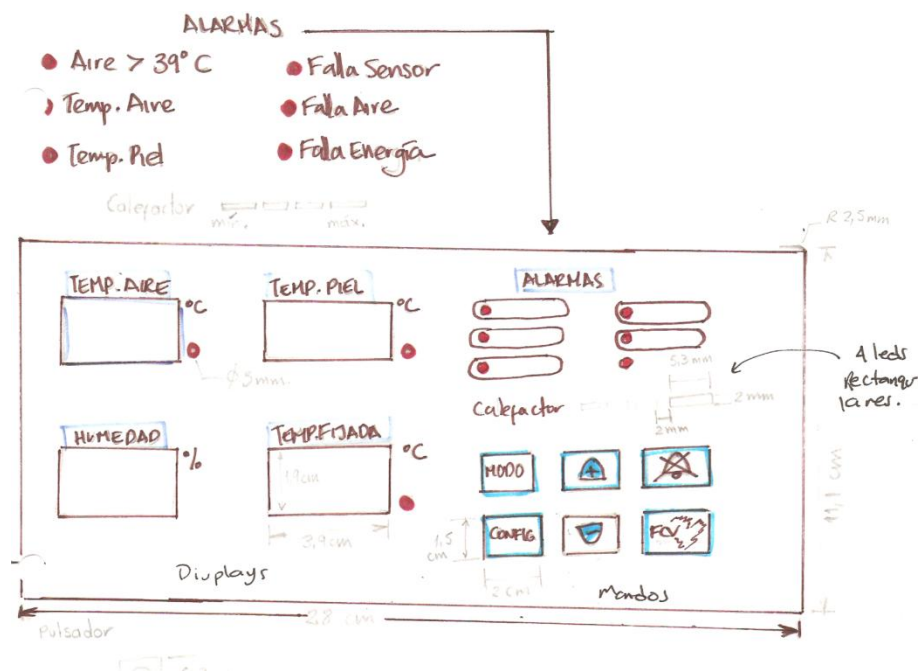


**Gráfico 98.** Componentes caja electrónica



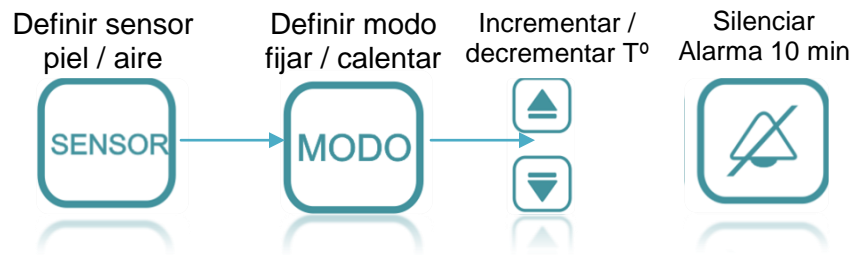
El diseñador junto con el ingeniero encargado establecen un posible ordenamiento de los componentes del panel de control. Bajo el criterio de agrupación, se tienen los displays de visualización al lado izquierdo con un led correspondiente a una situación de alarma en el grupo de alarmas en la costado superior derecho. Debajo, se encuentran los controles de fijación de parámetros de la incubadora.

**Gráfico 99.** Bosquejo del panel de control



La disposición de los controles es equivalente a la interfaz de entrada (manejo de pulsadores) que corresponden a una interfaz de salida (displays y alarmas visuales y audibles):

**Gráfico 100.** Secuencia de programación del panel de control



El ingeniero encargado, entrega al diseñador el plano de la tarjeta electrónica con sus componentes correspondientes para su visualización en 3D. De donde se parte para el diseño de la plantilla del panel de control.

**Gráfico 101.** Dimensiones tarjeta electrónica

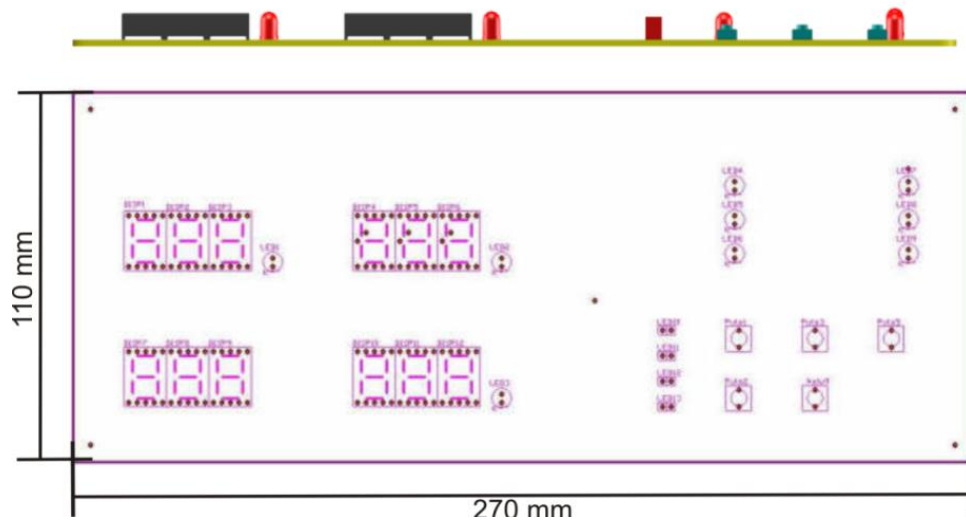


Gráfico 102. Componentes tarjeta electrónica

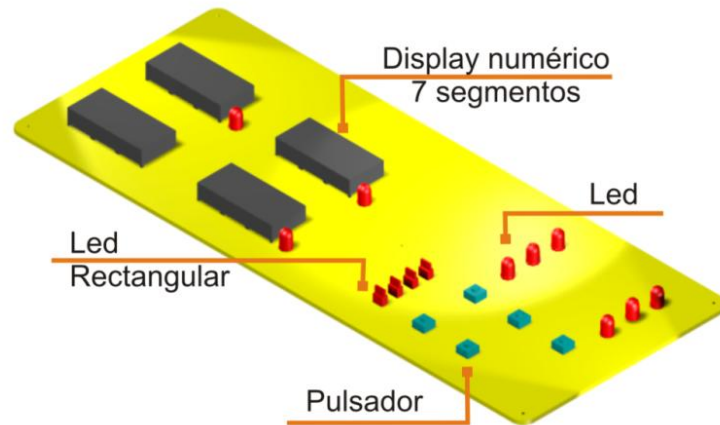
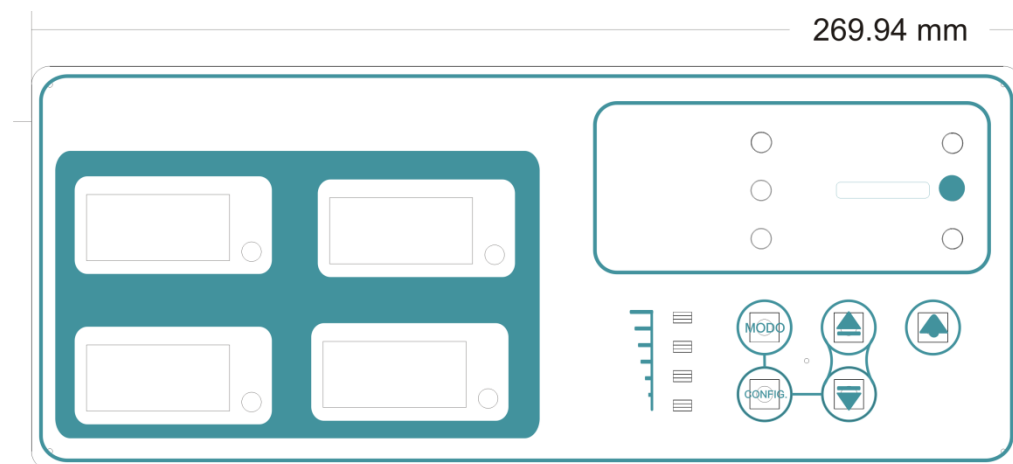
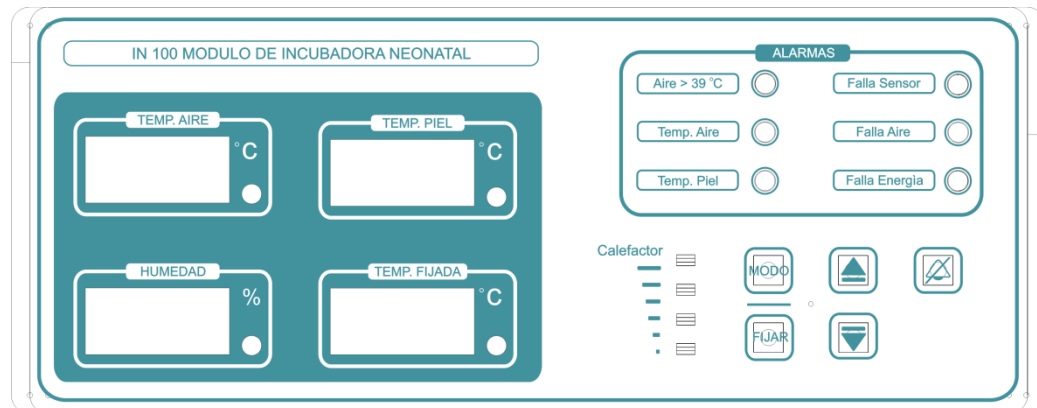
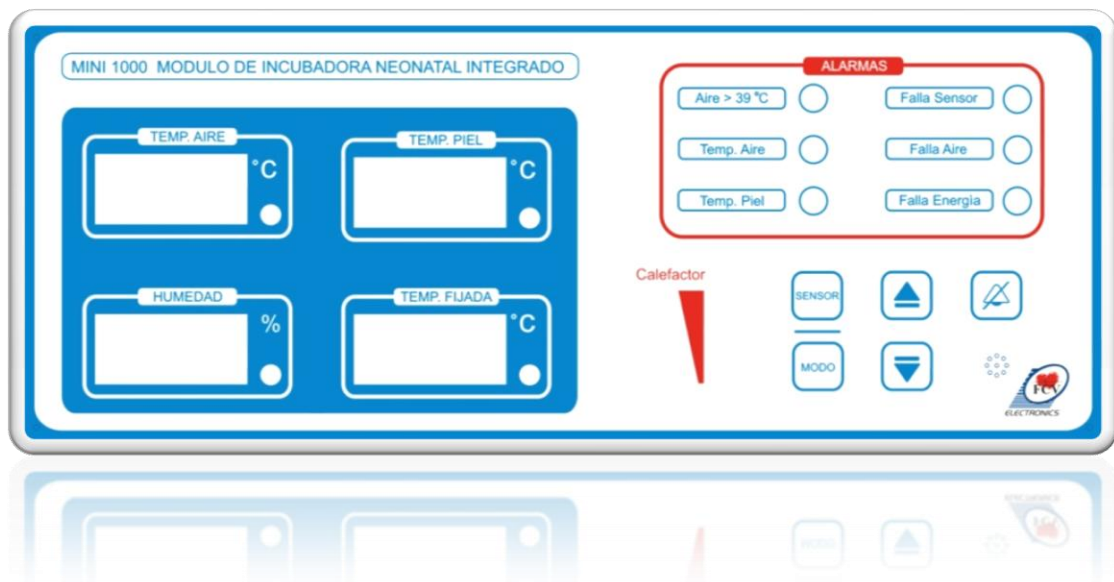


Gráfico 103. Bosquejos del panel de control





**Gráfico 104.** Panel de control electrónico de la incubadora



El diseño visual del panel de control, emplea los colores institucionales para agrupar los displays, alarmas y controle. Mediante el color azul se corresponden el grupo de control a los displays de su visualización; El rojo se utiliza en señal de alarma (contorno y led's ) y nivel de calefacción. Finalmente, el grupo de trabajo aprueba la propuesta.

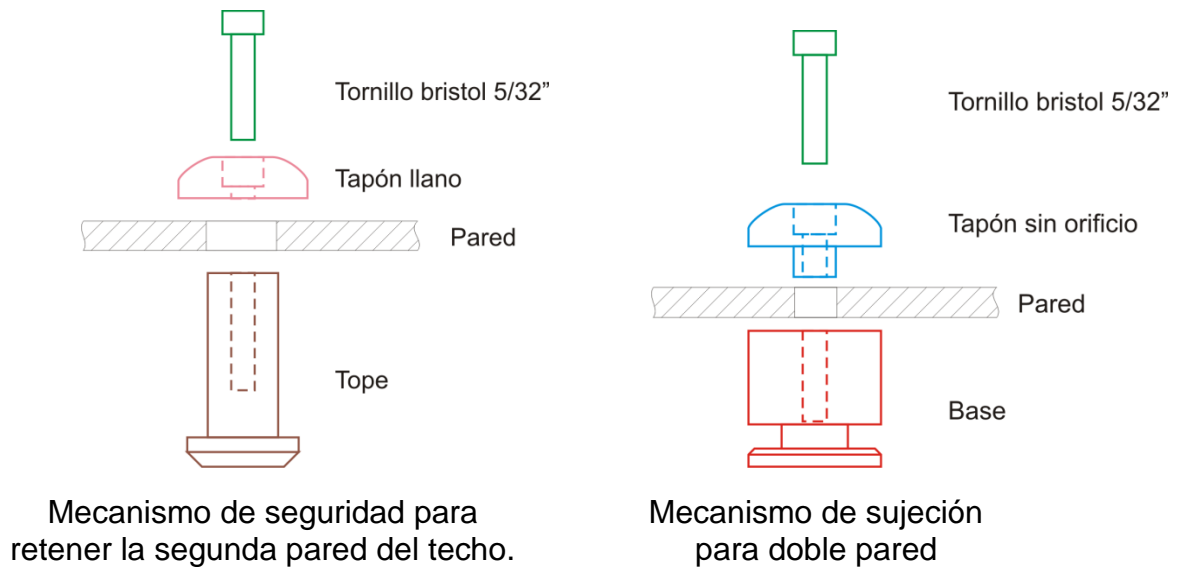
### □ Accesorios para incubadora

Se diseñaron cinco tipos de piezas (Gráfico XX) que conforman tres mecanismos para retener la segunda pared del techo, (Gráfico XX) para sujeción de la doble pared y para el cierre de los laterales abatibles. sujeción de las paredes de acrílico del habitáculo de la incubadora.

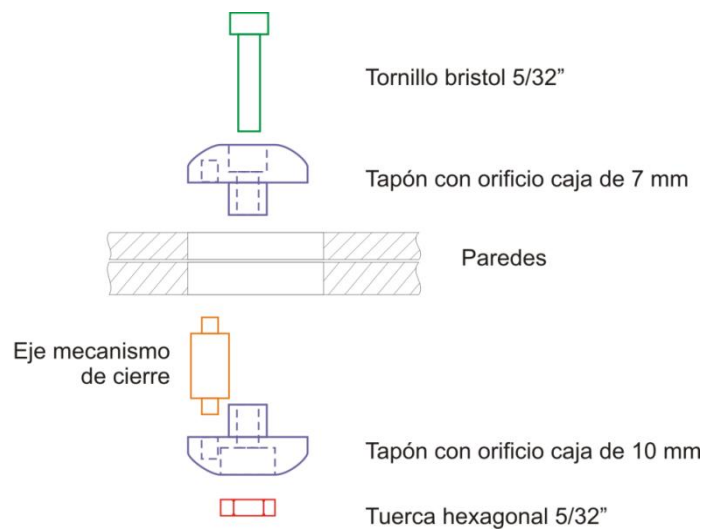
**Gráfico 105.** Accesorios para acrílicos incubadora



**Gráfico 106.** Ensamble accesorios para acrílicos incubadora

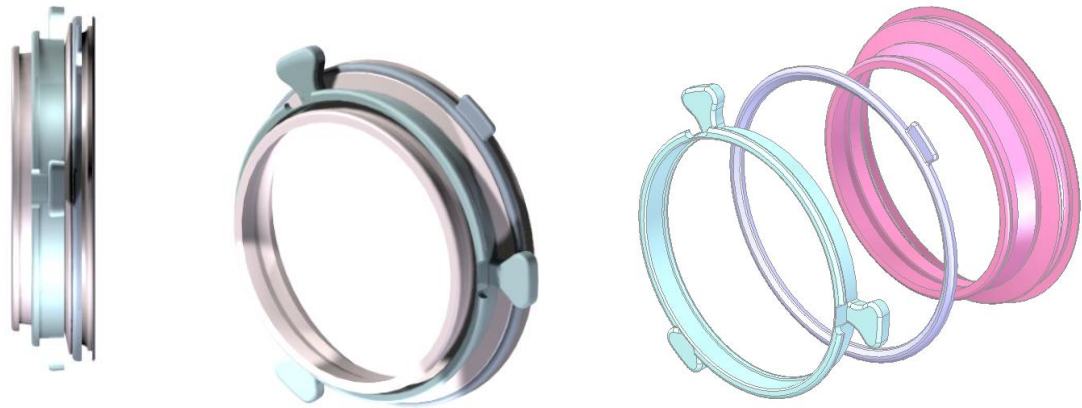


**Mecanismo de cierre para laterales de acrílico abatibles**

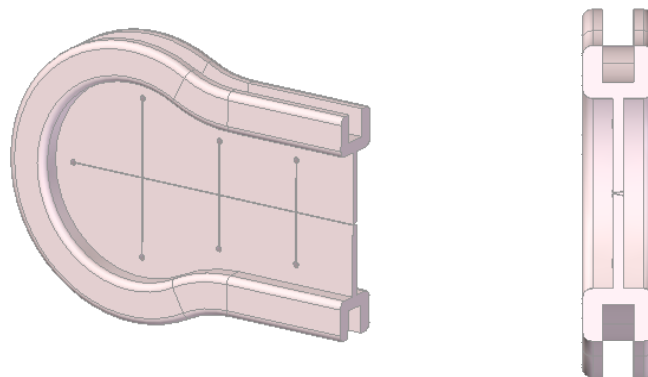


Los anillos para portillo iris y el pasacánulas son correspondientes en forma y dimensiones a las establecidas en la patente.

**Gráfico 107.** Kit de anillos para portillo iris



**Gráfico 108.** Pasacánulas



**Gráfico 109.** Tapón de la base




Tapón para sellar la terminación del tubo redondo de la base.

Se proponen unas protuberancias o venas en el contorno, que buscan dar una tolerancia de ajuste a la pieza.

### 6.3. Modificaciones


El equipo de trabajo se reúne para evaluar nuevamente el diseño en detalle. Se hacen las modificaciones necesarias, hasta llegar al diseño final del proyecto.

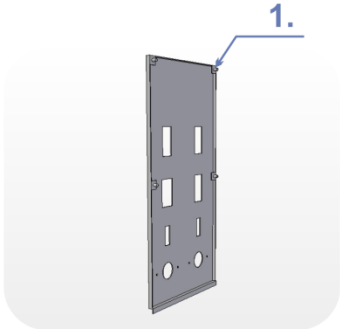
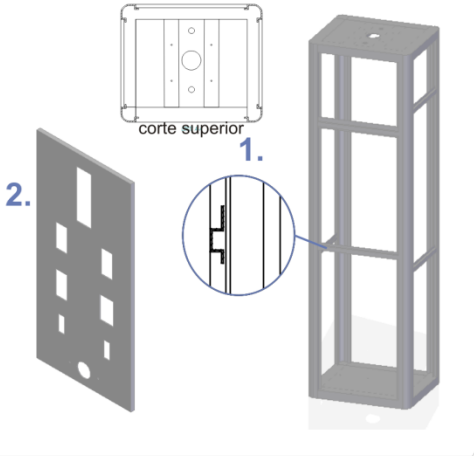
**Tabla 10. Modificaciones del módulo columna**

| Organización:  |                       | Título:                       | Proceso:                             |          |
|--|-----------------------|-------------------------------|--------------------------------------|----------|
|  FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR DE COLOMBIA |                       | <b>HOJA DE MODIFICACIONES</b> | GESTIÓN DE PROYECTOS INNOVADORES     |          |
| Unidad:  | Area:                 |                               | Código:                              | Versión: |
| Corporativa  | Oficina de Innovación |                               | R- GESINN- 08-Hoja de modificaciones | 0        |

|  |  |
|--|--|
| Fecha de modificación: 27-03-2007  | Modificación No: 1   |
| Título del proyecto: Módulo de Incubadora Neonatal Integrado   | Ruta: <input type="text"/>   |
| Pieza(s) a modificar : Módulo Columna  |  |
| <b>PIEZA ACTUAL:</b><br>   | <b>PROPUESTA DE CAMBIO:</b><br> |
| <b>Observaciones:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. En reunión con el grupo de expertos, se concluyó que la conexión de vacío para el vacutrom no es necesaria, ya que las dispuestas en el panel de gases son, una para succión y la otra para terapia.</li> <li>2. Se define que las conexiones de gases se dispongan de manera paralela, alineadas. En la parte superior las de oxígeno, y debajo, las dos inferiores de vacío.</li> <li>3. En el panel superior a los gases se debe ubicar el controlador del CCR.</li> <li>4. La lámina inferior frontal de la columna debe estar provista de agujeros que permitan aumentar la ventilación.</li> <li>5. El porta atril propuesto junto con la manija pueden obstruir los equipos que se insertan en el panel de gases. Se proponen dos atriles laterales que sirvan a la vez como manija.</li> </ol> |  |
| Realizado por: <input type="text" value="Silvia Duarte"/>  | Firma: <input type="text"/>  |
| Aprobado por: <input type="text" value="Catalina Ruiz"/>   | Firma: <input type="text"/>  |


|                                     |                                 |           |
|-------------------------------------|---------------------------------|-----------|
| Aprobado por: Ing. Joergen Carrillo | Fecha de aprobación: 27-03-2007 | Hoja: 1/2 |
|-------------------------------------|---------------------------------|-----------|



|  |                       |                               |                                      |                 |
|--|-----------------------|-------------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| <b>Organización:</b>   |                       | <b>Título:</b>                | <b>Proceso:</b>                      |                 |
|  FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR DE COLOMBIA |                       | <b>HOJA DE MODIFICACIONES</b> | GESTIÓN DE PROYECTOS INNOVADORES     |                 |
| <b>Unidad:</b>   | <b>Area:</b>          |                               | <b>Código:</b>                       | <b>Versión:</b> |
| Corporativa  | Oficina de Innovación |                               | R- GESINN- 08-Hoja de modificaciones | 0               |

|   |  |
|---|--|
| <b>Fecha de modificación:</b> 27-03-2007  | <b>Modificación No:</b> 2  |
| <b>Título del proyecto:</b> Módulo de Incubadora Neonatal Integrado   |  |
| <b>Ruta:</b> <input type="text"/>   |  |
| <b>Pieza( s) a modificar :</b> Módulo Columna   |  |
| <b>PIEZA ACTUAL:</b><br>  | <b>PROPUESTA DE CAMBIO:</b><br> |
| <b>Observaciones:</b><br><p>1. Se eliminan los espigos internos para el ensamble de los paneles. Los perfiles que conforman la estructura de la columna reciben los paneles, que se atornillan a la columna en remaches roscados previamente instalados en ella.</p> <p>2. Al panel eléctrico se adiciona un agujero para encender la UPS y se elimina una toma a tierra.</p> |  |
| Realizado por: <input type="text" value="Silvia Duarte"/>   | Firma: <input type="text"/>  |
| Aprobado por: <input type="text" value="Catalina Ruiz"/>  | Firma: <input type="text"/>  |

|  |  |                  |
|--|--|------------------|
| <b>Aprobado por:</b> Ing. Joergen Carrillo | <b>Fecha de aprobación:</b> 27-03-2007 | <b>Hoja:</b> 2/2 |
|--|--|------------------|


**Tabla 11. Modificaciones del módulo base**

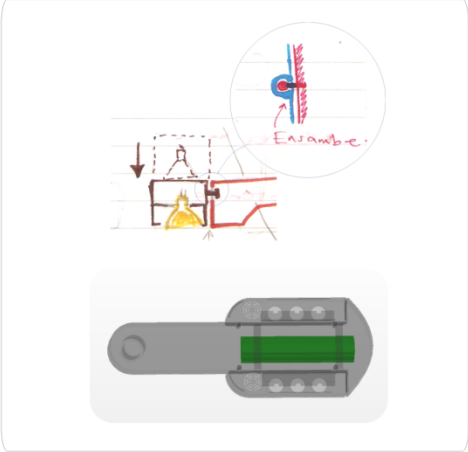
| Organización:  |                       | Título:                       | Proceso:                             |          |
|--|-----------------------|-------------------------------|--------------------------------------|----------|
|  FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR DE COLOMBIA |                       | <b>HOJA DE MODIFICACIONES</b> | GESTIÓN DE PROYECTOS INNOVADORES     |          |
| Unidad:  | Area:                 |                               | Código:                              | Versión: |
| Corporativa  | Oficina de Innovación |                               | R- GESINN- 08-Hoja de modificaciones | 0        |

|   |  |
|---|--|
| Fecha de modificación: 27-03-2007   | Modificación No: 1   |
| Título del proyecto: Módulo de Incubadora Neonatal Integrado      Ruta: <input type="text"/>  |  |
| Pieza(s) a modificar : Módulo base  |  |
| <b>PIEZA ACTUAL:</b><br>  | <b>PROPUESTA DE CAMBIO:</b><br> |
| <b>Observaciones:</b><br><p>Las ruedas utilizadas en otros equipos desarrollados en FCV Bioingeniería, han fallado durante el traslado para la entrega de los mismos. El problema consiste en que todo el peso está soportado sobre el espigo y no sobre su base, lo que provoca esfuerzos en el espigo al maniobrar el mueble doblandolo o fracturándolo.</p> <p>Se propone un refuerzo que solventa el espacio aproximado de 1 cm entre la base del equipo y la base de la rueda. Soldado al tubo de la base.</p> |  |
| Realizado por: <input type="text" value="Silvia Duarte"/>   | Firma: <input type="text"/>  |
| Aprobado por: <input type="text" value="Catalina Ruiz"/>  | Firma: <input type="text"/>  |

|                                     |                                 |         |
|-------------------------------------|---------------------------------|---------|
| Aprobado por: Ing. Joergen Carrillo | Fecha de aprobación: 15-04-2007 | Hoja: 1 |
|-------------------------------------|---------------------------------|---------|

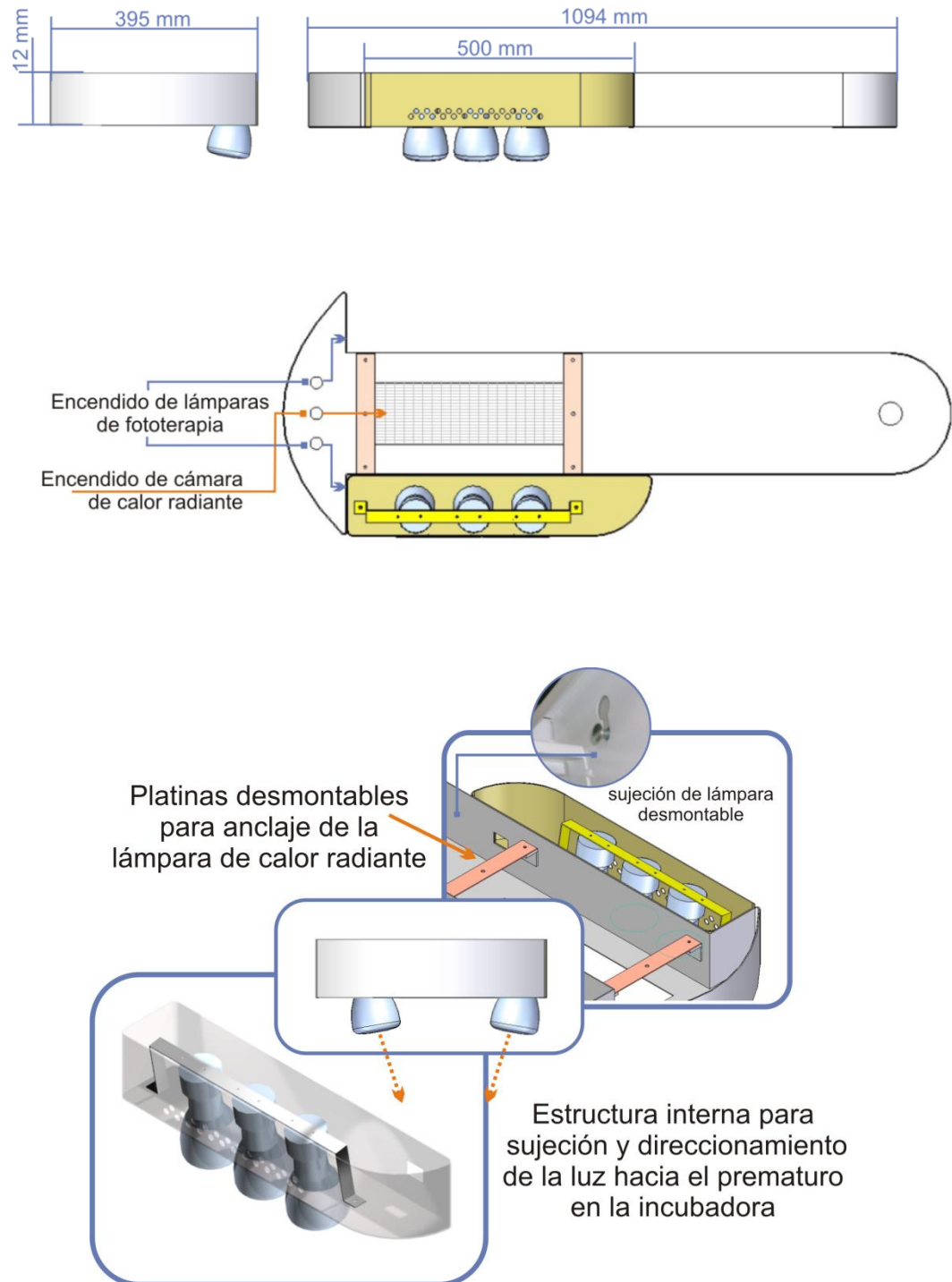
**Tabla 12. Modificaciones del módulo Cámara de Calor Radiante**

| Organización:  |                       | Título:                       | Proceso:                             |          |
|--|-----------------------|-------------------------------|--------------------------------------|----------|
|  FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR DE COLOMBIA |                       | <b>HOJA DE MODIFICACIONES</b> | GESTIÓN DE PROYECTOS INNOVADORES     |          |
| Unidad:  | Area:                 |                               | Código:                              | Versión: |
| Corporativa  | Oficina de Innovación |                               | R- GESINN- 08-Hoja de modificaciones | 0        |

|  |  |
|--|--|
| Fecha de modificación: 27-03-2007  | Modificación No: 1   |
| Título del proyecto: Módulo de Incubadora Neonatal Integrado   | Ruta: <input type="text"/>   |
| Pieza(s) a modificar: Módulo Cámara de Calor Radiante CCR  |  |
| <b>PIEZA ACTUAL:</b><br>   | <b>PROPUESTA DE CAMBIO:</b><br> |
| <b>Observaciones:</b><br><p>Para simplificar la construcción, se decide que el brazo del CCR sea continuo. Además, la sujeción por espigo se reemplaza por una de ojal</p> |  |
| Realizado por: Silvia Duarte   | Firma: <input type="text"/>  |
| Aprobado por: Catalina Ruiz  | Firma: <input type="text"/>  |

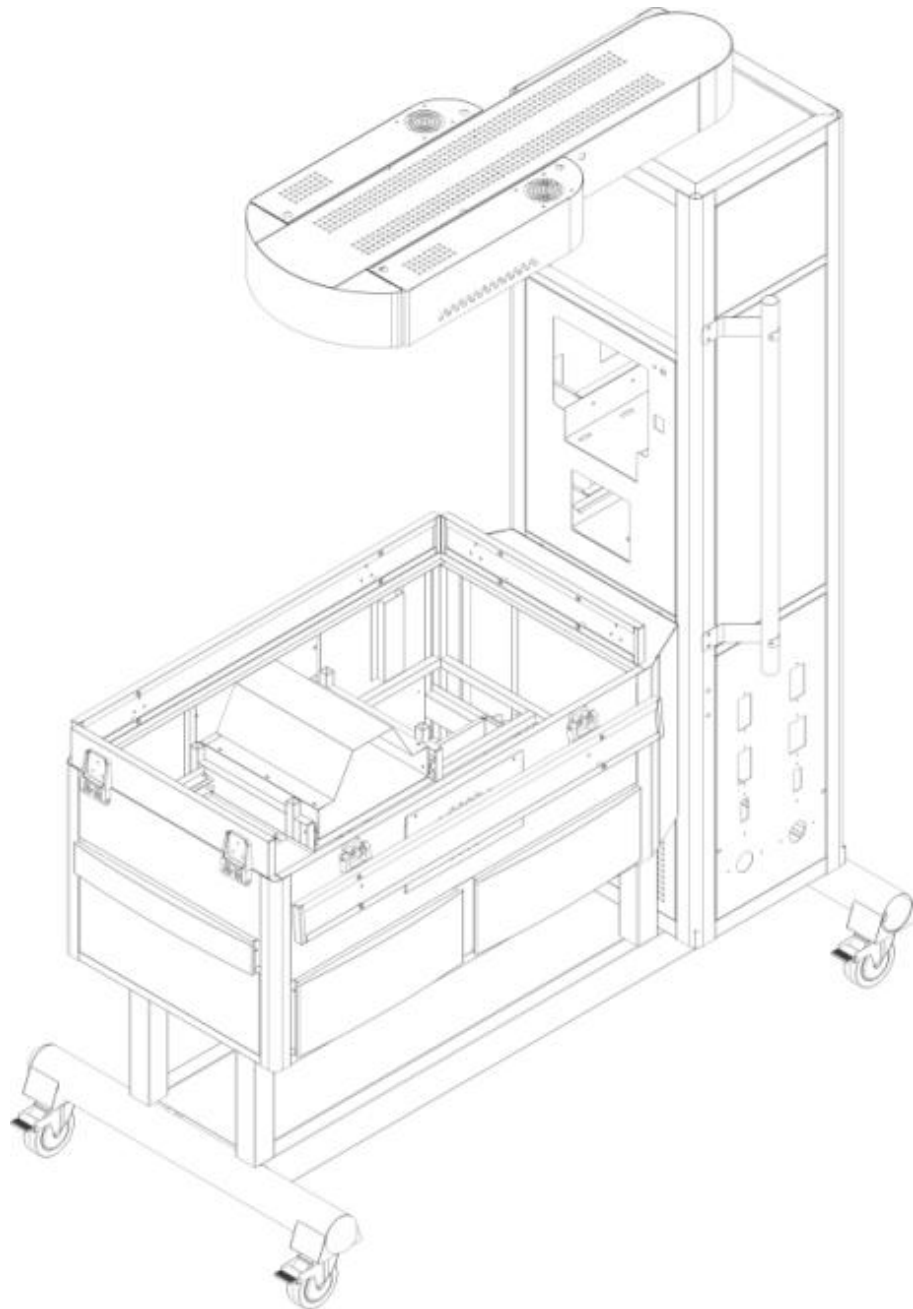
|                                     |                                 |         |
|-------------------------------------|---------------------------------|---------|
| Aprobado por: Ing. Joergen Carrillo | Fecha de aprobación: 15-04-2007 | Hoja: ½ |
|-------------------------------------|---------------------------------|---------|

Gráfico 110. Modificación del módulo CCR



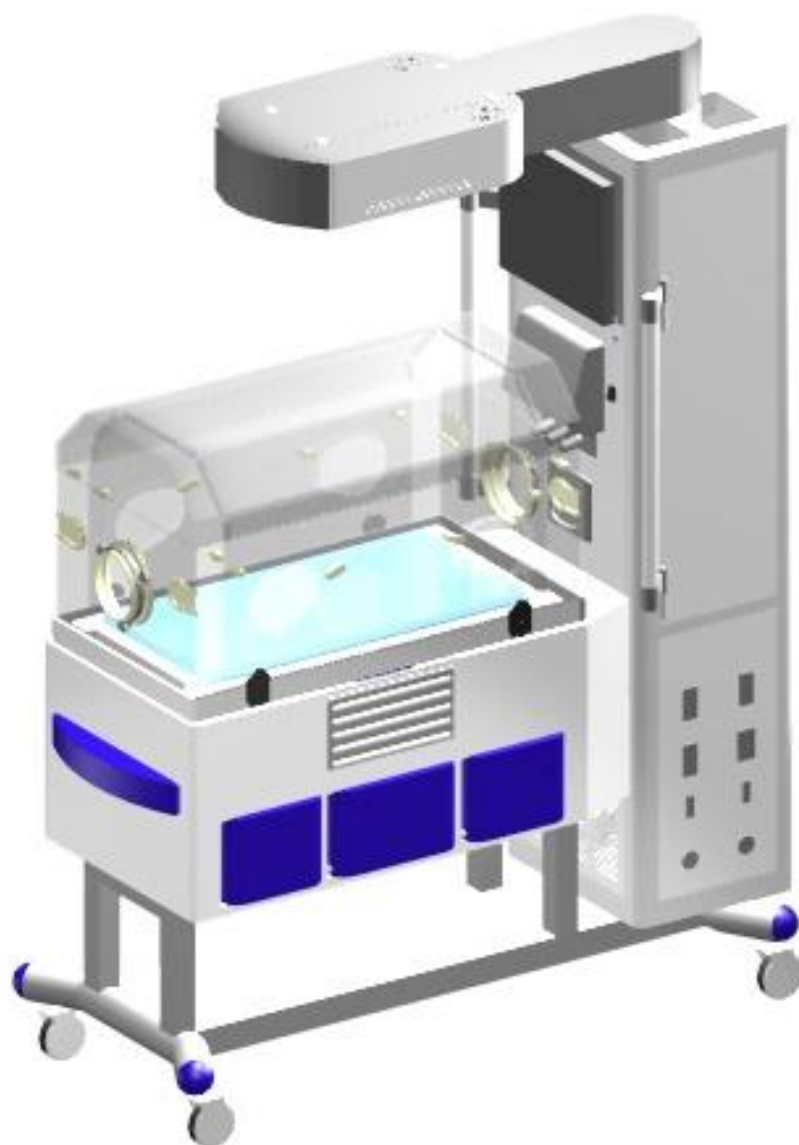
### 6.3. DISEÑO FINAL

**Gráfico 111.** Estructura metálica del modelo funcional



**Gráfico 112.** Modelado de la propuesta final





## CAPITULO VII. DESARROLLO DEL PROTOTIPO

En esta etapa se mandan a fabricar todas las piezas, se hacen todas las compras de los elementos existentes en el mercado para preparar el ensamblaje de todo el modelo.

Durante la fabricación de piezas, el diseñador estará visitando constantemente a cada uno de los proveedores encargados de las diferentes piezas, haciendo un seguimiento del proceso, verificando que materiales y procesos coincidan con lo acordado, funcionando además como conexión de consultas del proveedor a alguno de los expertos del grupo de trabajo sobre especificaciones correspondientes. Finalmente se hace el ensamblaje de todo el prototipo, dejándolo listo para su verificación.

### 7. FABRICACIÓN DE PIEZAS

#### Habitáculo

**Gráfico 113.** Modelo en madera para el dimensionamiento y ajuste de detalles de funcionamiento del habitáculo de la incubadora. Ver Gráfico 76. Dimensiones de las paredes acrílicas





**Habitáculo**

**Material:** Acrílico

**Proceso:** Doblado y/o corte con láser

**Acabado:** ----

**Bandejas**

**Gráfico 114.** Moldes en madera para elaboración de bandejas inferior e intermedia



### ***Bandejas intermedia e inferior***

**Material:** Resina poliéster reforzada con fibra de vidrio

**Acabado:** Por doble cara (molde cerrado)

Proceso de curado

### ***Bandeja Superior***

**Material:** Acrílico blanco opal 4 mm

**Acabado:** Termoformado

### **Accesorios para la incubadora**

**Gráfico 115.** Mangas para portillo iris



### ***Mangas para portillo iris***

**Material:** PVC comercial (“clear / acetato”) calibre 4

**Proceso:** Sellado con máquina de alta frecuencia

**Acabado:** Encauchetado a los extremos

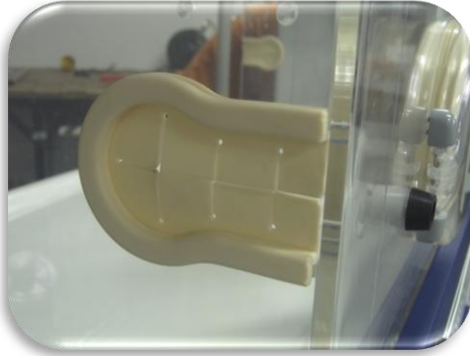
### ***Kit de anillos para portillo iris***

**Material:** PEAD Polietileno de alta densidad (Aros rígidos)  
T.P.E Aro empaque (para selle)

**Proceso:** Inyección

**Acabado:** Liso, brillante, color beige

**Gráfico 116.** Pasacánulas



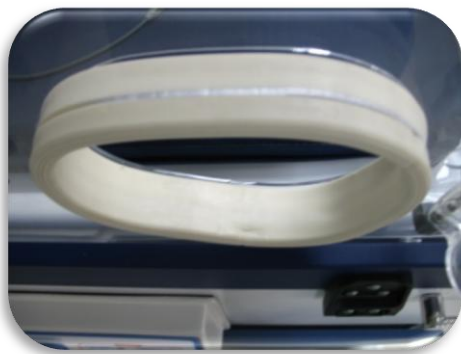
***Pasacánulas***

**Material:** T.P.E

**Proceso:** Inyección

**Acabado:** Liso, mate, color beige

**Gráfico 117.** Burlete de portillo de acceso



***Burlete de portillo de acceso***

**Material:** T.P.E

**Proceso:** Inyección

**Acabado:** Liso, mate, color beige

**Proveedor:** Pladesan S.A.

**Gráfico 118.** Chapa, base visagra del portillo de acceso y manija de cúpula



***Chapa, base bisagra del portillo de acceso y manija de cúpula***

**Material:** Resina poliéster

**Proceso:** Vaciado en molde de doble cara

**Acabado:** Pigmento Gris, pulido

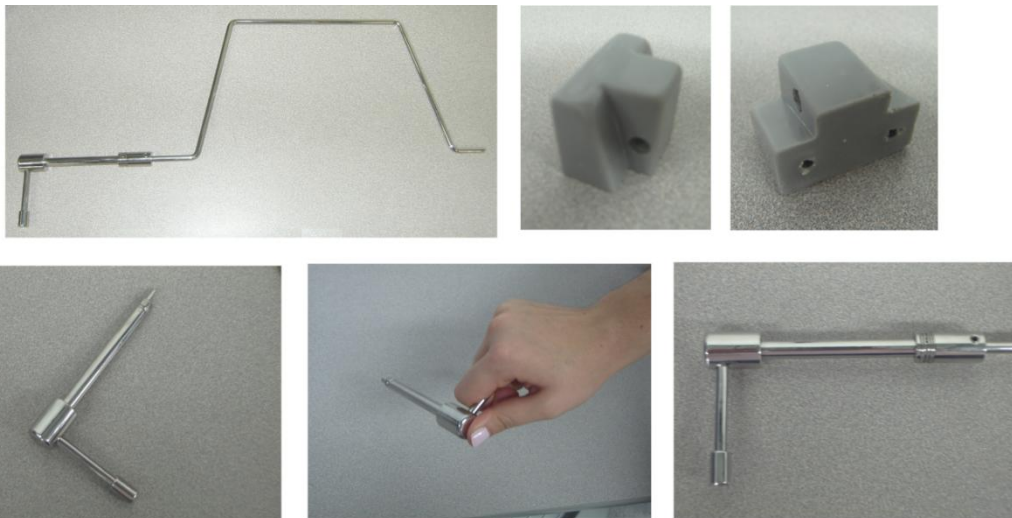
**Accesorios para acrílicos incubadora**

**Material:** Poliacetal

**Proceso:** Mecanizado torno CNC

**Acabado:** Liso, mate, color blanco

**Gráfico 119.** Segundo modelo mecanismo de Trendelemburg



**Base**

**Material:** Resina poliéster

**Proceso:** Vaciado en molde de doble cara

**Acabado:** Pigmento Gris, pulido

**Proveedor:** Ideca S.A.

**Cruceta**

**Material:** Varilla de acero inoxidable 1/4"

**Proceso:** Doblado

**Acabado:** ----

**Proveedor:** Gametal

**Pieza de ensamble**

**Material:** Acero inoxidable

**Proceso:** Torneado

**Acabado:** ----

**Proveedor:** Gametal

**Manija**

**Material:** Varilla de acero inoxidable 5/16"

**Proceso:** Torneado

**Acabado:** ----

**Proveedor:** Gametal

**Gráfico 120.** Tapón para la base



***Tapón para la base***

**Material:** PEAD Polietileno de alta densidad

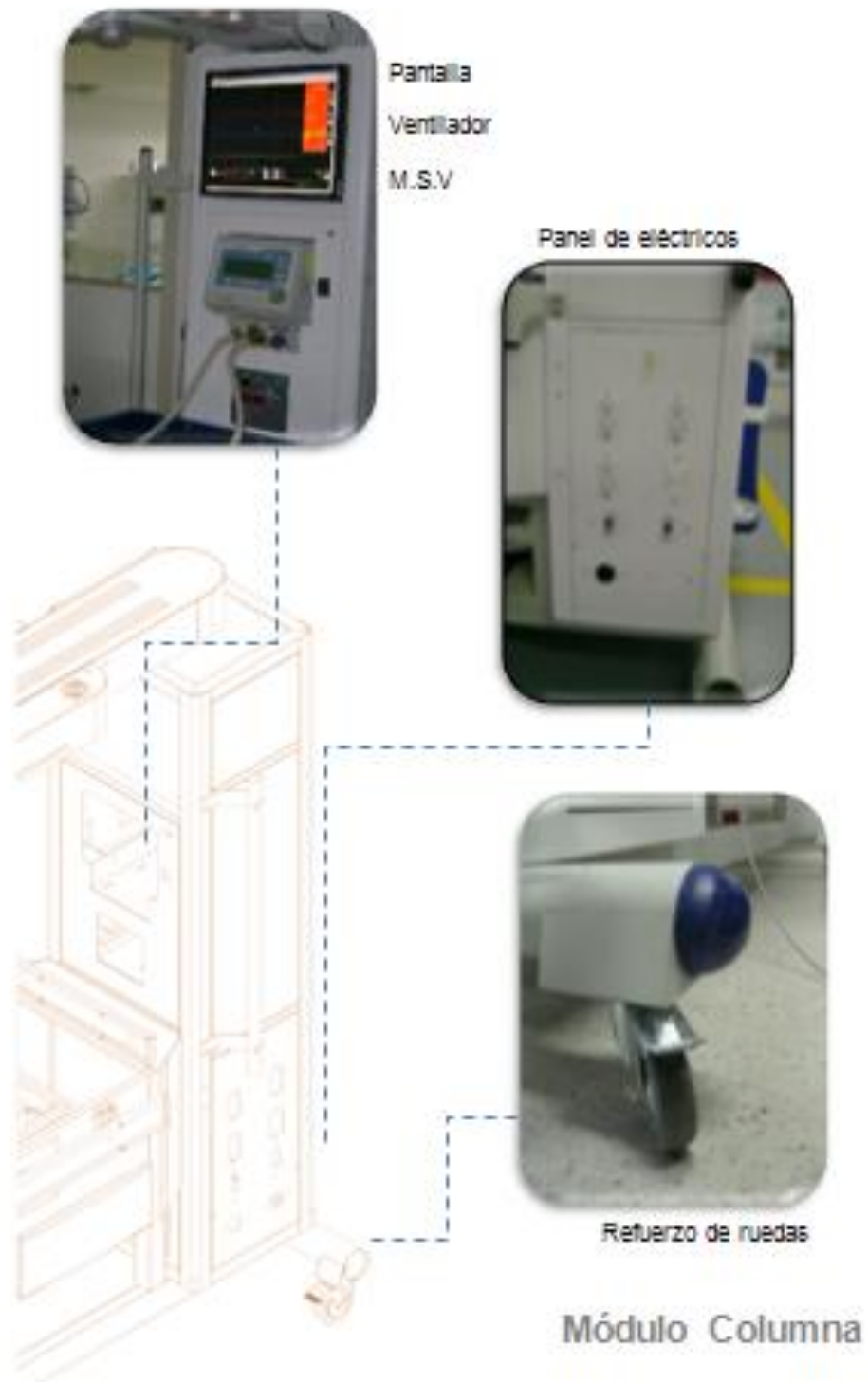
**Proceso:** Inyección

**Acabado:** Liso, brillante, color azul

### 7.1. Ensamble del modelo

Gráfico 121. Ensamble del modelo





## Vista posterior de la columna



Paso de cables de Conexión del CCR

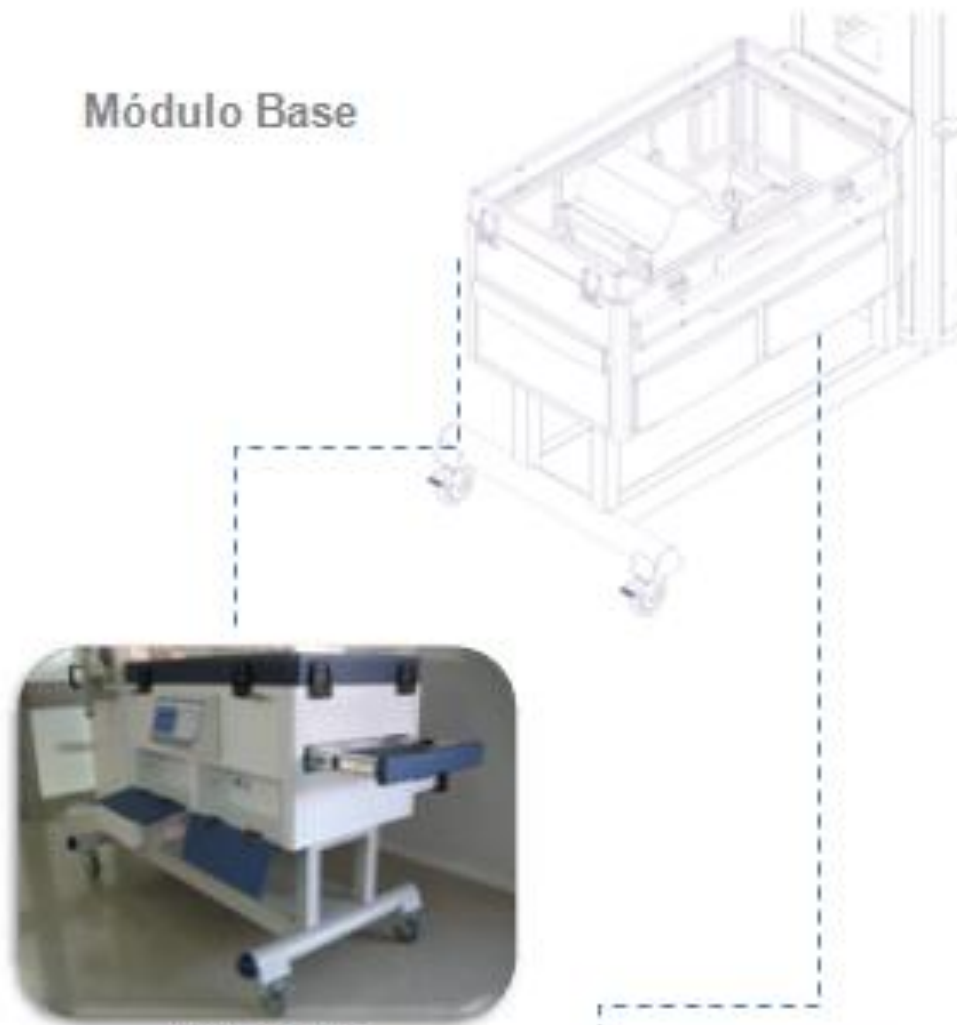


Ensamble del MSV



Caja de CPU para funcionamiento del MSV

## Módulo Base



Puertas abatibles



Cajoneras



Sistema de cierre  
de los laterales



Incubadora



Posición máxima  
de trendelemburg



Ensamble del panel frontal  
para la tarjeta electrónica



Ensamble del panel frontal  
a la base de la caja electrónica



## **CAPITULO VIII. VERIFICACION DEL MODELO FUNCIONAL**

El propósito de la verificación es asegurarse que el modelo funcional construido cumpla con todos los requerimientos físicos, técnicos y funcionales del diseño.

Los ingenieros encargados verifican si las lámparas de fototerapia, y la incubadora funcionan bajo las especificaciones establecidas por la norma AAMI. El proceso consiste en realizar mediciones con equipo adecuado: Un radiómetro para las lámparas y un probador de incubadoras neonatales.

Mediante una lista de chequeo de las piezas se registra si éstas cumplen con los parámetros necesarios. Finalmente, los ingenieros comunican al grupo de trabajo los resultados encontrados. Se detectan las acciones correctivas, y se registran los cambios que se deben hacer para terminar la verificación del prototipo; El equipo de diseño retoma el proceso de desarrollo de ideas para las soluciones necesarias.

## 8. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACION

**Tabla 13.** Verificación del prototipo

| Organización:  |                       | Título:                           | Proceso:                                  |          |
|--|-----------------------|-----------------------------------|---|----------|
|  FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR DE COLOMBIA |                       | <b>VERIFICACIÓN DEL PROTOTIPO</b> | GESTIÓN DE PROYECTOS INNOVADORES          |          |
| Unidad:  | Area:                 |                                   | Código:                                   | Versión: |
| Corporativa  | Oficina de Innovación |                                   | R- GESINN -07- Verificación del prototipo | 0        |

| <b>Fecha de verificación:</b>   | 30-07-2007  | <b>Verificación No:</b>   | 1                      |
|---|---|---|------------------------|
| <b>Título del proyecto:</b>   | Módulo de Incubadora Neonatal Integrado   |   |                        |
| <b>Objetivo :</b>   | Realizar una evaluación de la infraestructura y componentes del modelo funcional  |   |                        |
| <b>Responsable:</b>   | Ing. Joergen Carrillo   | <b>Lugar:</b>   | Centro Tecnológico FCV |
| <b>Recursos:</b>  | <b>Involucrados:</b>  |   |                        |
| Radiómetro<br>Flujómetro<br>Listado de componentes<br>Probador de incubadoras | Grupo de Trabajo  |   |                        |
|   |   |   |                        |
| PIEZA   | SITUACIÓN   | AJUSTE  |                        |
| Lámparas de Fototerapia   | Dispuestas a una altura ineficiente   | Eliminarla del CCR<br>Ver:<br>Modificación No. 3 módulo CCR<br>Comprobación técnica |                        |
| Incubadora  | Con el provador de incubadoras se realizaran variedad de pruebas durante un periodo de 2 meses para ajustes de los sensores y funcionamiento correcto del habitaculo y la caja electrónica. | Ver:<br>Comprobación técnica  |                        |
|   | Se realizaron pruebas con el ventilador puesto en marcha para analizar el flujo de aire con el flujómetro.  |   |                        |
|   | Ajustar las visagras de los portillos de acceso para que sean abatibles automaticamente.  | Disminuir altura en pared interna   |                        |
|   | Cajón Teclado - mouse   | No es lo suficientemente profundo<br>Dar profundidad                                |                        |
| Soporte para bala de oxígeno  | Dispuesta hacia atrás de la columna   | Mantener ubicación; Ubicar hacia adelante de la columna                             |                        |

|                      |                             |                  |
|----------------------|-----------------------------|------------------|
| <b>Aprobado por:</b> | <b>Fecha de aprobación:</b> | <b>Hoja: 1/1</b> |
|----------------------|-----------------------------|------------------|

## 8.1. Pruebas técnicas

### 8.1.1. Lámparas de fototerapia

#### Equipo de medición

Gráfico 122. Radiómetro



#### Radiómetro

Para monitorización de radiación emitida dentro del espectro azul visible con una indicación digital en  $\mu\text{W}/\text{cm}^2.\text{nm}$ .

#### Parámetro

La potencia efectiva a una altura de 40 cm equivale a un rango de 20 a 30 microwatts/cm<sup>2</sup>.nm.

Tabla 14. Mediciones radiómetro

| Altura (cm)  | Potencia ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2.\text{nm}$ ) | Cantidad de Lámparas |
|--|--|----------------------|
| <b><i>Dicroicos azules de 50 vatios en cuna de calor radiante</i></b>                      |  |                      |
| 20   | 18 a 25  | 3                    |
| 64   | 1,8 a 2,7  | 3                    |
| <b><i>Tubos fluorescentes T8 azul de 17 vatios en cámara de fototerapia de 4 cunas</i></b> |  |                      |
| 40 cm  | 20,5   | 4                    |
| 40 cm  | 31,1   | 6                    |
| 40 cm  | 11,2   | 2                    |
| 20 cm  | 59   | 6                    |
| <b><i>Lámparas fluorescentes compactas azules con pantalla de 11 vatios en UCIN</i></b>    |  |                      |
| 20 cm  | 6 a 8  | 6                    |
| 64 cm  | 1,5 a 1,7  | 6                    |

## **Resultados**

Como se observa, la calidad de luz que se ha comprobado como efectiva es la de los tubos fluorescentes T8 azul, los cuales deben estar a una altura de 40 cm pues su efectividad se disminuye notablemente al aumentar la distancia debido a que la luz se pierde por la misma forma del tubo (no es un spot dirigido como en el caso de un dicroico).

Para lograr eficacia a 80 cm se deberían duplicar el numero de tubos (de 8 a 12), lo cual incrementaría el costo y el tamaño del mueble.

Para el caso de la UCI neonatal, la distancia de las lámparas esta a 80 cm de altura, por lo cual no vemos efectividad en las lámparas que hemos probado, y los tubos T8 requeridos a esta altura son un exceso.

## **Conclusión**

Para dar solución a este problema proponemos que las lámparas de fototerapia no se ubiquen en la parte superior, dejando solamente la resistencia de calor radiante y una luz dicroica blanca para iluminación general.

Las lámparas de fototerapia utilizarían tubos T8 a la distancia requerida (40 cm) y se ubicarían en soportes laterales, quedando removibles.

### 8.1.2. Incubadora

#### Equipo de medición

Gráfico 123. Medidor de flujo de aire



#### Medidor de flujo de aire

Para realizar controles y diagnósticos de ventilación con precisión, midiendo la velocidad y el caudal de aire

#### Parámetro

La velocidad del flujo de aire en el habitáculo debe estar en el rango de 0.1 a 0.7 m/s.

Gráfico 124. Verificación flujo de aire en la cámara climática



Entrada en el filtro de aire  
3,5 Km/h



Laterales del ventilador  
Máximo 7,7



Laterales de bandejas  
3.6 Km/h



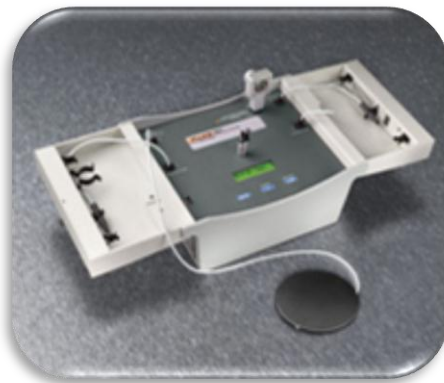
Doble pared lateral  
2.4 Km/h

#### Resultado

La velocidad del flujo de aire está dentro de los parámetros establecidos.

### 8.1.3. Probador de incubadoras INCU


**Gráfico 125.** Probador de incubadora INCU



La INCU de Fluke Biomedical es el único dispositivo en el mercado para probar incubadoras. Mide y registra cuatro temperaturas independientes, humedad, sonido y flujo de aire dentro de la incubadora hasta por 35 horas, de acuerdo con la norma AAMI.

Estas pruebas se realizan por los ingenieros correspondientes por un periodo de tiempo de dos meses, para la puesta a punto de los sensores correspondientes.

**Tabla 14.** Listado de componentes de diseño

| Organización:  |                       | Título:                                 |  | Proceso:   |          |
|--|-----------------------|---|--|--|----------|
|  FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR DE COLOMBIA |                       | <b>LISTADO DE COMPONENTES DE DISEÑO</b> |  | GESTIÓN DE PROYECTOS INNOVADORES                 |          |
| Unidad:  | Area:                 |   |  | Código:  | Versión: |
| Corporativa  | Oficina de Innovación |   |  | R- GESINN -06 - Listado de componentes de diseño | 0        |


| Título del proyecto                     |                               |   |           |        |           |
|---|-------------------------------|---|-----------|--------|-----------|
| Módulo de Incubadora Neonatal Integrado |                               |   |           |        |           |
| SUBCONJUNTO                             | COMPONENTE                    | CARACTERÍSTICAS                             | No PIEZAS | Cumple | No cumple |
| Módulo de calor radiante                | Resistencia                   | 540 W                                       | 1         |        |           |
|   | Lámpara Fototerapia           | Balas halógenas Pop stars y transformadores | 6         |        |           |
|   | Anclaje a columna             | Abatible sobre el eje vertical              | 1         |        |           |
| Módulo columna                          | Atril - manija                | Tubo 1"                                     | 2         |        |           |
|   | Soporte pantalla              |   | 1         |        |           |
|   | Panel Ventilador y MSV        |   | 1         |        |           |
|   | Panel de gases                | 2 Oxígeno - 2 vacío                         | 1         |        |           |
|   | Panel inferior a gases        |   | 1         |        |           |
|   | Panel eléctricos              | Con agujero para UPS                        | 1         |        |           |
|   | Panel bombas                  |   | 1         |        |           |
|   | Tapa trasera                  |   | 1         |        |           |
|   | Soporte Ventilador            |   | 1         |        |           |
|   | Soporte MSV                   |   | 1         |        |           |
|   | Caja CPU                      |   | 1         |        |           |
| Incubadora                              | Cámara Climática              | Acrílica                                    | 1         |        |           |
|   | Anillos portillo iris         |   | 2         |        |           |
|   | Mangas portillo iris          |   | 2         |        |           |
|   | Pasacánulas                   |   | 4         |        |           |
|   | Burlete de portillo de acceso |   | 4         |        |           |
|   | Colchoneta                    |   | 1         |        |           |
|   | Mecanismo Trendelemburg       |   | 2         |        |           |
|   | Caja electrónica              | Frontal para pane de control                | 1         |        |           |
|   | Bandeja placa rayos X         |   | 1         |        |           |

|                                     |                                 |             |
|-------------------------------------|---------------------------------|-------------|
| Aprobado por: Ing. Joergen Carrillo | Fecha de aprobación: 30-07-2007 | Hoja: 1 / 2 |
|-------------------------------------|---------------------------------|-------------|



**Tabla 15.** Hoja de modificación Cámara de Calor Radiante


|  |                       |                               |                                      |                 |
|--|-----------------------|-------------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| <b>Organización:</b>   |                       | <b>Título:</b>                | <b>Proceso:</b>                      |                 |
|  FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR DE COLOMBIA |                       | <b>HOJA DE MODIFICACIONES</b> | GESTIÓN DE PROYECTOS INNOVADORES     |                 |
| <b>Unidad:</b>   | <b>Area:</b>          |                               | <b>Código:</b>                       | <b>Versión:</b> |
| Corporativa  | Oficina de Innovación |                               | R- GESINN- 08-Hoja de modificaciones | 0               |

|  |   |
|--|---|
| <b>Fecha de modificación:</b> 24-07-2007   | <b>Modificación No:</b> 2   |
| <b>Título del proyecto:</b> Módulo de Incubadora Neonatal Integrado  | <b>Ruta:</b> <input type="text"/>   |
| <b>Pieza(s) a modificar:</b> Módulo Cámara de Calor Radiante CCR   |   |
| <b>PIEZA ACTUAL:</b>   | <b>PROPUESTA DE CAMBIO:</b>   |
|    |  <p style="text-align: center;">Cámara Carlor Radiante</p> |
| <b>Observaciones:</b>  |   |
| <p>En el mueble, las lámparas están ubicadas a 80 cm de altura desde el colchón del bebé. Según la prueba técnica que evaluó la efectividad de la fototerapia a esta altura, se tiene que no son efectivas. (ver pruebas técnicas)</p> <p>Por lo tanto, las lámparas de fototerapia utilizarán tubos T8 a la distancia requerida (40 cm) en soportes laterales dentro de la incubadora, quedando removibles. Mientras en el módulo se mantiene únicamente la cámara de calor radiante adicionándole una luz blanca auxiliar.</p> <p>El largo de la estructura se aumentó 60 mm para centrar la CCR respecto al bebé.</p> |   |
| Realizado por: <input type="text" value="Silvia Duarte"/>  | Firma: <input type="text"/>   |
| Aprobado por: <input type="text" value="Catalina Ruiz"/>   | Firma: <input type="text"/>   |

|  |  |                  |
|--|--|------------------|
| <b>Aprobado por:</b> Ing. Joergen Carrillo | <b>Fecha de aprobación:</b> 24-07-2007 | <b>Hoja:</b> 1/1 |
|--|--|------------------|

## CAPITULO IX. VALIDACION TECNICA DEL MODELO FUNCIONAL

**Tabla 16.** Validación técnica del prototipo funcional

| Organización:  |                       | Titulo:                                |   | Proceso:                         |          |
|--|-----------------------|--|---|----------------------------------|----------|
|  FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR DE COLOMBIA |                       | <b>VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO</b>        |   | GESTIÓN DE PROYECTOS INNOVADORES |          |
| Unidad:  | Area:                 |  |   | Código:                          | Versión: |
| Corporativa  | Oficina de Innovación | R- GESINN- 09-Validación del prototipo | 0 |                                  |          |

|   |   |                      |  |             |
|---|---|----------------------|--|-------------|
| Fecha de validación:  | DD-MM-AAAA  | 30-07-2007           | Validación No:                                     | 1           |
| Título del proyecto:  | Módulo de Incubadora Neonatal Integrado                                 |                      |  |             |
| Propósito de la validación :  | Verificación de los requerimientos de usabilidad del modelo funcional   |                      |  |             |
| Responsable:  | D.I. Catalina Ruiz  | Lugar:               | UCIN FCV El Bosque                                 |             |
| Recursos:   | Sala de cuidado intensivo neonatal FCV                                  |                      | Involucrados:                                      |             |
|   | Accesorios y equipos auxiliares de instalación esporádica en el equipo. |                      | Personal médico, de enfermería y de mantenimiento. |             |
| <b>Objetivos específicos</b>  |   |                      |  |             |
| Formalizar el registro y descubrimiento de los problemas en el diseño del Módulo de incubadora Neonatal durante su uso.   |   |                      |  |             |
| <b>Perfil del usuario</b>   |   |                      |  |             |
| <b>Usuarios Primarios:</b><br>Médicos cirujanos, neonatólogos, enfermera jefe y auxiliares de enfermería con experiencia en el la atención de pacientes neonatales en cuidados intensivos.  |   |                      |  |             |
| <b>Usuarios Terciarios:</b><br><b>Personal de mantenimiento:</b> Ingenieros y técnicos en electrónica con experiencia en la instalación, evaluación y reparación de los equipos biomédicos utilizados en la UCIN.<br><b>Personal de servicios generales</b> con experiencia en labores de desinfección y limpieza de los equipos biomédicos y áreas de la UCIN. |   |                      |  |             |
| <b>Método</b>   |   |                      |  |             |
| <b>Grupo de inspectores:</b><br>Director, Coordinadores, líder, colaboradores: Diseñador Industrial (1), Ingeniero Electrónico (1).<br><b>Tiempo de duración:</b> Dos horas   |   |                      |  |             |
| La prueba se diseño como una INSPECCION FORMAL donde el grupo de inspectores solicitan a los usuarios realizar unas tareas específicas de acuerdo a las medidas de evaluación. Mientras emiten opiniones verbales sobre sus inconformidades y aciertos.   |   |                      |  |             |
| Aprobado por:   |   | Fecha de aprobación: |  | Hoja: 1 / 2 |

|   |                          |  |   |                 |
|---|--------------------------|--|---|-----------------|
| <b>Organización:</b>  |                          | <b>Título:</b>                               | <b>Proceso:</b>                           |                 |
|  FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR<br>DE COLOMBIA |                          | <b>VALIDACIÓN DEL<br/>         PROTOTIPO</b> | GESTIÓN DE PROYECTOS<br>INNOVADORES       |                 |
| <b>Unidad:</b>  | <b>Area:</b>             |  | <b>Código:</b>                            | <b>Versión:</b> |
| Corporativa   | Oficina de<br>Innovación |  | R- GESINN- 09-Validación<br>del prototipo | 0               |

#### Lista de tareas

1. Se solicitó al personal médico y de enfermería encender el equipo, programar las funciones correspondientes al ventilador, el Monitor de Signos Vitales, los gases medicinales, hacer uso de la historia clínica electrónica, y alternar el uso de los modos incubadora cerrada y cámara de calor radiante. Así mismo, acceder a la cámara climática de la incubadora por los accesos de brazos, utilización del mecanismo de Trendelemburg, ubicar en las cajoneras los implementos correspondientes, etc.
2. El personal de mantenimiento recibió el equipo al ingresar a la clínica para encargarse de su traslado hacia la UCIN ubicada en el sexto piso, donde se les solicitó acceder al equipo para desinstalar el respirador mecánico, cambiar el filtro de la incubadora, y desinstalar el módulo electrónico de mando de la incubadora.
3. El personal de servicios generales limpió y desinfectó la unidad en la puesta a punto para recibir un paciente.

#### Medidas de evaluación

- Fácil acceso a los equipos integrados en la unidad, tanto para su uso como para mantenimiento.
- Claridad del panel de mando de la incubadora.
- Dimensiones del mueble apropiadas para su uso.
- Ingreso de datos en historia clínica: legibilidad de la pantalla, altura del teclado.
- Facilidad de montaje/desmontaje de la cúpula de la incubadora, y su ubicación en la base cuando se usa en modo de calor radiante (cuna abierta).
- Comportamiento de los materiales frente a los agentes químicos utilizados para su limpieza.
- Facilidad de traslado a la unidad
- Satisfacción del usuario

#### Análisis y resultados de datos

- Los usuarios realizaron las tareas establecidas emitiendo juicios a favor a cerca del objetivo del equipo de convertirse en una estación de trabajo en una UCIN.
- Los médicos y enfermeras programaron los equipos de manera correcta. Así mismo, accedieron datos en la historia clínica electrónica sin problema. Cuando fue necesario, variaron fácilmente la altura de la silla, o lo hacían de pie.
- Algunas enfermeras tardaron unos segundos en accionar los seguros de los accesos laterales de la incubadora.
- No emitieron juicios en contra de la ubicación de la cúpula de la incubadora en la base.
- El personal de mantenimiento accedió fácilmente a los equipos.
- Los materiales no presentaron reacción alguna durante la limpieza.

#### Recomendaciones

- A pesar de la satisfacción de los usuarios, desde el punto de vista de usabilidad del equipo, se propone:
- Teniendo en cuenta que se acceden datos específicos en la historia clínica electrónica, la pantalla debería estar más cerca al usuario. Ajustando el ángulo de visión, teniendo en cuenta el alto grado de iluminación de la UCIN.
  - Las dimensiones de la cúpula son un poco excesivas para el desmontaje de éstas.
  - El área determinada para las cajoneras es excesivo para los implementos a albergar.
  - Las salientes de la base podrían provocar tropezones.
  - Los equipos biomédicos que poseen sus respectivos displays de visualización, deben disponerse de tal manera que sean visibles en un mismo costado del mueble.

Aprobado por:

Fecha de aprobación:

Hoja: 2/2

## 9. PROCEDIMIENTO DE VALIDACION

El propósito de la validación es demostrar que un producto o un componente del producto satisface su uso previsto cuando está interactuando en su contexto de uso real, involucrando al usuario real en todas las comprobaciones necesarias para validar el cumplimiento de todos los requerimientos de diseño.

**Gráfico 126.** Capacitación al personal de la UCIN FCV



**Gráfico 127.** Cumplimiento de la tarea de limpieza del equipo



**Gráfico 128.** Recambio del filtro de la incubadora



**Gráfico 129.** Instalación de conexiones y elementos auxiliares al equipo



**Gráfico 130.** Validación del cuerpo médico

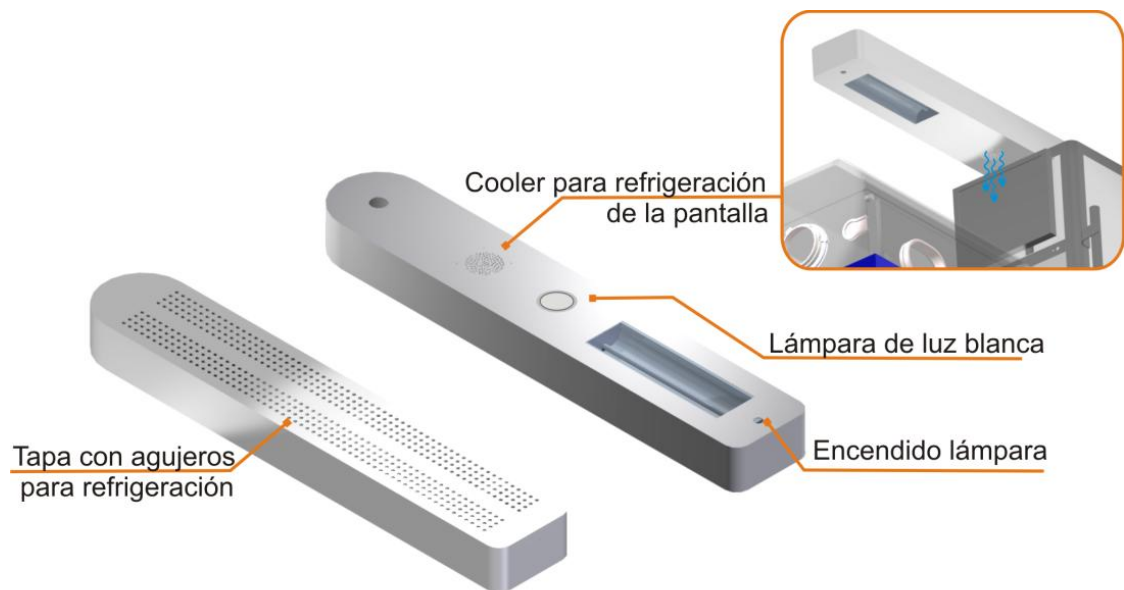


## CAPITULO X. CIERRE

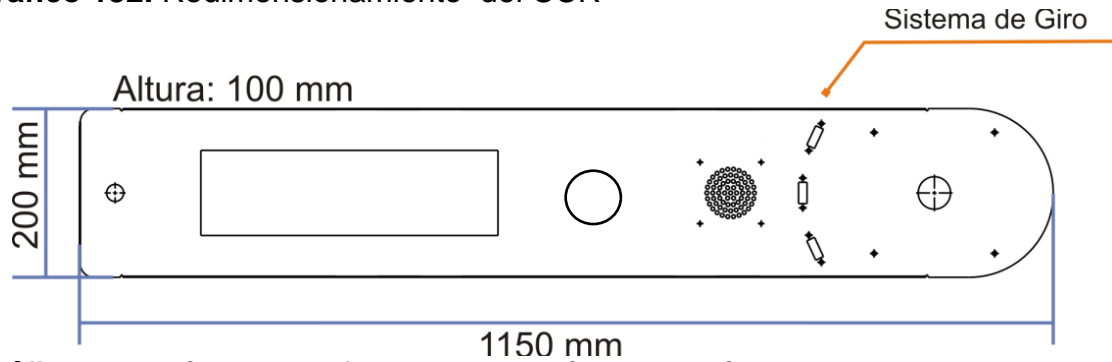
### 10. CORRECCIONES

Atendiendo a la modificación del CCR sugerida en base a los resultados de la verificación el equipo de diseño detalla la propuesta en una visualización tridimensional.

**Gráfico 131.** Modificación del CCR

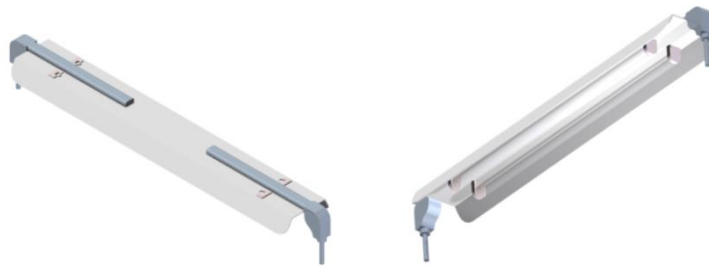


**Gráfico 132.** Redimensionamiento del CCR

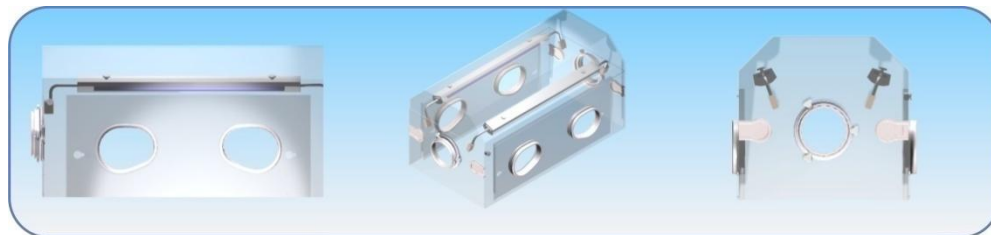
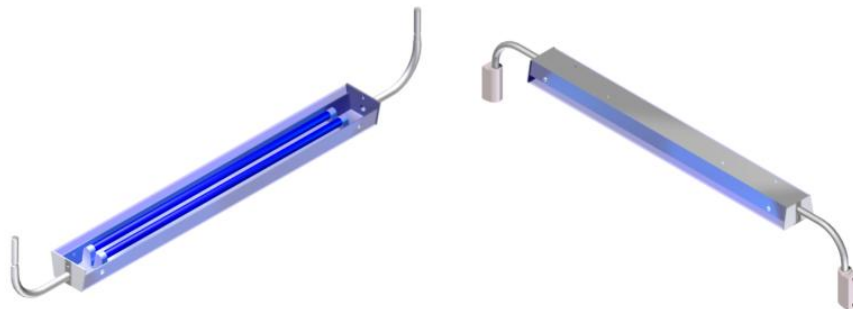


**Gráfico 133.** Lámpara de fototerapia en cámara climática

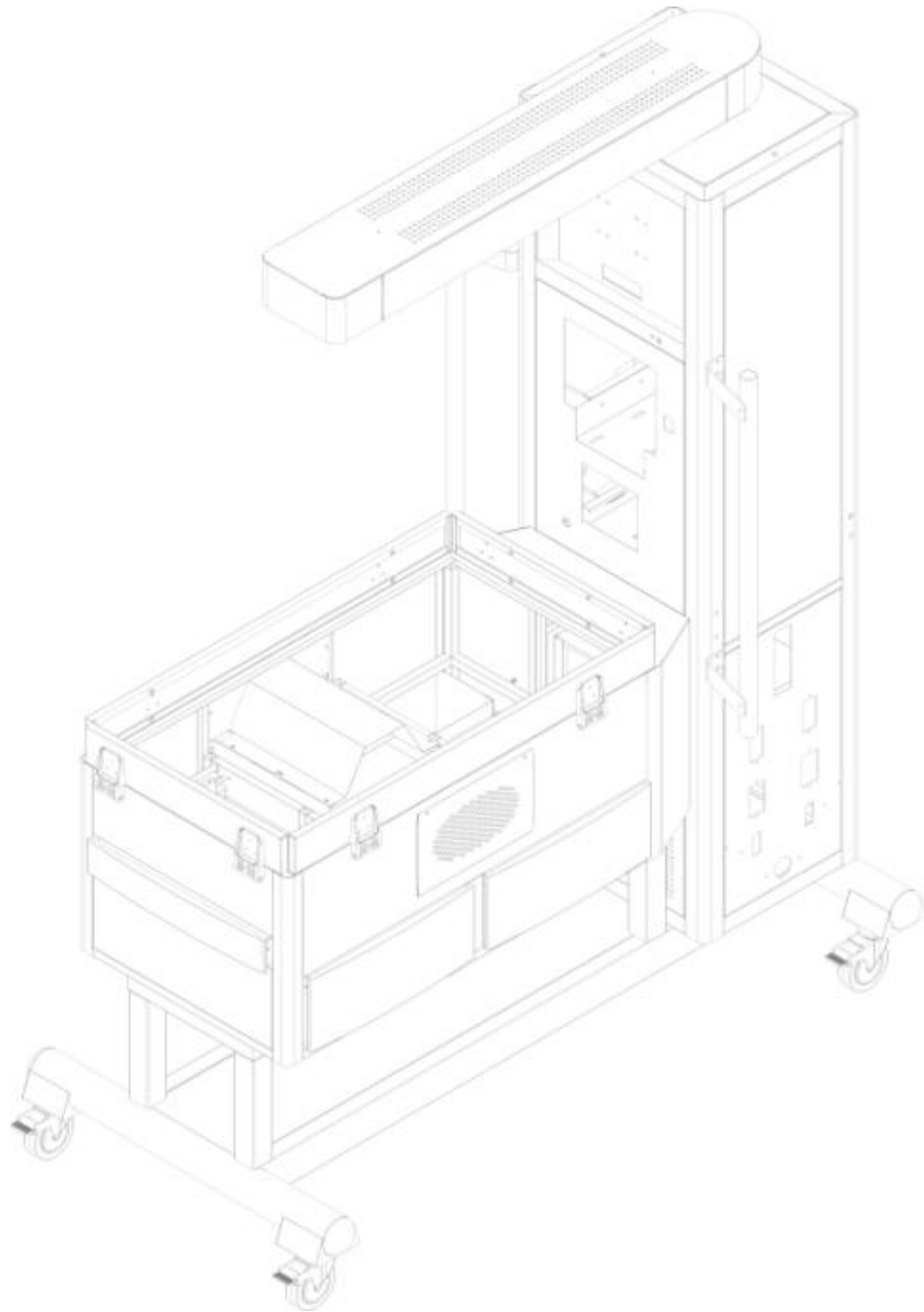
Primera Propuesta



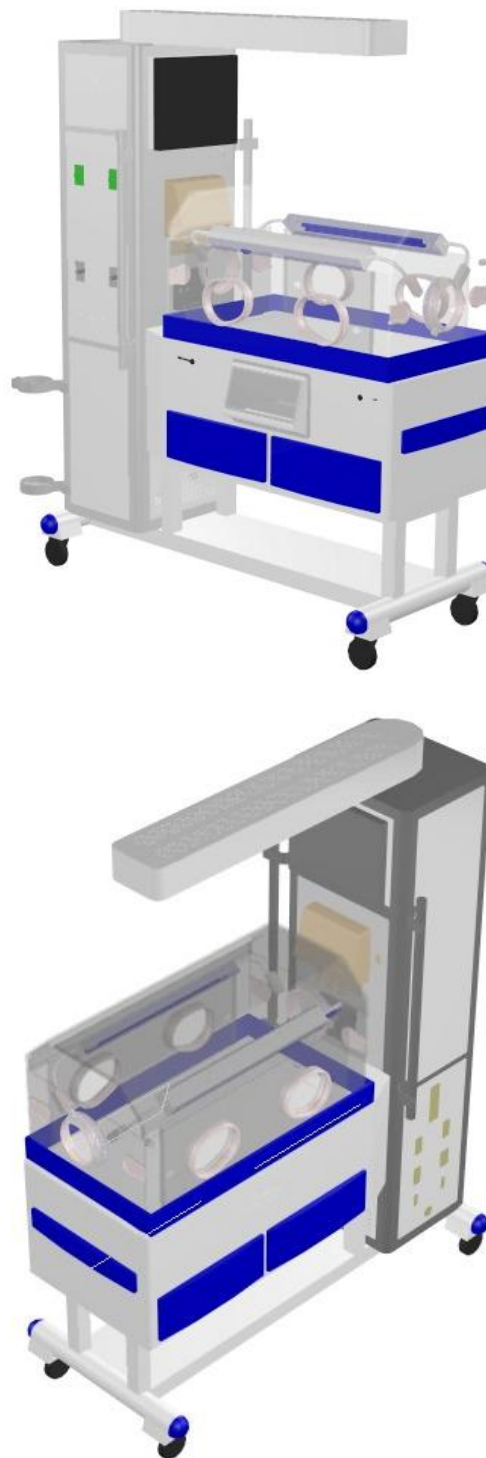
Evolución



**Gráfico 134.** Estructura metálica del modelo funcional evolucionado



**Gráfico 135.** Render evolución del modelo funcional



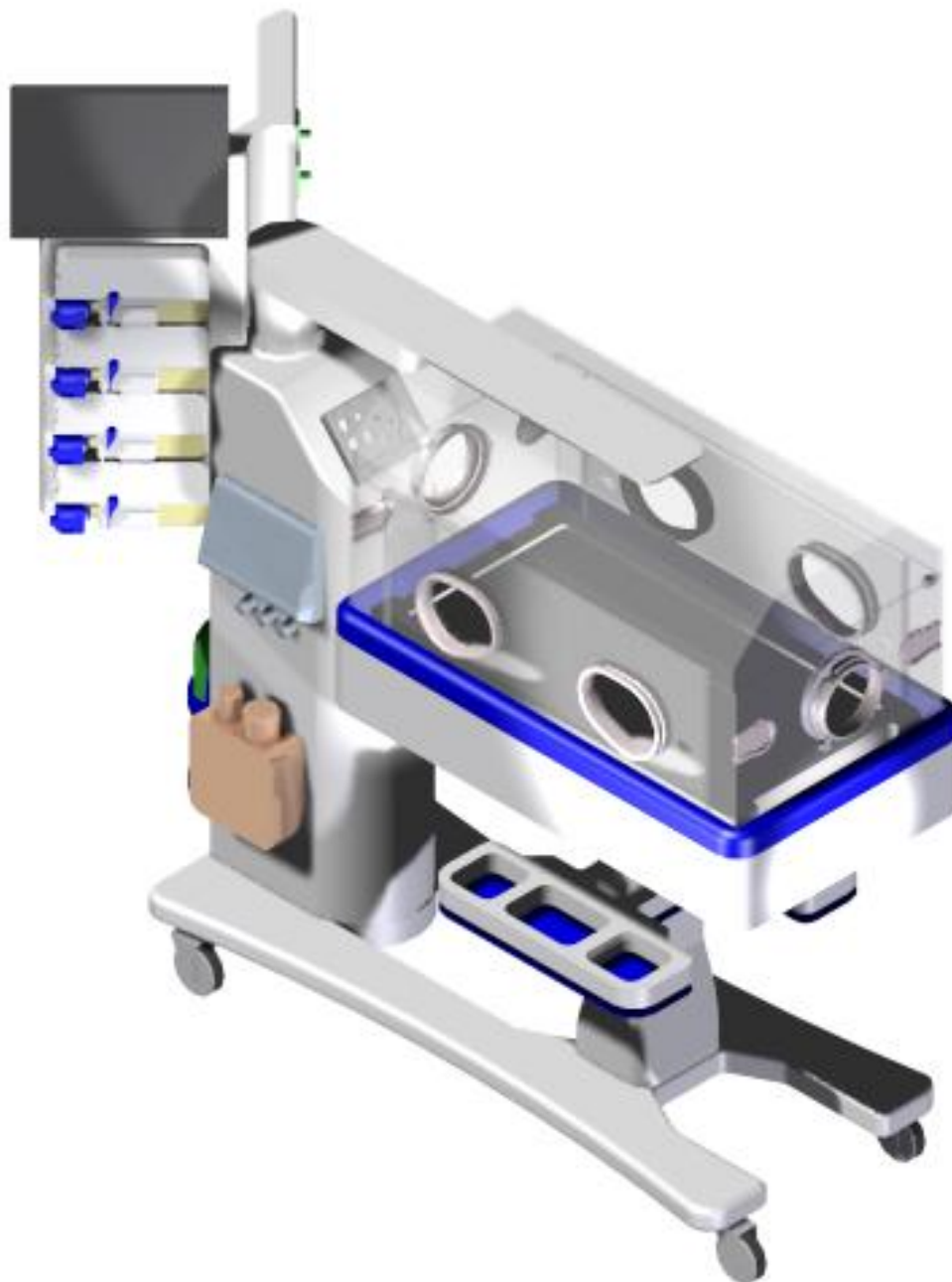
## 10.2. Nueva propuesta de diseño del modelo funcional

Según lo observado durante todo el proceso de diseño, durante la verificación y la validación, considero que las falencias en el modelo funcional son las siguientes:

- Visualización de la pantalla
- Cajoneras innecesarias
- El cuerpo de la base está constituido por un solo cuerpo que aloja la incubadora y los cajones, sirviendo como “caja sonora” de las vibraciones producidas por los equipos médicos encendidos.
- Las salientes de la base podrían producir un accidente
- La disposición del ventilador no favorece la visualización de su display
- Los equipos que poseen sus respectivos displays de visualización. Deben disponerse de tal manera que sean visibles en un mismo lado del mueble.

Respondiendo a estas inquietudes, planteo una propuesta de igual alcance económico, constructivo pero con mayor énfasis en la usabilidad.

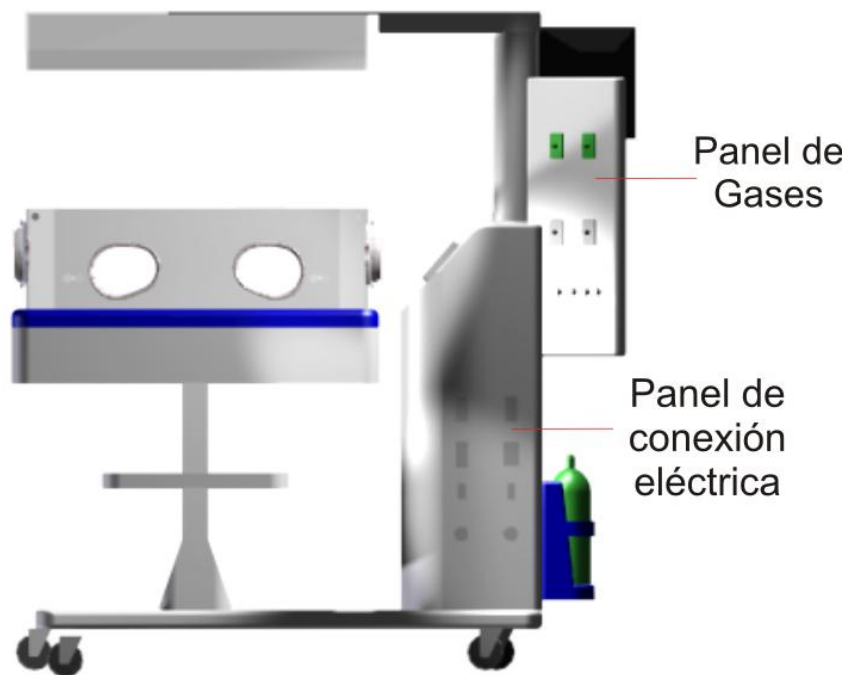
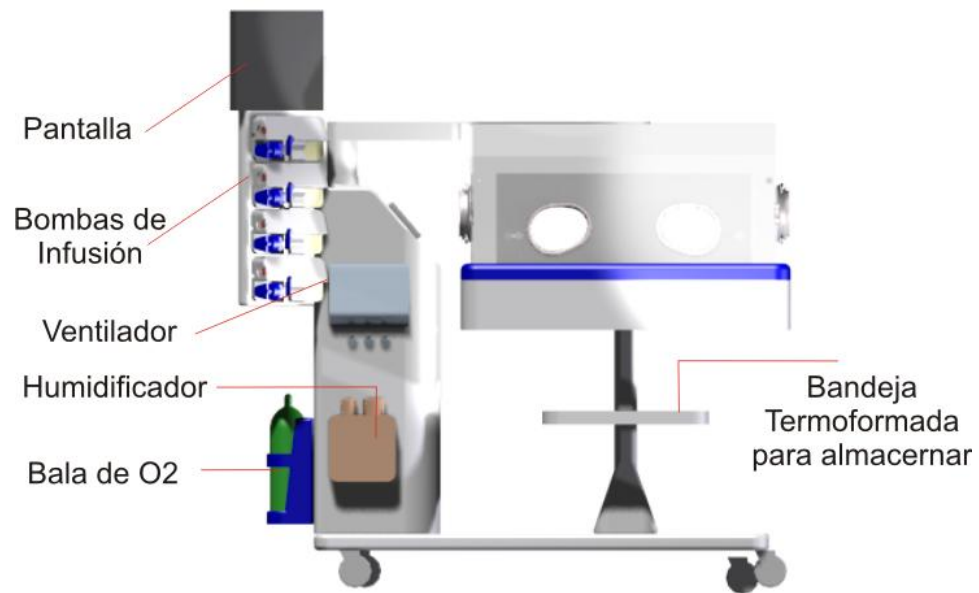
**Gráfico 136.** Nueva propuesta de diseño del modelo funcional

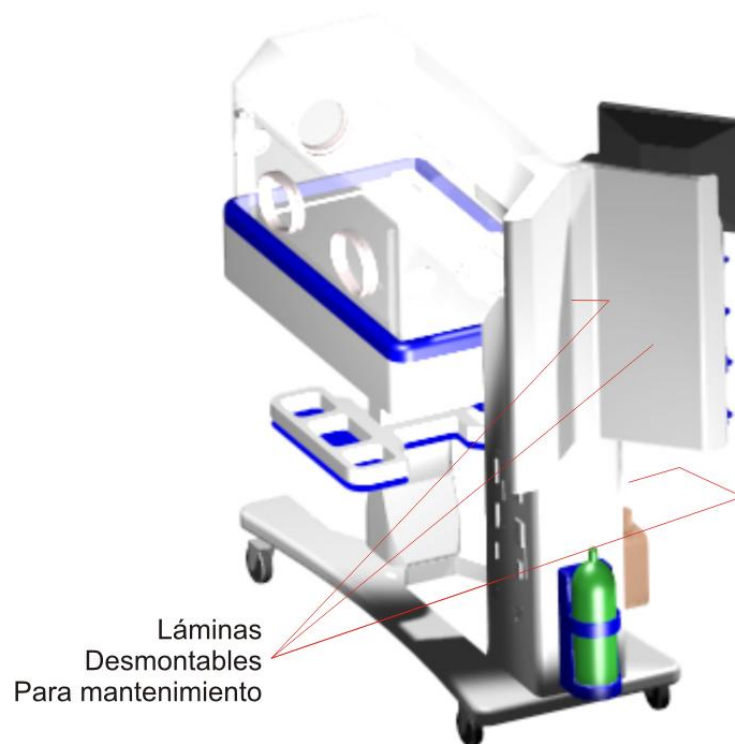




CUNA ABIERTA  
DE CALOR  
RADIANTE







## CONCLUSIONES

En este tipo de proyectos de carácter interdisciplinar, los diseño industrial participamos haciendo un acompañamiento a las diferentes disciplinas, en este caso, ingenierías electrónica y mecánica, así como sistemas al servicio de la salud, participando en la toma de decisiones de en cuanto a las características funcionales, de construcción, la interfaz con los usuarios y un acompañamiento en la producción y ensamble, entre otros.

Durante el desarrollo de mi práctica laboral he podido afianzar mis habilidades para el desarrollo de productos con componentes técnicos de alta complejidad, observando que la metodología en el desarrollo es fundamental en la disminución del índice de error, de repeticiones innecesarias, de pérdida de factores como tiempo y dinero, de vital control para asegurar la óptima culminación del proyecto.

Los programas informáticos para manejo bidimensional y tridimensional tales como Corel Draw, Solid Edge, autocad, entre otros, son herramientas que permiten al diseñador plantear de manera más puntual y acertadas las propuestas, acercarlas a la realidad y evaluar a priori su viabilidad según los requerimientos a cumplir.

El proyecto se llevó a cabo bajo parámetros de apropiación tecnológica de carácter regional, con la participación de industria dedicada a la fabricación de prototipos con miras a la innovación tecnológica en el estudio de materiales y procesos de producción.

La labor del diseñador industrial va más allá de plantear soluciones. En el proceso de desarrollo el manejo de proveedores demanda especial atención, seguimiento en la verificación de procesos y tiempos de entrega. Por otro lado, el manejo de planos técnicos y plantillas, permiten un mayor entendimiento con el equipo de producción de las piezas.

## ANEXOS

### **ANEXO A. Pérdidas de calor en el recién nacido**

El neonato tiene mayores pérdidas de calor que en etapas posteriores de la vida. Este hecho se debe a los siguientes factores:

**Alta relación superficie/volumen.** Esta relación depende del tamaño del recién nacido y de su forma. Mientras más pequeño sea el recién nacido, más alta es esta relación y mayor es la superficie expuesta al ambiente externo por la cual se pierde calor. Además, el prematuro tiene forma más plana a menor peso de nacimiento, lo que también influye a que esta relación sea alta.

**Menor aislamiento cutáneo.** La piel y el tejido subcutáneo son también más escasos en el recién nacido, lo que es más notorio si el bebé es más prematuro y de bajo peso. Los niños de muy bajo peso (menor a 1500g) tienen además piel muy delgada que facilita las pérdidas por evaporación.

**Control vasomotor.** El organismo se aísla del frío externo por medio de la vasoconstricción cutánea. Este mecanismo está bien desarrollado en los recién nacidos a los pocos días de vida. En el caso de los prematuros este mecanismo no es tan efectivo; es más inmaduro.

**Postura corporal.** La postura es un mecanismo de defensa frente al frío. Es la tendencia a "acurrucarse" que tienen todos los mamíferos de manera de disminuir la exposición de superficie corporal al medio ambiente. El recién nacido normalmente no puede cambiar su posición en flexión de sus cuatro extremidades. El prematurote menos de 34 semanas de gestación, tiene una posición con todos sus miembros extendidos y después de las 4 semanas con sus extremidades

inferiores en flexión. De tal manera que éste es también un factor que limita sus defensas frente a ambientes fríos.

### **Producción de calor en el recién nacido**

La producción del calor del recién nacido puede ser de dos tipos:

**Termogénesis no termorreguladora.** Se da cuando la producción de calor es como resultado del metabolismo basal, la actividad, y la llamada acción dinámica específica de los alimentos.

**Termogénesis termorreguladora o química.** En los recién nacidos a término, se da cuando el organismo responde con mecanismos que disminuyen las pérdidas de temperatura (postura y vasoconstricción). El aumento en el metabolismo celular y el tono de la musculatura esquelética contribuyen a aumentar la producción de calor. El escalofrío (temblor) es una respuesta muscular especializada que aumenta la tasa metabólica y el consumo de oxígeno, sin embargo, está pobremente desarrollado en los neonatos.

Así, la termogénesis química, es el principal mecanismo de producción de calor en los prematuro, mediante el metabolismo de un tejido graso llamado “grasa parda” distribuido principalmente en la región interescapular, alrededor de los vasos y músculos del cuello, en la axila, en el mediastino entre el esófago y la tráquea y alrededor de los riñones, y que contiene abundantes vacuolas de grasa, depósitos de glicógeno y gran flujo sanguíneo que le conceden alta capacidad para producir calor a través de reacciones químicas exotérmicas.

Dichas células de tejido adiposo pardo pueden identificarse a las 26-28 semanas de gestación y continúan multiplicándose hasta 3 a 5 semanas después del

nacimiento. Durante este tiempo, los depósitos de grasa parda aumentan en un 150% y corresponden a un décimo del tejido adiposo encontrado en el recién nacido a término. Esto significa que el metabolismo del tejido adiposo pardo y la producción de calor están disminuidos en el recién nacido pretérmino y es mínimo en el recién nacido de muy bajo peso.

Así como el recién nacido tiene facilidad para enfriarse en ambientes fríos, también tiene mayor facilidad para absorber calor en ambientes cálidos. El principal mecanismo de defensa en estos casos es la sudoración. Esta función está limitada en el recién nacido a término. La inmadurez de las glándulas sudoríparas en el prematuro, le dificultan mantener su temperatura en ambientes cálidos y por ende mayor riesgo de que suba su temperatura corporal en estas situaciones. A diferencia de los recién nacidos a término, quienes tienen mayor facilidad para absorber.

#### **Efectos del ambiente térmico en el Recién Nacido**

El buen manejo del ambiente térmico es un aspecto fundamental en el cuidado del prematuro.

**El enfriamiento.** El caso extremo es cuando el ambiente térmico ha superado la capacidad de termorregulación del RN y baja su temperatura corporal (temperatura rectal). Clínicamente esto puede producir en el recién nacido a término quejido y dificultad respiratoria, apnea, disminución de la actividad, dificultad para alimentarse, hipoglicemia y acidosis.

En el prematuro, los signos son más sutiles, pero sus efectos mas graves pudiendo ocasionar apnea e hipoglicemia que si no son detectadas pueden poner en peligro su vida.

**Hipertermia.** Es un trastorno que se presenta cuando el organismo no alcanza a disipar más calor del que genera o absorbe, y generalmente ocurre por estar expuesto a una fuente de calor, en el caso del prematuro, son eventos que no deberían ocurrir dados los sistemas de control que tienen las incubadoras y calefactores radiantes..

**Ambiente Térmico neutral.** "Es el rango de temperatura ambiental en el cual el gasto metabólico se mantiene en el mínimo, y la regulación de la temperatura se efectúa por mecanismos físicos no evaporativos, manteniéndose la temperatura corporal profunda en rangos normales"<sup>8</sup>

Este es muy importante en el cuidado de los prematuros y del RNT enfermo. Se ha comprobado que se asocia con una menor mortalidad y mejor incremento de peso en los prematuros. Mejora la evolución de cualquier recién nacido enfermo.

#### **Mecanismos de transmisión y pérdida de calor.**

**La conducción.** Es la transferencia de calor entre dos objetos sólidos que están en contacto. Se refiere al flujo de calor entre la superficie corporal del niño y otra superficie sólida: colchón frío, balanza, placa rayos X, ropa, frazadas, manos en contacto con el bebé.

**La radiación.** Es la transferencia de calor entre dos superficies sólidas que no están en contacto. El recién nacido perderá calor hacia cualquier objeto más frío que lo rodee: paredes frías de la incubadora, cercanía con ventanas o paredes frías. Ganará calor de objetos calientes a los que esté expuesto: emisividad

---

<sup>8</sup> **Definición:** Comisión Internacional de Sociedades Fisiológicas

(capacidad de emitir calor) de las superficies radiantes. *La pérdida de calor es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.*

**La convección.** Es la transferencia de calor entre una superficie sólida (niño) y aire o líquido, como corrientes de aire provenientes de puertas, ventanas, aire acondicionado ventiladores, aire exterior y flujo oxígeno frío.

**La evaporación.** Es la pérdida de calor por el gasto energético en la conversión de agua a vapor de agua. Las pérdidas por evaporación pueden ser insensibles (por la piel y respiración) conocidas también como *Pérdidas Transepidérmicas de Agua* (PTEA), o pérdidas sensibles como la sudoración.

#### **La importancia de la humedad**

En el prematuro, la cantidad de calor que se puede perder por el proceso pasivo de evaporación es particularmente importante. Las características anatómicas del niño lo predisponen a las PTEA, pero el factor más significativo en este proceso, es la humedad relativa del aire circundante.

En términos de fisiología del niño, lo que tiene mayor significado, es el aumento de permeabilidad de la piel debido a su delgadez e inmadurez. La barrera que produce el *estrato córneo*, la capa más externa de la epidermis, es la mayor resistencia a la difusión de agua, sin embargo, en el recién nacido de muy bajo peso, el *estrato córneo* está pobremente desarrollado y es funcionalmente deficiente. Esta situación es temporal, ya que ocurre una rápida maduración de la piel en las primeras semanas de vida. La madurez estructural y funcional se alcanza alrededor de las dos semanas.

Para niños de término desnudos en un ambiente término neutral, la cantidad de agua y calor que se pierde por la piel es de importancia relativa. Por el contrario, en neonatos de menos de 1 Kg., las pérdidas de agua pueden exceder la producción de calor, afectando el balance total de agua. En términos de pérdida de calor, por cada 1 ml. de agua evaporada a través de la piel, el cuerpo de un recién nacido puede perder aproximadamente 0.58 Kcal de calor. Reducir las pérdidas de agua en estos niños puede no sólo aumentar su posibilidad de sobrevivida, sino también su tasa de crecimiento.

## ANEXO B. Generalidades de las lámparas

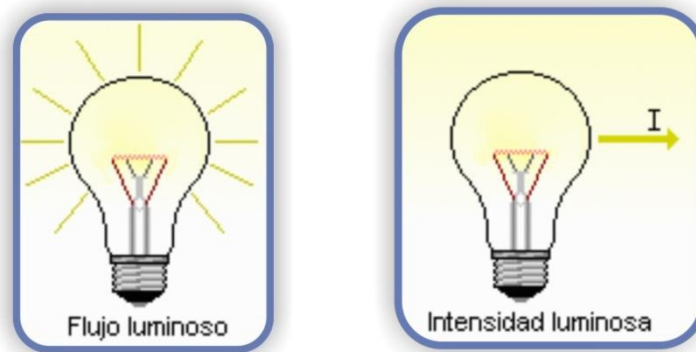
Las lámparas están compuestas por las luminarias, que son la fuente de iluminación, que sirven a las lámparas de soporte y conexión a la red eléctrica, siendo responsable del control y la distribución de la luz emitida por la lámpara.

Dentro de los parámetros que sirven para definir una lámpara se encuentran las características fotométricas, tales como:

**Flujo luminoso.** Es la potencia (W) emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. Su unidad de medida es el lumen (lm).

**Intensidad luminosa.** Define la forma en que se distribuye el flujo en cada dirección del espacio. Es el flujo luminoso emitido por unidad de ángulo y su unidad es la candela (cd).

**Gráfico 137.** Diferencia entre flujo e intensidad luminosa.

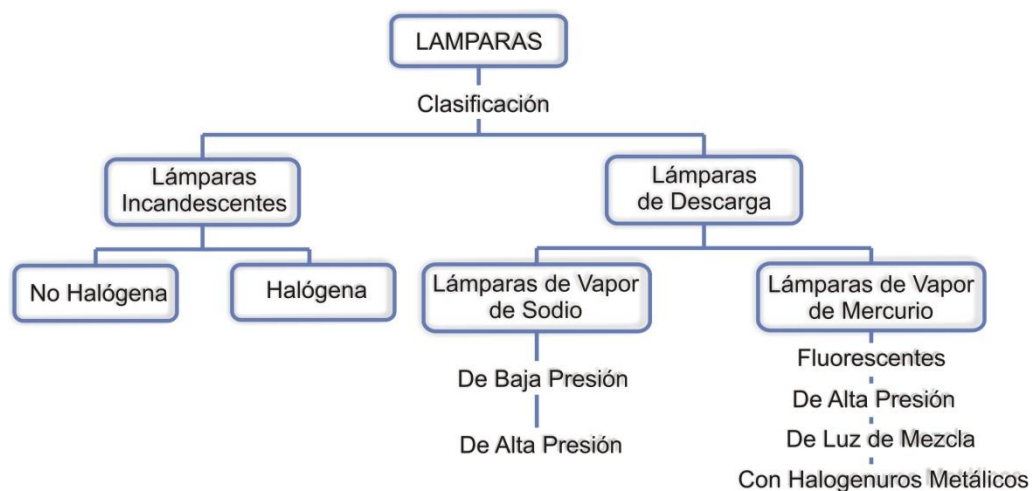


Fuente: [http://edison.upc.es/curs/llum/fotometria/magnitud.html#Intensid\\_Lum](http://edison.upc.es/curs/llum/fotometria/magnitud.html#Intensid_Lum)

**Rendimiento luminoso.** Es la porción de energía eléctrica útil, que se transforma en luz visible, resultado de la pérdida de calor y de radiación no visible (infrarrojo o ultravioleta).

Así, el rendimiento luminoso se entiende como el cociente entre el flujo luminoso producido y la potencia eléctrica consumida, y su unidad es el lumen por watt (lm/W).

**Gráfico 138.** Clasificación de las lámparas [27]



#### ☐ Lámparas Incandescentes: No Halógenas

La lámpara incandescente produce luz por medio del calentamiento eléctrico de un alambre (el filamento) a una temperatura alta que la radiación se emite en el campo visible del espectro. Son las más antiguas fuentes de luz conocidas con las que se obtiene la mejor reproducción de los colores, con una luz muy cercana a la luz natural del sol. Su desventaja es la corta vida de funcionamiento, baja eficacia luminosa (ya que el 90% de la energía se pierde en forma de calor) y depreciación

luminosa con respecto al tiempo. La ventaja es que tienen un coste de adquisición bajo y su instalación resulta simple, al no necesitar de equipos auxiliares.

#### **Lámparas Incandescentes: Halógenas**

Las lámparas incandescentes halógenas de tungsteno, tienen un funcionamiento similar al de las lámparas incandescentes normales, con la salvedad de que el halógeno incorporado en la ampolla ayuda a conservar el filamento. Aumenta así la vida útil de la lámpara, mejora su eficiencia luminosa, reduce tamaño, mayor temperatura de color y poca o ninguna depreciación luminosa en el tiempo, manteniendo una reproducción del color excelente.

apariencia de color: blanco

#### **Lámparas de Descarga: De Vapor de Sodio de baja presión**

Existe una gran similitud entre el trabajo de una lámpara de sodio de baja presión y una lámpara de mercurio de baja presión. Sin embargo, mientras que en la última, la luz se produce al convertir la radiación ultravioleta de la descarga del mercurio en radiación visible, utilizando un polvo fluorescente en la superficie interna; la radiación visible de la lámpara de sodio de baja presión se produce por la descarga de sodio. La lámpara producirá un luz de color amarillo, ya que en casi la totalidad de su espectro predominan las frecuencias cerca del amarillo. La reproducción de color será la menos valorada de todos los tipos de luminaria, Pero sin embargo es la lámpara de mayor eficiencia luminosa y larga vida.

#### **Lámparas de Descarga: De Vapor de Sodio de alta presión**

La diferencia de presiones del sodio en el tubo de descarga es la principal y más sustancial variación con respecto a las lámparas anteriores. El exceso de sodio en el tubo de descarga, para dar condiciones de vapor saturado además de un exceso de mercurio y Xenón, hacen que tanto la temperatura de color como la

reproducción del mismo mejoren notablemente con las anteriores, aunque se mantienen ventajas de las lámparas de sodio baja presión como son la eficacia energética elevada y su larga vida.

#### **☐ Lámparas de Descarga: De Vapor de Mercurio de baja presión o fluorescentes**

Recordemos que estas lámparas son de descarga de mercurio de baja presión, en la cual la luz se produce predominantemente mediante polvos fluorescentes activados por la energía ultravioleta de la descarga. Tienen mayor eficacia luminosa que las lámparas incandescentes normales y muy bajo consumo energético. Son lámparas más costosas de adquisición y de instalación, pero se compensa por su larga vida de funcionamiento. La reproducción del color es su punto débil, aunque en los últimos años se están consiguiendo niveles aceptables. Caracterizadas también por una tonalidad fría en el color de la luz emitida.

#### **☐ Lámparas de Descarga: De Vapor de Mercurio de alta presión**

En estas lámparas la descarga se produce en un tubo de descarga que contiene una pequeña cantidad de mercurio y un relleno de gas inerte para asistir al encendido. Una parte de la radiación de la descarga ocurre en la región visible del espectro como luz, pero una parte también se emite en la región ultravioleta. Cubriendo la superficie interior de la ampolla exterior, con un polvo fluorescente que convierte esta radiación ultravioleta en radiación visible, la lámpara ofrecerá mayor iluminación que una versión similar sin dicha capa. Aumentará así la eficacia lumínica y mejorará la calidad de color de la fuente, como la reproducción del color.

### **Lámparas de Descarga: Mezcladora**

La lámpara mezcladora deriva de la lámpara convencional de mercurio de alta presión. La diferencia principal entre estas dos es que, la última depende de un balasto externo para estabilizar la corriente de la lámpara, y la lámpara mezcladora posee un balasto incorporado en forma de filamento de tungsteno conectado en serie con el tubo de descarga. La luz de descarga del mercurio y aquella del filamento caldeado se combinan, o se mezclan, para lograr una lámpara con características operativas totalmente diferentes a aquellas que poseen tanto una lámpara de mercurio puro como una incandescente. La principal ventaja es que concentra las ventajas de ambos tipos.

### **Lámparas de Descarga: De halogenuros metálicos**

Las lámparas de mercurio halogenado son de construcción similar a las de mercurio de alta presión. La diferencia principal entre estos dos tipos, es que el tubo de descarga de la primera, contiene una cantidad de haluros metálicos además del mercurio. Estos haluros son en parte vaporizados cuando la lámpara alcanza su temperatura normal operativa, El vapor de haluros se disocia luego dentro de la zona central caliente del arco en halógeno y en metal, con el metal vaporizado irradia su espectro apropiado. Hasta hace poco estas lámparas han tenido una mala reputación, al tener un color inestable, precios elevados y poca vida. Hoy han mejorado aumentando su eficacia lumínica y mejorando el índice de reproducción del color, punto débil en el resto de lámparas de descarga.

### **Equipo para fototerapia**

Entre mayor sea la superficie expuesta, será más efectiva la fototerapia. Comúnmente las unidades de fototerapia poseen tubos de luz día, blanco frío, o azul (fototerapia convencional), que tiene la misma emisión espectral que el espectro de absorción de la bilirrubina (450 nm a 500 nm). Otras unidades usan

tubos halógenos de tungsteno en diferentes configuraciones como unidad separada o como parte de una unidad de calor radiante. Más recientemente se han desarrollado sistemas de fibra óptica blanca.

## **ANEXO C. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-066-SSA1-1993. QUE ESTABLECE LAS ESPECIFICACIONES SANITARIAS DE LAS INCUBADORAS PARA RECIEN NACIDOS**

### **5. Especificaciones**

Las incubadoras deben tener un sistema de acondicionamiento ambiental con cámara aislada que debe reducir la pérdida y ganancia de calor por radiación, aminorar la penetración de ruidos, humedad controlada, concentraciones controladas de oxígeno, con alarmas visuales y audibles conectadas a los sensores específicos que señalan alteraciones en los rangos establecidos.

#### **5.2. COMPONENTES MECANICOS**

Debe ser de material que permita observar al recién nacido fuera de la cubierta, sin dificultad.

Debe contar con lo necesario para facilitar el acceso al interior y colocar al recién nacido en forma adecuada. Si la cubierta puede abatirse o posee tapa debe estar diseñada de manera que evite su caída y apertura accidental.

Los orificios para acceso deben de estar cubiertos cuando no estén en uso para que no se alteren las condiciones de operación de la incubadora.

La cámara climática debe tener 4 ventanillas, 2 al frente y 2 en la parte posterior, en los laterales más largos para introducir los brazos.

La tapa de la ventanilla o escotilla debe contar con un seguro que evite una apertura accidental mediante un mecanismo de abatimiento automático.

La cámara climática debe tener dos (2) accesos tipo iris, en los laterales más cortos, que permitan la introducción de cables de monitoreo, líneas de gases y tubos para ventilación pulmonar.

El Capacete o tapa de cámara climática, debe ser diseñada de tal forma que no se desarme o se caiga.

El colchón debe estar fabricado de material antialérgico.

La plataforma que soporta el colchón debe contar con un espacio suficiente, inferior, para colocar un porta chasis con su placa radiográfica.

La plataforma que soporta el colchón debe contar con un mecanismo adecuado que permita elevar los extremos a las posiciones trendelemburg y antitrendelemburg.

El módulo de control debe estar integrado al chasis y contener los elementos de control de la incubadora.

El módulo de control deberá removerse por medio de un sistema que permita el aseguramiento óptimo al chasis principal.

El chasis debe soportar con seguridad y estabilidad la cámara climática, la unidad térmica y los accesorios adicionales.

El chasis debe descansar en cuatro ruedas, de las cuales, al menos dos, deben estar provistas de freno.

Debe tener manijas o sistema similar en los lados para facilitar el desplazamiento.

El aire obtenido del medio ambiente debe pasar a través de un microfiltro que retenga partículas de 0.5 micras o mayores.

El microfiltro de entrada de aire debe minimizar la probabilidad de obstrucción o alteración inadvertida de los patrones de flujo de aire, que afecten el comportamiento del equipo.

### **5.3. CONDICIONES AMBIENTALES DE OPERACION**

**Temperatura:** 293 K a 305 K (20°C a 32°C)

**Humedad relativa:** 60%  $\pm$  20%

**Presión barométrica:** 75.4 kPa a 100.1 kPa (580 mmHg a 770 mmHg).

**Velocidad del aire:** 10 a 15 cm/seg.

**Tensión de alimentación:** Debe trabajar a 127 volts  $\pm$  10% de tolerancia a 60 hercios.

### **5.4. CARACTERISTICAS TERMICAS**

El control de temperatura debe equilibrar desde 296.15 K (23°C) y no más de 310.15 K (37°C).

La exactitud de la temperatura indicada debe ser de  $\pm$  0.3 K (°C).

La temperatura máxima de las superficies que están en contacto con el recién nacido debe ser de 313.15

La temperatura máxima de las superficies que están en contacto con el recién nacido debe ser de 313.15 K (40°C).

La temperatura máxima de las superficies accesibles al recién nacido (en condiciones normales de operación o cuando cesa la circulación de aire o el control principal de temperatura falla) debe ser de 313.15 K (40°C).

La temperatura máxima en superficies de plástico de baja conductividad térmica o de madera debe ser de 343.15 K (70°C).

Se debe contar con un termostato o dispositivo electrónico de control para el rango de temperatura de control máxima de 310.15 K (37°C).

## **5.5. ALARMAS**

Alarma audible y visual para falla en la circulación de aire.

La alarma para falla en la circulación de aire entra en funcionamiento, en un lapso de tres minutos.

La temperatura indicada debe ser claramente visible y legible, sin tener que abrir el compartimiento del recién nacido. La indicación puede ser continua, intermitente, o activada por el usuario.

Alarma audible para falla de la energía eléctrica o para cuando se desconecta accidentalmente el cable de alimentación.

Después de una interrupción de 5 minutos o menor y una subsecuente restauración de la energía, no se afectará el modo de operación del equipo y la temperatura de control establecida.

Cualquier alarma silenciada deliberadamente debe sonar automáticamente en un lapso no mayor de los siguientes 15 minutos, a menos que el motivo de la alarma haya sido corregido. El silenciar una alarma no debe debilitar o inactivar alguna otra alarma.

Las alarmas visuales no deben apagarse, hasta que la razón de alarma haya sido corregida.

#### **5.6. NIVELES DE SONIDO**

El nivel de sonido al interior de la cámara climática, en condiciones normales de operación no debe exceder los 60 DBA.

El nivel de sonido al interior de la cámara climática, con todas las alarmas activadas, no debe exceder los 80 DBA.

En el exterior de la incubadora a 3 m de distancia a una altura de 1.8 m, con cada una de las alarmas activadas, el nivel de sonido no debe ser mayor de 65 DBA.

**5.7.** La concentración de bióxido de carbono en el compartimiento del recién nacido no debe ser mayor de 0.5 mEq/L.

#### **5.8. PREVENCIÓN CONTRA EL FUEGO**

Los componentes de la incubadora que pudieran ser de material inflamable, deben estar separados del área diseñada para el aire enriquecido de oxígeno por medio de barreras de protección no inflamable, las cuales deben prevenir la concentración excedida de oxígeno en el medio ambiente.

## **5.9. REQUERIMIENTOS MECANICOS Y DE CONSTRUCCION**

Los medios de acceso que permiten la manipulación del recién nacido, tales como puertas, ventanillas o similares, no podrán ser abiertas inadvertidamente o desenganchadas, bajo condiciones normales de uso o como resultado de la actividad del recién nacido.

Todas las superficies en el compartimiento del recién nacido, ductos, unidad humidificadora y otros componentes del sistema de circulación del aire, deben ser fácilmente accesibles a la limpieza y desinfección.

La cámara climática debe ser de material que permita observar al recién nacido desde fuera de la cámara, sin dificultad.

El chasis debe tener manijas o sistema similar en los lados para facilitar el desplazamiento del mueble.

## **5.10. ESTABILIDAD Y TRANSPORTE**

El ángulo de volcadura del equipo deberá ser igual o mayor a 10 grados, con respecto a la vertical y la fuerza necesaria deberá ser igual o mayor a 100N.

Después de algún impacto contra obstáculo, las cerraduras y las puertas deben permanecer cerradas y el equipo deberá permanecer en su lugar.

## **5.11. SUMINISTRO COMPLEMENTARIO DE OXIGENO**

El suministro complementario de oxígeno debe permanecer firmemente asegurado a la unidad. Los medidores deben ser fácilmente visibles y las válvulas reguladoras ajustables, deben estar accesibles.

### **5.12. SEGURIDAD DE INTERRUPTORES Y CONTROLES**

Dispositivo para verificar la integridad de los sensores de alarmas de alta temperatura, sin necesidad de interrumpir la terapia.

Todos los interruptores y controles accesibles al operador durante condiciones normales de uso, deben estar firmemente asegurados al equipo.

Todos los interruptores y controles deben ser claramente marcados, indicando la función que realizan.

Si se utilizan marcas de "Máximo" y "Mínimo", deben localizarse de tal forma que no provoquen confusión, sin importar la posición del control y el valor indicado.

Las entradas y salidas de gases deben seguir la nomenclatura de color:

- Oxígeno (verde)
- Aire (amarilla)
- Vacío (Blanca)

No deben utilizarse termostatos y termómetros de mercurio en vidrio.

### **5.13. CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS**

El cable de alimentación de energía eléctrica debe tener una longitud mínima de 3 m.

La clavija del cable de alimentación deber ser de grado hospitalario y necesariamente involucra tres terminales. El vivo, el neutro y tercero tierra física.

Se debe evitar que los esfuerzos mecánicos sobre el cable de alimentación tales como jalón o tirón se transmitan al cableado interno o las terminales de conexión.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] CRISTO, Martha y GARZON PAEZ, Diana Carolina. Desarrollo neurocomportamental del recién nacido prematuro de 34 a 40 semanas, asistente al programa madre canguro. Proyecto de Trabajo de Grado. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, 2005.
- [2] WIKIMEDIA FOUNDATION. Morbilidad. Categoría Epidemiología. [en línea]: <http://es.wikipedia.org/wiki/Morbilidad>. Última actualización: Mayo 20 de 2007.
- [3] \_\_\_\_\_Mortalidad. Categoría Glosario de términos Médicos. [en línea]: [http://es.wikipedia.org/wiki/indice\\_de\\_mortalidad](http://es.wikipedia.org/wiki/indice_de_mortalidad). Última actualización: Agosto 2 de 2007.
- [4] DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADISTICA. DANE. [en línea]. <http://www.dane.gov.co/>
- [5] CENTRO LATINOAMERICANO DE PERINATOLOGIA Y DESARROLLO HUMANO. CLAP. Estadísticas de la Región de América Latina y Caribe. [en línea]. [http://www.clap.ops-oms.org/web\\_2005/estadisticas\\_de\\_la\\_region/index.htm](http://www.clap.ops-oms.org/web_2005/estadisticas_de_la_region/index.htm).
- [6] Sala de Situación: Mortalidad Materna y Perinatal en Santander. Informe Secretaría de Salud de Santander. [en línea]. <http://www.saludsantander.gov.co/>
- [7] CIFUENTES, Javier y VENTURA, Patricio. Recién nacido, concepto, riesgo y clasificación.
- [8] DE LEAÑO, Ana Teresa y JARAMILLO Santiago. Manual Pediátrico. “El Prematuro”

- [9] Sociedad de Pediatría de Chile, Filial Concepción. Concepto del niño prematuro. [en línea]: <http://www.entrepediatras.cl>. 2007
- [10] APAPREM, Asociación Argentina de Padres de Niños Prematuros. ¿Cuándo se considera prematuro un bebé? [en línea]: [www.planetamama.com.ar](http://www.planetamama.com.ar). 2007
- [11] IBARRA FERNANDEZ, Antonio José. Manual de enfermería en Neonatología. Cap. 13. El Neonato en Estado Crítico. [en línea]: <http://www.aibarra.org/Neonatologia/default.htm>. 2007.
- [12] GONZALEZ, Luis Hernán. Termorregulación en recién nacido. Edición Servicio Neonatología Hospital Clínico. Universidad de Chile. Publicación noviembre 2001.
- [13] SOLIS, Juana Mayela. Manejo y Evolución de recién nacidos prematuros en sala de neonatología del Hospital Materno Infantil Dr. Fernando Velez Paiz. [en línea]. Universidad Autónoma de Nicaragua. Managua, Marzo de 2005.
- [14] CUEVAS BAHENA, Francisca Bahena y DAVILA SANCHEZ, María del Carmen. Participación de Enfermería en la Estimulación Temprana. [en línea]: <http://www.mediks.com/enfermeras/index.php>. Mayo 27 de 2007.
- [15] UNIVERSITY OF VIRGINIA, Health System. El recién nacido de alto riesgo: El calor y la regulación de la temperatura. [en línea]: [http://www.healthsystem.virginia.edu/uvahealth/peds\\_hrnewborn\\_sp](http://www.healthsystem.virginia.edu/uvahealth/peds_hrnewborn_sp). Última actualización: Abril de 2007.

[16] ALCARAZ GUIRADO, Antonia. Camas de Cuidados Intensivos. [en línea]:  
<http://www.clinilab.biz/services.html>. Última actualización: Agosto de 2007.

[17][http://www.hornosindustriales.cl/menu\\_home/info\\_site/Radiacion\\_infrarroja.pdf](http://www.hornosindustriales.cl/menu_home/info_site/Radiacion_infrarroja.pdf)

[18] SUZUKI, Tatsuo. Manual de Operación Ventilador Denver. Takaoka Industria e Comércio LTDA. Código de Manual: 204010339\_000. Sao Paulo, Brasil. Septiembre 2004.

[19] K. TAKAOKA. Catálogo de Productos de Terapia Intensiva K. Takaoka. [en línea]: [www.promedtechnology.com/takaoka\\_microtack\\_vent.pdf](http://www.promedtechnology.com/takaoka_microtack_vent.pdf).

[16] SUZUKI, Tatsuo. Manual de Operación Ventilador Smart. Takaoka Industria e Comércio LTDA. Código de Manual: 204010371\_000. Sao Paulo, Brasil. Agosto 2005.

[20] IRENE Niubó, Jorge. EVALUACIÓN DE UN MONITOR DE PACIENTE. Instituto Central de Investigación Digital. Marzo de 2000. Ciudad de La Habana, Cuba. [en línea]: <http://scielo.sld.cu/pdf/ibi/v20n2/ibi08201.pdf>

[21] JIMÉNEZ MOLINA, Marisol. Las constantes vitales, monitorización básica. Unidad de Neonatología y UCIP del Hospital de Sabadell. CPT. Sabadell. Barcelona. España. 2007. [en línea]:  
<http://www.eccpn.aibarra.org/temario/seccion1/capitulo4/capitulo4.htm>

[22] CENTRAL DUPAGE HOSPITAL. Los signos vitales. [en línea]:  
<http://www.cdh.org/HealthInformation.aspx?pagelId=P03372>

- [23] RODRIGUEZ, Jorge Humberto. Manual de Usuario Monitor de Signos Vitales. FCV Bioingeniería Fundación Cardiovascular de Colombia. 2007.
- [24] MedlinePlus Enciclopedia Médica: Fototerapia. 2006. [en línea]: [http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/esp\\_imagepages/17092.htm](http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/esp_imagepages/17092.htm)
- [25] MARTÍNEZ OROZCO, María Ximena. VÁSQUEZ DE KARTZOW, Rodrigo. Ictericia Neonatal. Guías de Práctica Clínica Basadas en la Evidencia: Proyecto ISS - Asociación Colombiana de Facultades de Medicina ASCOFAME. 2006.
- [26] Principales tipos de lámparas. [en línea]: [http://www.unav.es/ted/manualted/manual\\_archivos/luz9\\_main.htm](http://www.unav.es/ted/manualted/manual_archivos/luz9_main.htm)
- [27] CHOONGWAE MEDICAL CORPORATION. Operationg and Service Manual, mamii Infant Incubator Model CHS – i1000.
- [28] CASTILLON LEVANO, C. Bruno. Incubadora para neonatos de alto riesgo. Pontificia Universidad Católica Del Perú. 1999.
- [29] LUQUE PEÑUELA, Angélica María. URIBE GOMEZ, July Andrea. Incubadoras. Programa de ingeniería en mantenimiento industrial y hospitalario unisangil-unab. Noviembre de 2002.
- [30] MEDIX I.C.S.A. Manual de Usuario Incubadora de terapia intensiva MEDIX PC 305. Número de catálogo: 72526 E. Buenos Aires, Argentina. 2003.
- [31] PAJARES ANTÓN, M<sup>a</sup>Jesús. JIMÉNEZ, Sofía Pérez. Posiciones quirúrgicas: cuidados de enfermería y prevención de complicaciones. [en línea]:

[http://www.fuden.es/protocolos\\_obj.cfm?ID\\_PROTOCOLO=44&ID\\_PROTOCOLO\\_](http://www.fuden.es/protocolos_obj.cfm?ID_PROTOCOLO=44&ID_PROTOCOLO_ANT=1&FilInicio=1&paginacion=4)  
ANT=1&FilInicio=1&paginacion=4. 2003.