

SISTEMA DE ASISTENCIA Y MONITOREO PARA PACIENTES EN LA UNIDAD
DE CUIDADOS INTENSIVOS DE LA FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR DE
COLOMBIA, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO FUNCIONAL

MIGUEL JOSUÉ ROJAS MARTÍNEZ

DIEGO ALFONSO AMAYA ROJAS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA

2010



SISTEMA DE ASISTENCIA Y MONITOREO PARA PACIENTES EN LA UNIDAD
DE CUIDADOS INTENSIVOS DE LA FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR DE
COLOMBIA, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO FUNCIONAL

Modalidad práctica empresarial

MIGUEL JOSUÉ ROJAS MARTÍNEZ

DIEGO ALFONSO AMAYA ROJAS

Título a obtener

DISEÑADORES INDUSTRIALES

DIRECTOR DE PROYECTO

M.Sc. Ing. John Faber Archila

TUTOR RESPONSABLE EN PRÁCTICA

Ing. Jorge Humberto Rodríguez

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA

2010



CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	23
1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO	24
1.1 TÍTULO	25
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	25
1.3 JUSTIFICACIÓN	30
1.4 OBJETIVOS	33
1.5 USUARIOS	34
1.6 PRÁCTICA EMPRESARIAL	35
1.6.1 La empresa	35
1.6.1.1 FCV bioingeniería	36
1.6.2 Alcance del proyecto	36
1.7 METODOLOGÍA	38
2. DEFINICIÓN ESTRATEGICA	42
2.1 ESTADO DEL ARTE	42
2.1.1 Equipos médicos integrados	42
2.1.2 Instalaciones para UCI	44
2.1.3 Patentes	49
2.2 UCIM 1200	52
2.2.1 Estructura	53
2.2.2 Ventilador mecánico	54
2.2.3 Monitor de signos vitales	54
2.2.4 Panel Eléctrico	57
2.2.5 Panel de gases	58
2.3 ANÁLISIS DE ACTIVIDADES DE LA UCIM 1200	60

2.3.1 Ubicación de los controles.....	61
2.3.2 Descripción de actividades.....	61
2.3.2.1 Verificación estado del equipo.....	62
2.3.2.2 Encender el equipo.....	63
2.3.2.3 Realizar conexiones al paciente.....	64
2.3.2.4 Control y monitoreo.....	66
2.3.3 Resultado de la observación.....	69
2.4 INVESTIGACIÓN TÉCNICO-PRODUCTIVA.....	69
2.4.1 Productividad.....	69
2.4.2 Estaciones de trabajo.....	72
2.4.3 Apariencia.....	73
2.4.4 Movilidad.....	74
2.5 ANTROPOMETRÍA.....	76
2.6 IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES.....	88
2.6.1 Entrevistas.....	88
2.6.2 Cuestionario.....	93
2.6.3 Resultados generales.....	96
2.7 REQUERIMIENTOS.....	97
3. DISEÑO DEL CONCEPTO.....	102
3.1 ESQUEMA GENERAL.....	102
3.1.1 Retícula antropométrica.....	102
3.2 REFERENCIA FORMAL.....	107
3.3 BOCETACION.....	111
3.3.1 Componentes principales.....	111
3.3.2 Conjunto.....	113
3.3.2.1 Alternativa conceptual 1.....	113
3.3.2.2 Alternativa conceptual 2.....	113
3.3.2.3 Alternativa conceptual 3.....	114
3.3.2.4 Selección de alternativa.....	114

3.4 DESARROLLO DE ALTERNATIVA.....	115
3.4.1 Modelo conceptual 1.0.....	116
3.5 COMPROBACIÓN DE CONCEPTO.....	117
3.5.1 Primera comprobación de diseño.....	117
3.5.1.1 Modelo conceptual 1.1.....	118
3.5.2 Segunda comprobación de diseño.....	121
3.5.2.1 Modelo conceptual 1.2.....	123
3.5.3 Tercera comprobación de diseño.....	123
3.5.4 Modelo conceptual 1.3.....	125
3.5.5 Sistemas complementarios.....	125
4. DISEÑO DE DETALLE.....	127
4.1 DISEÑO DE COMPONENTES.....	127
4.2.1 Estructura.....	128
4.2.2 Soportes.....	133
4.2.3 Accesorios.....	136
4.3 ENSAMBLE.....	150
4.4 ARTES FINALES.....	152
4.4.1 Marca del producto.....	152
4.4.2 Etiquetas.....	154
5. INGENIERIA DE PRODUCTO.....	155
5.1 PRUEBAS DE RESISTENCIA.....	155
5.2 ESPECIFICACIONES.....	159
5.2.1 Dimensiones.....	159
5.2.2 Componentes.....	159
5.2.3 Características.....	162
5.2.3.1 Proceso productivo.....	162
5.2.3.2 Fortalecimiento de mercado.....	162

5.2.3.3	Bajo impacto ambiental	167
5.3	COSTOS	169
5.4	PARALELO CON LA UCIM 1200	173
5.5	MODELO FUNCIONAL	175
5.5.1	Definición de Materiales	175
5.5.2	Construcción	176
5.5.3	Comprobación del modelo	178
5.5.3.1	Sugerencias de mejora	181
6.	OTROS DESARROLLOS REALIZADOS	182
6.1	DESARROLLOS INDUSTRIALES	182
6.1.1	MSV Home Care	182
6.1.2	Modificaciones UCIM 1200	184
6.1.3	Tallímetro	186
6.1.4	Soporte para desfibrilador	188
6.2	DESARROLLOS GRÁFICOS	189
6.2.1	Creación de marca	189
6.2.2	Documentos comerciales	192
6.2.3	Manuales	193
6.2.3.2	Manuales de servicio	194
6.2.3.1	Manuales de usuario	196
7.	CONCLUSIONES	197
	BIBLIOGRAFÍA	200

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Inventario de UCI.....	27
Tabla 2. Frecuencia de uso de los componentes UCIM 1200.....	63
Tabla 3. Normas equivalentes, 1/2.....	77
Tabla 4. Normas equivalentes, 2/2.....	78
Tabla 5. Definición segmentos del cuerpo	81
Tabla 6. Medidas de los segmentos del cuerpo	82
Tabla 7. Medidas antropométricas de hombres colombianos	86
Tabla 8. Medidas antropométricas de mujeres colombianas	87
Tabla 9. Muestra entrevistas.	89
Tabla 10. Resultados entrevistas	90
Tabla 11. Resultados entrevista, expectativas.....	92
Tabla 12. Prioridad de requerimientos.	101
Tabla 13. Frecuencia de uso de componentes de la UCIM 1200.....	103
Tabla 14. Muestra de primera comprobación.....	118
Tabla 15. Datos obtenidos primera comprobación	119
Tabla 16. Cambios modelo conceptual 1.1	120
Tabla 17. Muestra segunda comprobación.	121
Tabla 18. Datos obtenidos segunda comprobación.	122
Tabla 19. Cambios modelo conceptual 1.2	123
Tabla 20. Cambios modelo conceptual 1.3	125
Tabla 21. Componentes modelo conceptual 1.3	128
Tabla 22. Costos de distribución sencilla 1, sin equipos médicos.....	171
Tabla 23. Costos administrativos	172
Tabla 24. Punto de equilibrio.....	173
Tabla 25. Paralelo con la UCIM 1200.....	173
Tabla 26. Muestra comprobación de modelo funcional	179

Tabla 27. Datos obtenidos comprobación de modelo funcional	180
Tabla 28. Manuales de servicio	195
Tabla 29. Manuales de servicio	196

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. UCIM 1200.....	25
Figura 2. UCI adultos	26
Figura 3. UCIM 1100.....	28
Figura 4. Construcción UCI.....	29
Figura 5. Ventilador fuera de servicio.....	29
Figura 6. Almacenamiento externo	30
Figura 7. Ingreso de datos en silla baja	30
Figura 8. Ingreso de datos en silla alta.	31
Figura 9. Localización zona franca	30
Figura 10. Centro médico zona franca.....	31
Figura 11. Proyecto zona franca	32
Figura 12. MSV 1200	36
Figura 13. UCIN 1000	37
Figura 14. CFT 1100	36
Figura 15. Telemóvil.....	37
Figura 16. Metodología	39
Figura 17. Equipo médico modular 1	42
Figura 18. Equipo médico modular 2	43
Figura 19. Equipo médico compacto 1.....	43
Figura 20. Equipo médico compacto 2.....	44
Figura 21. UCIM 1200.....	45
Figura 22. Columna fija.....	46
Figura 23. Panel de pared.....	47
Figura 24. Columna colgante.....	48
Figura 25. Sistema arquitectónico adaptable	49
Figura 26. Sistema móvil para pacientes UCI	50

Figura 27. Unidad de cuidados intensivos móvil.....	51
Figura 28. Paralelo general del estado del arte	52
Figura 29. Componentes UCIM 1200	53
Figura 30. Estructura UCIM 1200	53
Figura 31. Ventilador pulmonar Airox.....	54
Figura 32. MSV 1200	55
Figura 33. CIPF del MSV 1200	56
Figura 34. Panel eléctrico UCIM 1200	57
Figura 35. Conexiones panel eléctrico UCIM 1200.....	58
Figura 36. Panel de gases lateral UCIM 1200	59
Figura 37. Panel de gases posterior UCIM 1200	59
Figura 38. Conexiones panel de gases UCIM 1200.....	60
Figura 39. Controles de la UCIM 1200.....	61
Figura 40. Actividades con la UCIM 1200	62
Figura 41. Verificación estado de la UCIM 1200	63
Figura 42. Configuración del MSV de la UCIM 1200	64
Figura 43. Configurar el ventilador de la UCIM 1200	65
Figura 44. Conexiones del MSV-1200 al paciente	65
Figura 45. Conexiones del ventilador pulmonar al paciente	66
Figura 46. Visualización de la pantalla del monitor de signos vitales.....	67
Figura 47. Ingreso de datos al monitor de signos vitales.....	68
Figura 48. Visualización de la pantalla del ventilador pulmonar.....	68
Figura 49. Aumento de la productividad.....	70
Figura 50. Mejorar la productividad.....	71
Figura 51. Segmentos del cuerpo	80
Figura 52. Alcance máximo hacia delante de una mujer percentil 5	83
Figura 53. Alcance máximo hacia delante de una mano (izquierda) y dos manos (derecha) de hombres y mujeres de percentil 5.....	84
Figura 54. Dimensiones recomendadas para estaciones de trabajo que requieren de actividades visuales en posición sentada (izquierda) y erguida (derecha).....	85

Figura 55. Formato entrevista	89
Figura 56. Fotografías de entrevistas	90
Figura 57. Formato cuestionario	94
Figura 58. Fotografía de cuestionario	95
Figura 59. Resumen del capítulo 3, diseño del concepto	103
Figura 60. Retícula antropométrica.....	104
Figura 61. Alternativas configuración funcional.....	105
Figura 62. Esquema general.....	106
Figura 63. Información Manta Raya.....	108
Figura 64. Análisis geométrico.....	109
Figura 65. Abstracción formal Manta Raya	110
Figura 66. Alternativa superficie 1.....	110
Figura 67. Alternativa superficie 2.....	111
Figura 68. Alternativa panel gases 1.....	110
Figura 69. Alternativa panel gases 2.....	111
Figura 70. Boceto cajones	112
Figura 71. Alternativa base 1	112
Figura 72. Alternativa base 2	113
Figura 73. Alternativa conceptual 1.....	113
Figura 74. Alternativa conceptual 2.....	114
Figura 75. Alternativa conceptual 3.....	115
Figura 76. Superficie de trabajo.....	115
Figura 77. Panel eléctrico	116
Figura 78. Panel de gases	115
Figura 79. Cajón	116
Figura 80. Modelo conceptual 1.0.....	117
Figura 81. Fotografías primera comprobación	119
Figura 82. Modelo conceptual 1.1.....	121
Figura 83. Fotografías segunda comprobación	122
Figura 84. Modelo conceptual 1.2.....	124

Figura 85. Tercera comprobación	125
Figura 86. Modelo conceptual 1.3.....	126
Figura 87. Sistemas complementarios.....	126
Figura 88. Componentes modelo conceptual 1.3.....	128
Figura 89. Perfil de columna inicial	128
Figura 90. Perfil de columna final.....	129
Figura 91. Dimensiones columna.....	130
Figura 92. Base inicial.....	130
Figura 93. Base final	131
Figura 94. Dimensiones base	131
Figura 95. Explosión base	132
Figura 96. Tapón de columna.....	133
Figura 97. Soporte general v1.0.....	133
Figura 98. Soporte general v1.1.....	134
Figura 99. Soporte general v1.2.....	134
Figura 100. Soporte general v1.3.....	134
Figura 101. Dimensiones y Explosión del soporte general	135
Figura 102. Soporte general extendido.....	135
Figura 103. Ventilador pulmonar Supportair.....	136
Figura 104. Soporte ventilador inicial.....	136
Figura 105. Soporte ventilador final	137
Figura 106. Dimensiones y Explosión de soporte ventilador	137
Figura 107. Panel de gases UCIM 1200	138
Figura 108. Panel de gases inicial	138
Figura 109. Panel de gases final.....	139
Figura 110. Dimensiones panel de gases	139
Figura 111. Explosión panel de gases.....	140
Figura 112. Panel eléctrico UCIM 1200	141
Figura 113. Panel eléctrico inicial.....	142
Figura 114. Panel eléctrico final	142

Figura 115. Dimensiones panel eléctrico	143
Figura 116. Explosión panel eléctrico.....	144
Figura 117. Panel eléctrico inicial.....	144
Figura 118. Panel eléctrico final	145
Figura 119. Dimensiones y Explosión del cajón.....	145
Figura 120. Manubrio inicial	145
Figura 121. Manubrio final	146
Figura 122. Dimensiones manubrio	146
Figura 123. Soporte superficie inicial.....	146
Figura 124. Soporte superficie final	147
Figura 125. Dimensiones superficie.....	147
Figura 126. Porta reservorios inicial.....	147
Figura 127. Porta reservorios final	148
Figura 128. Dimensiones y Explosión del porta reservorio	148
Figura 129. Sujetacables inicial	148
Figura 130. Sujetacables final.....	149
Figura 131. Dimensiones sujetacables	149
Figura 132. Ensamble del producto	150
Figura 133. Vista explosionada producto	151
Figura 134. Perspectiva producto	152
Figura 135. Abstracción geométrica de la manta raya.	152
Figura 136. Proporciones logotipo	153
Figura 137. Logotipo Manta	153
Figura 138. Etiquetas panel de gases.....	154
Figura 139. Aplicación de fuerzas, CAE.....	156
Figura 140. Factor seguridad, CAE.....	157
Figura 141. Deformación total, CAE	158
Figura 142. Perspectivas diseño final	159
Figura 143. Dimensiones UCIM Manta	160
Figura 144. Componentes UCIM manta	161

Figura 145. Montaje de accesorios	163
Figura 146. Paralelo de estructuras	163
Figura 147. Concepto de venta.....	164
Figura 148. Distribución sencilla 1	164
Figura 149. Distribución sencilla 2	165
Figura 150. Distribución habitación sencilla	165
Figura 151. Distribución doble	166
Figura 152. Distribución habitación doble	167
Figura 153. Líneas de corte del poliestireno	168
Figura 154. Comparación volumen de embalaje.....	169
Figura 155. Distribución 1 sin equipos médicos.....	170
Figura 156. Formulas para costos	171
Figura 157. Procesos de manufactura	176
Figura 158. Foto Estructura	177
Figura 159. Foto panel de gases	176
Figura 160. Foto panel eléctrico.....	177
Figura 161. Foto superficie con manubrio.....	177
Figura 162. Foto cajón	178
Figura 163. Foto soporte de ventilador	177
Figura 164. Foto porta-reservorio	178
Figura 165. Foto modelo funcional.....	179
Figura 166. Comprobación de modelo funcional.....	180
Figura 167. MSV Home Care.....	183
Figura 168. Arquitectura software MSV Home Care.	184
Figura 169. Modificaciones UCIM 1200	186
Figura 170. Tallímetro	187
Figura 171. Soporte para desfibrilador.....	188
Figura 172. Desfibrilador sobre su soporte.	189
Figura 173. FCV Electronics.	190
Figura 174. Alternativas Logo Bionik.....	191

Figura 175. Logo Bionik medical devices.....	191
Figura 176. Anterior ficha comercial UCIM 1200.....	192
Figura 177. Muestra de ficha comercial UCIM 1200	193
Figura 178. Muestra de manuales de servicio	194
Figura 179. Muestra de manuales de usuario.....	195

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Información de la empresa.....	203
Anexo B. Propiedades de los materiales.....	209
Anexo C. Pruebas CAE componentes.....	212

GLOSARIO

UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS (UCI). Sección hospitalaria donde se concentran aparatos y personal especializado para la vigilancia y el tratamiento de enfermos muy graves, que requieren atención inmediata y mantenida*.

UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS MÓVIL (UCIM). Equipo diseñado y comercializado por Bioingeniería FCV.

BIOINGENIERÍA FCV. Dependencia de la Fundación Cardiovascular de Colombia en la cual se realizó la practica empresarial.

CENTRO TECNOLÓGICO EMPRESARIAL (CTE). Sede administrativa de la Fundación Cardiovascular de Colombia.

INSTITUTO DEL CORAZÓN (IC). Centro clínico de la Fundación Cardiovascular de Colombia.

* Diccionario de la Real Academia Española

RESUMEN

TÍTULO

SISTEMA DE ASISTENCIA Y MONITOREO PARA PACIENTES EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DE LA FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR DE COLOMBIA, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO FUNCIONAL*

AUTORES

Miguel Josué Rojas Martínez, Diego Alfonso Amaya Rojas**

PALABRAS CLAVE

Unidad de cuidados intensivos, UCI, Bioingeniería, equipos médicos, normas AAMI.

DESCRIPCIÓN

Para la adecuación tradicional de una unidad de cuidados intensivos (UCI) es necesario modificar la estructura física del edificio, ubicar el cableado eléctrico y tuberías de gases medicinales dentro de una columna fija al piso y techo de la habitación. El resultado son instalaciones que no permiten la configuración posterior del espacio.

Para hacer más fácil y rápida la adecuación de una UCI, Bioingeniería FCV plateó el concepto de una unidad de cuidados intensivos móvil, la cual integra los equipos necesarios para monitoreo y asistencia de un paciente en estado crítico, además de suministrar electricidad y gases medicinales. El objetivo de este proyecto fue diseñar un nuevo modelo de este producto, el cual se llevó a cabo bajo la modalidad de práctica empresarial y cuyo alcance fue construir un modelo funcional que incluye panel eléctrico, panel de gases, superficie de trabajo y sistemas de sujeción.

El proyecto se basa en satisfacer las necesidades de los usuarios, esto se logró integrándolos en las distintas etapas del diseño, aplicando métodos de usabilidad por medio de comprobaciones, con el fin de detectar fallas y mejoras en el concepto planteado.

El resultado de este proyecto es una nueva versión de un equipo que reemplaza las instalaciones de UCI tradicionales, mejorando el espacio de trabajo del personal médico y reduciendo el tiempo en la adecuación de una unidad de cuidados intensivos en centros clínicos y hospitalarios, para que un mayor número de personas puedan acceder a estos servicios.

* Práctica empresarial

** Facultad de ingenierías físico-mecánicas. Escuela de diseño industrial. Director: M.Sc. ing. John Faber Archila. Tutor: Ing. Jorge Humberto Rodríguez.

ABSTRACT

TITLE

ASSISTANCE AND MONITORING SYSTEM FOR PATIENTS IN THE INTENSIVE CARE UNIT OF THE COLOMBIAN CARDIOVASCULAR FOUNDATION, DESIGN AND CONSTRUCTION OF A FUNCTIONAL MODEL *

AUTHORS

Miguel Josué Rojas Martínez, Diego Alfonso Amaya Rojas**

KEY WORDS

Intensive care unit, ICU, Bioengineering, FCV, medical equipment, AAMI standard.

DESCRIPTION

To adapt a traditional intensive care unit (ICU) is necessary to modify the physical structure of the building, locate the electrical wiring and pipes for medical gases through a column fixed to the room's floor and ceiling. The result are services that doesn't allow a different space configuration.

To make easier and faster an ICU's adaptation, Bioengineering FCV proposed the concept of a mobile intensive care unit, which integrates the equipment needed for monitoring and care of this unit's patient, besides supply electricity and medical gases. The target of this project was to design a new model of this product, was carried out in company practice mode and the scope was to build a functional model of the set that includes electric panel, gas panel, work surface and fastening systems.

The project is based on meeting the users's needs, It was possible involving the user on the several stages of design, applying usability tests to detect failures and improvements to the proposed concept.

The result of this project is a new version of a device that replaces the ICU's traditional installations, which improvement the medical personnel work space and reduces the adequacy time of ICU clinics and hospitals, so that many people can access to these services.

* Company practice

** Faculty of Physical and mechanical engineering. Industrial design school. Director: M.Sc. ing. John Faber Archila. . Tutor: Ing. Jorge Humberto Rodríguez.

INTRODUCCIÓN

La Fundación cardiovascular de Colombia (FCV) es una institución de salud creada en 1986 en Bucaramanga, Colombia. Está catalogada como una de las cinco mejores IPS del país, en un nivel de excelencia, Su experiencia a nivel administrativo y medico científico se comparte en otras ciudades como santa marta, Ibagué y Manizales, donde la FCV actúa como administradora delegada de importantes clínicas al tiempo que la población de otros 13 departamentos recibe atención en salud por telemedicina en especialidades como cardiología neurología, radiología y cuidado intensivo, entre otras

LA FCV trabaja con criterios de excelencia, innovación tecnológica y un alto sentido social, en la búsqueda de aumentar la cantidad del servicio de UCI (Unidad de cuidados Intensivos) de las clínicas del país, la FCV integro en un equipo médico llamado UCIM (unidad de cuidado intensivo móvil) los servicios necesarios para prestar atención y monitoreo a pacientes en estado crítico, haciendo posible la construcción de unidades de cuidados intensivos en las poblaciones más lejanas del país.

Actualmente, pese a los grandes beneficios que este equipo médico brinda, se vio necesario diseñar una nueva versión de este equipo, que preste los mismos servicios, pero que también satisfaga las necesidades de los usuarios que lo manejan, para así poder mejorar el desempeño de los usuarios y aumentar la calidad del servicio prestado a los pacientes.

Además, esta nueva versión debe cumplir con características que le permitan mejorar el proceso productivo, disminuir su peso, disminuir el número de partes, facilitar el proceso de ensamble y soporte técnico, diversificar las posibilidades de venta del equipo, reducir los costos de fabricación y cumplir en la medida de lo

posible las norma internacional de factores humanos AAMI.*

Como punto de partida para el nuevo diseño, se realizaron entrevistas a los usuarios, se indago el estado del arte de las unidades de cuidados intensivos y se estudiaron las normas internacionales, para definir los requerimientos necesarios que permitieran cumplir el objetivo propuesto.

De los requerimientos surgidos y apoyados en la investigación realizada, se creó un concepto de diseño inicial, el cual se evaluó con los usuarios hasta poder definir las características del equipo que mejorarían la calidad del servicio prestado a los pacientes.

Luego se diseño en detalle el concepto aprobado por los usuarios, se le realizaron pruebas de ingeniería asistidas por computador para comprobar la resistencia estructural del equipo y se construyo un modelo funcional del equipo, el cual fue nuevamente validado por los usuarios, concluyendo satisfactoriamente con la etapa de diseño la nueva versión de UCIM.

*Human factors engineering - ANSI/AAMI HE75:2009” – Design of medical devices de la Asociación para el Progreso de la Instrumentación Medica (AAMI).

1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

1.1 TITULO

SISTEMA DE ASISTENCIA Y MONITOREO PARA PACIENTES EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DE LA FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR DE COLOMBIA, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO FUNCIONAL, MODALIDAD PRÁCTICA EMPRESARIAL.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se parte del requerimiento de diseñar un nuevo modelo de la UCIM 1200 (figura 1), equipo fabricado por bioingeniería FCV*, el cual suministra electricidad y gases medicinales a los equipos necesarios para monitoreo y asistencia de un paciente en una unidad de cuidados intensivos (UCI), integra en su estructura un monitor de signos vitales, un ventilador mecánico, y tiene capacidad para soportar bombas infusoras y/o perfusoras.

Figura 1. UCIM 1200



Registro Bioingeniería FCV.

* Dependencia de la Fundación Cardiovascular de Colombia (FCV) en la cual se realizó la practica empresarial.

La UCI es una sección hospitalaria donde se concentran aparatos y personal especializado para la vigilancia y el tratamiento de enfermos muy graves, que requieren atención inmediata y mantenida¹.

Para conocer más del tema se realizó una observación de campo en la UCI de adultos en el Instituto del corazón de Floridablanca, principal clínica de la FCV, ya que ésta funciona con el sistema tradicional de columnas (figura 2), que proveen soportes y servicios para los equipos médicos.

Figura 2. UCI adultos



Fuente: Autor.

¹ Diccionario de la Real Academia española

Se evidencia que la zona de trabajo para el personal médico es incómoda por la cantidad de equipos, cables y mangueras sobre los pasillos, que entorpecen la ejecución de las actividades, situación que genera estrés debido al desorden que se percibe en este lugar.

El siguiente paso que se realizó fue un inventario de los elementos que componen una UCI (tabla 1) ya que esta información podía ser útil al replantear la distribución del equipo.

Tabla 1. Inventario de UCI

#	lugar	componente	cantidad
1		salida de oxígeno	2
2		salida de aire	1
3		conector de vacío	2
4		toma eléctrico	18
5		canastillas	2
6		superficies	2
7		etiqueta	1
8	columna	soporte para monitor	1
9		interruptor vacío	6
10		soporte para recipientes de succión	2
11		lámpara	1
12		soporte para ventilador	1
13		rieles auxiliares para soporte de equipos	4
14		conector de teléfono/red	2
15		soporte para recipiente de residuos corto punzantes	1
16	habitación	cama móvil	1
17		mesa móvil	1
18		soporte para sueros móvil	3
19		recipiente de residuos	2
20		gabinete	5
21		cortinas móviles	1
22	sin lugar	bolsa de residuos líquidos	1

Fuente: Autor.

También se investigó la historia de las UCIM, en el año 2007 Bioingeniería FCV lanzó la UCIM 1100 (figura 3), integró por primera vez un monitor de signos vitales, un ventilador mecánico, un panel eléctrico, un panel de gases, un sistema de almacenamiento y un soporte de sueros.

Figura 3. UCIM 1100



Registro Bioingeniería FCV.

Posteriormente en el año 2008 se lanzó el modelo UCIM 1200, el cual apreciamos anteriormente en la figura 1, la nueva versión del producto para la misma problemática, el cual contenía el monitor de signos vitales 1200 desarrollado por bioingeniería FCV.

Estos equipos tienen como objetivo hacer más fácil y rápida la adecuación de una UCI, por lo tanto se investigó el proceso de adecuación del sistema tradicional de columnas UCI, para observar la diferencia y la ventaja con la cual se comercializa este producto.

Para la adecuación del sistema tradicional de columnas UCI es necesario modificar la estructura física del edificio (figura 4), ya que se debe ubicar el cableado eléctrico, tuberías de gases medicinales y la columna principal, estableciendo un espacio rígido que limita la posición de los equipos médicos, impidiendo la configuración del espacio posteriormente,

Figura 4. Construcción UCI



Registro Bioingeniería FCV.

Efectivamente la UCIM 1200 permite una adecuación de UCI fácil y rápida, ya que es un elemento móvil de fácil ubicación, por lo tanto esta es una característica que se debe mantener en el producto.

Posteriormente se realizó una segunda observación de campo para analizar el uso de las UCIM 1200 en su contexto habitual, ésta se efectuó en la UCI pediátrica de la FCV, la cual funciona en su mayor parte con UCIM 1200. Se encontraron tres grandes problemas, el primero es que por tener los equipos médicos internamente, se dificulta su mantenimiento como es el caso de la figura 5, en el cual se aprecia que el ventilador pulmonar de la UCIM está fuera de servicio, por lo tanto hay otro ventilador en la habitación.

Figura 5. Ventilador fuera de servicio



Fuente: Autor.

Figura 6. Almacenamiento externo



Fuente: Autor.

El segundo problema encontrado es que los cajones de la UCIM por lo general están vacíos, el personal prefiere usar otros módulos de almacenamiento externos (figura 6), esto es algo que se debe replantear ya que es una pérdida de espacio.

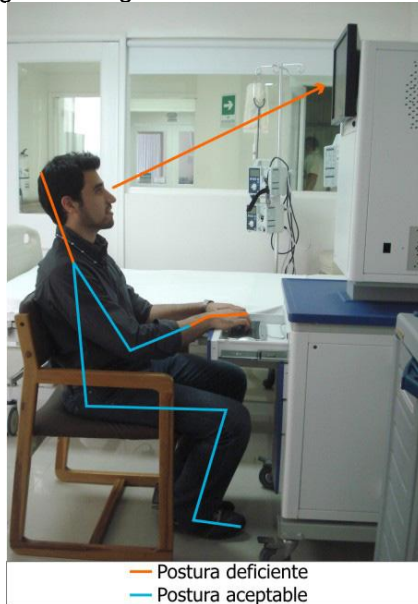
El tercer problema es la ergonomía de la UCIM, el MSV 1200 permite el acceso a la historia clínica por lo tanto se usa como estación de trabajo la cual es incómoda para el ingreso de datos ya sea en una silla baja (figura 7) ó en una silla alta (figura 8).

Con el estudio realizado ya se tiene un punto de partida para el nuevo diseño de la UCIM, la cual debe solucionar los problemas encontrados.

1.3 JUSTIFICACIÓN

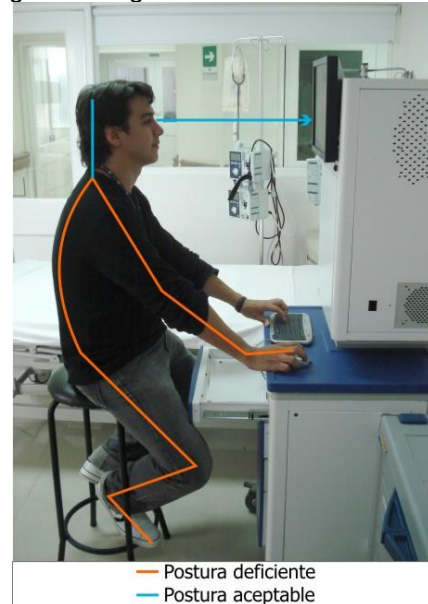
La Fundación Cardiovascular de Colombia tiene un proyecto llamado “Zona Franca” el cual consiste en la construcción de un complejo médico para la atención de pacientes internacionales y promover el turismo de salud.

Figura 7. Ingreso de datos en silla baja.



Fuente: Autor.

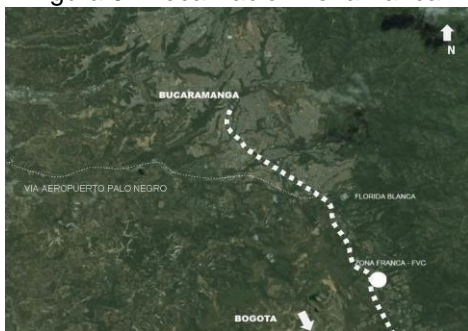
Figura 8. Ingreso de datos en silla alta.



Fuente: Autor.

Gracias a la privilegiada localización el proyecto hospitalario (figura 9) y sus servicios complementarios, brindan unas condiciones excelentes al paciente, al igual que un entorno laboral óptimo para el grupo médico y sus colaboradores, además de ser un agradable centro para el visitante. (Figura 10)

Figura 9. Localización zona franca



Documentos FCV.

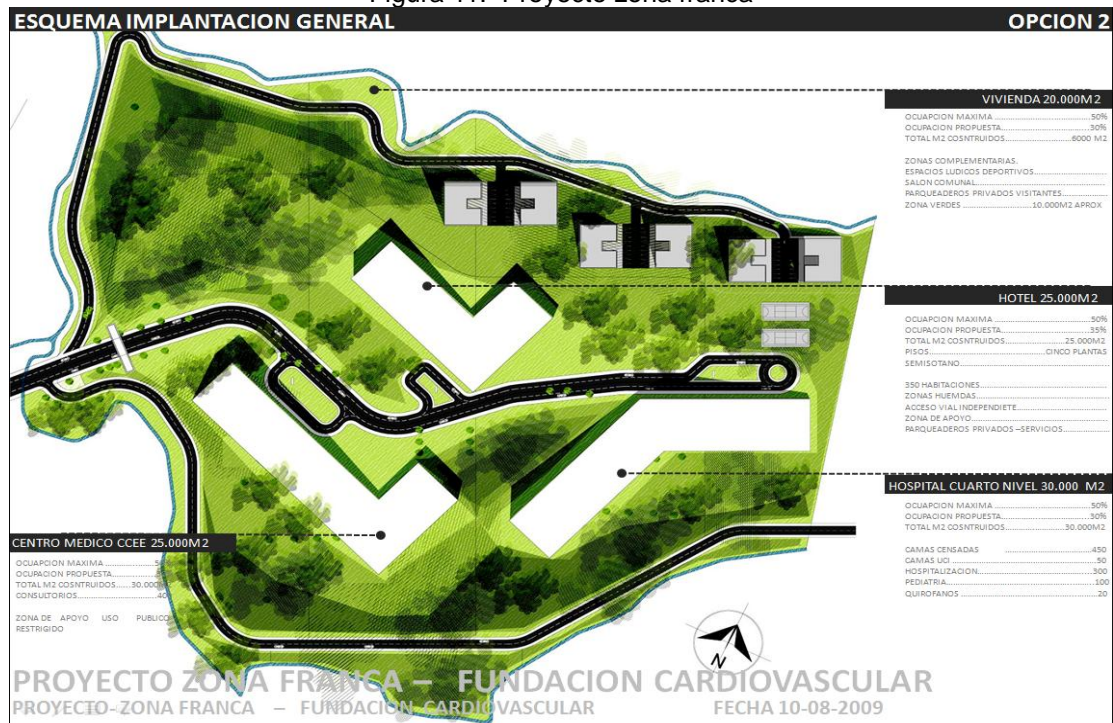
Figura 10. Centro médico zona franca



Documentos FCV.

Con más de 100.000m² construidos orientados al servicio de la salud dentro de los cuales se encuentra un hospital de cuarto nivel diseñado y construido bajo los más exigentes estándares de calidad, con 450 camas de atención, un centro médico con 400 consultorios, hotel-spa enfocado básicamente al cuidado de la salud, un centro universitario y un posible desarrollo de vivienda de apoyo para sus trabajadores y estudiantes, todo dentro de una ambiente lleno de recorridos peatonales arborizados, plazoletas exteriores, zonas lúdicas, y un óptimo servicio para los usuarios y sus visitantes (figura 11).

Figura 11. Proyecto zona franca



Documentos FCV.

En este proyecto se encuentra una oportunidad de negocio para Bioingeniería FCV, ya que el hospital contará con 450 camas de atención, la mayoría con servicios de cuidados intensivos, así, este proyecto es una alternativa que puede ser usada para la dotación de este nuevo hospital.

EL SISTEMA DE ASISTENCIA Y MONITOREO PARA PACIENTES EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS optimiza el espacio de trabajo del personal médico y reduce el tiempo en la adecuación de UCI en centros clínicos y hospitalarios, para aumentar la oferta de camas con servicios de cuidados intensivos y poder atender a los pacientes que requieren de este tipo de servicios.

La reducción del tiempo en la adecuación de la UCI es posible ya que la habitación en la cual se va a implementar este servicio no requerirá de instalaciones especiales, además los centros clínicos y hospitalarios ya construidos que no posean estas instalaciones podrán acceder a ellas, aumentando los servicios de estos centros.

EL SISTEMA DE ASISTENCIA Y MONITOREO PARA PACIENTES EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS es una alternativa de columna de UCI, que cambia el esquema tradicional la cual es inamovible, esta nueva alternativa es móvil para facilitar su transporte, instalación y modificaciones al espacio original.

1.4 OBJETIVOS

Se plantean los objetivos del proyecto los cuales servirán para tener un horizonte claro durante todo el proceso de diseño.

General. Diseñar un sistema que integre los componentes de una columna UCI para brindar asistencia y monitoreo a pacientes en la unidad de cuidados intensivos de la Fundación Cardiovascular de Colombia.

Específicos.

- Identificar las necesidades de los usuarios para determinar los requerimientos del diseño del producto.
- Realizar una retícula antropométrica para la distribución de los elementos que componen el sistema.

- Realizar un esquema general de distribución para solucionar la funcionalidad del producto.
- Seleccionar la alternativa formal que mejor cumpla los requerimientos de diseño.
- Comprobar el diseño en modelos CAD por medio de socializaciones con los usuarios, para detectar errores en el diseño.
- Comprobar la resistencia mecánica del diseño por medio de pruebas CAE, para detectar errores en el diseño.
- Construir modelo funcional de panel eléctrico, panel de gases, superficie de trabajo y sistemas de sujeción.
- Realizar un presupuesto de producción para calcular el precio de venta del producto.

1.5 USUARIOS

Los usuarios son las personas que interactúan de una u otra forma con el producto, es importante definirlos para tener claro a las personas que se deben tener en cuenta en la investigación del proyecto, ya que estos definen la mayoría de las variables del proyecto.

Primarios. Son aquellos que manipulan frecuentemente el producto, personal médico de las UCI:

Sexo: Hombres y mujeres

Edad: 18 a 40 años

Ocupación: doctor/doctora y enfermero/enfermera

Secundarios. Son aquellos que tienen un contacto indirecto con el producto.

- Personal de producción
- Personal de soporte técnico
- Pacientes de la UCI

1.6 PRÁCTICA EMPRESARIAL

El proyecto se desarrolla en modalidad de práctica empresarial en Bioingeniería, una dependencia de la FCV.

1.6.1 La empresa. 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.

La FCV a través de su instituto del corazón Floridablanca esta catalogada como una de las cinco mejores IPS del país, en un nivel de excelencia, tras obtener la primera acreditación en salud de Colombia.

Su experiencia a nivel administrativo y médico científico se comparte en otras ciudades como santa marta, Ibagué y Manizales, donde la FCV actúa como administradora delegada de importantes clínicas al tiempo que la población de otros 13 departamentos recibe atención en salud por telemedicina en especialidades como cardiología neurología, radiología y cuidado intensivo, entre otras

La FCV es una Institución que ha venido evolucionando de una forma rápida en el tiempo y hoy se consolida como una organización empresarial que cuenta con 12 Unidades Estratégicas de Negocio como son:

- FCV Instituto del Corazón
- FCV Productos Hospitalarios
- FCV Instituto de Investigaciones
- FCV Soft Software Factory

- FCV Administración Hospitalaria
- FCV Comercializadora
- FCV Eventos y Mercadeo
- FCV Bioingeniería
- FCV Telemedicina
- Instituto del Corazón de Ibagué
- Instituto del Corazón Santa Marta

1.6.1.1 FCV bioingeniería. El grupo de Bioingeniería de la FCV fue creado en diciembre de 2003 con un equipo multidisciplinario orientado a la investigación, innovación y al desarrollo tecnológico de productos y procesos en el campo de la salud para dar solución a problemas propios apoyados en el talento y producción nacional.

Bioingeniería FCV fabrica y comercializa equipos con fines médicos como el monitor de signos vitales 1200 (figura 12), el cual monitoriza los signos vitales básicos de pacientes en estado crítico, la unidad de cuidados intensivos neonatal (figura 13) la cual permite la atención a pacientes neonatos en estado crítico, la cámara de fototerapia 1100 (figura 14) permite el tratamiento de la Ictericia en pacientes neonatales y la Telemóvil (figura 15) que es unidad de Diagnóstico para consultas especializadas a distancia.

1.6.2 Alcance del proyecto. El alcance del proyecto se define para limitar el proyecto, ya que éste depende del tiempo de ejecución y en este caso de las condiciones de la empresa en donde se va desarrollar la práctica.

El alcance de este proyecto es “construir un modelo funcional de un sistema de asistencia y monitoreo para pacientes en la unidad de cuidados intensivos, incluye modelo funcional de panel eléctrico, panel de gases, superficie de trabajo y sistemas de sujeción”.

Figura 12. MSV 1200



Documentos FCV.

Figura 13. UCIN 1000



Documentos FCV.

Figura 14. CFT 1100



Documentos FCV.

Figura 15. Telemóvil



Documentos FCV.

Tiempo. La práctica tiene una duración de 9 meses, en horario de tiempo completo, el cual se va a destinar medio tiempo en el desarrollo de este proyecto y el medio tiempo restante en otros proyectos con aplicación de diseño industrial.

Manufactura. Se debe realizar con tecnología regional, planteando procesos de manufactura existentes en la región para reducir costos en la elaboración.

Recursos. Son las herramientas con las que se cuentan para la realización del proyecto, por parte de la empresa:

- Equipos de computo
- Asesoría de ingenieros electrónicos
- Libros técnicos y normatividad
- Acceso a la clínica de la FCV

Por parte de la universidad se cuenta con:

- Asesoría del director de proyecto
- Biblioteca
- Base de datos

1.7 METODOLOGÍA

Este proyecto se desarrolló por medio de la metodología ofrecida en el libro, Guía metodológica, Diseño industrial², la cual se le incorporaron dos comprobaciones con usuarios (figura 16), ya que se ve necesaria la integración del usuario en el proceso creativo del diseño de este producto, esto con el fin de detectar errores o recibir sugerencias para mejorar el diseño planteado por medio de métodos de usabilidad. A continuación se cita información textual del libro mencionado anteriormente:

² DISEÑO INDUSTRIAL-GUÍA METODOLÓGICA, Asturias España, Fundación Prodimtec

Fase 1, Definición estratégica. La definición estratégica es una de las fases críticas en el desarrollo de productos. De su fiabilidad depende que las soluciones que se adopten en la fase de diseño sean las adecuadas, no sólo en cuanto a la adaptación al usuario, sino también desde el punto de vista técnico y de mercado, ya que en numerosas ocasiones, se da lugar a soluciones inadecuadas para los usuarios, o a soluciones técnicamente buenas pero generadas de espaldas al mercado.

Tiene como objetivo definir el producto que se va a desarrollar desde el punto de vista de las necesidades que se van a cubrir, las características de los usuarios y compradores a los que se dirige y las ventajas que presenta respecto a los productos existentes en el mercado.

Figura 16. Metodología



Fuente: Autor.

Fase 2, Diseño del concepto. Partiendo de la información obtenida en la fase anterior, en esta fase se establece la “dirección del diseño”. Se generan diferentes conceptos del producto a partir de toda la información disponible y de la creatividad del equipo de diseño. Se generará una serie de alternativas para su posterior elección. La fase de diseño de concepto termina con la selección de la propuesta más acorde a las limitaciones y objetivos marcados. Esta fase analítica y altamente creativa es muy importante y se debería emplear suficiente tiempo en ella.

Esta fase nos aporta la información útil para determinar el perfil del concepto de nuestro nuevo producto. Se desarrollará conjuntamente con el departamento o responsable de marketing, ingeniería y diseño.

Fase 3, Diseño de detalle. En esta fase comienza el desarrollo de la alternativa elegida. Momento en el que se determinan las especificaciones técnicas sobre las que construir el producto, incluyendo planos, especificación de materiales.

El objetivo es determinar el perfil formal del producto o sistema. Se irán efectuando las modificaciones de los aspectos que entran en relación con el usuario: aspectos perceptivos (contacto visual, distinción o identificación, e imagen); grado de aceptación y compatibilidad con las tendencias; satisfacción (expectativas formuladas); aspectos utilitarios o de servicio (rendimiento funcional, durabilidad). Con esta información podremos recopilar la documentación para iniciar la fabricación.

Fase 4, Ingeniería de producto. Comprende los trabajos que posibilitan el paso de la fase de diseño a la fase industrial y de producción. Se trata de un proceso iterativo en el que la solución técnica se convertirá progresivamente en una solución fabricable.

Tiene como objetivo la construcción de prototipos. Sobre ellos se realizarán pruebas con usuarios y pruebas en laboratorio, con el fin de comprobar el cumplimiento de las especificaciones establecidas en la fase anterior. Verificación del diseño en condiciones de uso lo más realistas posible.

Fase 5, Producción. Implica la puesta en marcha del sistema productivo mediante el acopio de maquinaria, utillajes y el diseño de la cadena de producción y montaje.

Define dónde, cómo y con qué medios se debe fabricar el producto, describiendo toda la sucesión de actividades necesarias para la fabricación, adecuando y optimizando los medios de producción con el desarrollo del producto.

Fase 6, Mercado. Lanzamiento del producto, distribución y comercialización, para atraer la atención del consumidor final. El producto deberá estar promovido esmeradamente a través de los medios, con atención y proyección personalizadas y de la profesionalidad de los dependientes encargados de la venta.

2. DEFINICIÓN ESTRATEGICA

Tiene como objetivo definir el producto que se va a desarrollar desde el punto de vista de las necesidades que se van a cubrir, las características de los usuarios y compradores a los que se dirige, y las ventajas que presenta respecto a los productos existentes en el mercado.

El resultado de esta etapa son los requerimientos de diseño, los cuales son el punto de partida para el diseño del concepto.

2.1 ESTADO DEL ARTE

El desarrollo del SISTEMA DE ASISTENCIA Y MONITOREO PARA PACIENTES EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS, tiene como propósito ser la nueva versión de la “UCIM 1200”, la cual incursionó al mercado con un concepto nuevo, diferente a las instalaciones para UCI convencionales, este concepto nació de la integración en una estructura de todos los sistemas que comprenden las instalaciones de una UCI. Por esto es necesario incluir los equipos médicos junto a los sistemas de instalaciones para UCI en la exploración del estado del arte.

Es Necesario conocer las diferentes alternativas de mecanismos y diferentes sistemas que puedan ser utilizados en este proyecto, como los sistemas de sujeción, sistemas de almacenamiento, y sistemas de movilidad, ya que estos influirán en las siguientes etapas de diseño definiendo funciones, métodos de construcción e interviniendo estéticamente el producto.

2.1.1 Equipos médicos integrados. Son aquellas maquinas o instrumentos utilizados en la medicina, para el apoyo, monitoreo y tratamiento en los pacientes. Pueden ser equipos especializados o comprender diferentes sistemas, convirtiéndose en estaciones de trabajo que a su vez prestan diferentes funciones y servicios.

Equipos médicos modulares. Son aquellos cuya característica principal son sus componentes externos que permiten variaciones de distribuciones. (Figura 17 y 18).

Figura 17. Equipo médico modular 1



[Http://www.gcx.com](http://www.gcx.com)

Figura 18. Equipo médico modular 2



[Http://www.gcx.com](http://www.gcx.com)

<p>Fabricante: GCX mounting solutions Materiales: Perfiles metálicos, inyección de plástico. Dimensiones: 150x60x60 cm</p>	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ubicación de sistemas variable • Construcción de baja complejidad • Fácil mantenimiento • liviano <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • baja estética • estabilidad
---	--

Equipo médico compacto. Son aquellos cuya característica principal es que son un solo cuerpo con componentes internos. (Figura 19 y 20)

Figura 19. Equipo médico compacto 1



<http://www.syncardia.com>

Figura 20. Equipo médico compacto 2



<Http://www.alcon.com>

<p>Fabricante: Syncardia / Alcon Materiales: Metal, inyección de plástico. Dimensiones: 150x60x60 cm</p>	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estética alta - Estabilidad <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ubicación de sistemas rígidos - Construcción de alta complejidad
---	---

2.1.2 Instalaciones para UCI. Brindan energía, gases medicinales y soportes a los equipos médicos necesarios para la asistencia y monitoreo de pacientes en esta área.

En la actualidad podemos encontrar diversas presentaciones de estas instalaciones, que varían dependiendo del espacio disponible y los recursos económicos presupuestados para su construcción. Cada una de ellas ofrece diferentes conceptos de función, construcción y uso para los sistemas que deben componer una instalación de UCI.

UCIM 1200. Equipo fabricado por Bioingeniería FCV cuyo concepto es la movilidad de los servicios que se integran en el equipo. (Figura 21)

Figura 21. UCIM 1200



Documentos FCV.

<p>Fabricante:FCV Bioingeniería, Colombia Precio:\$ 8.900.000 pesos Materiales: lamina metálica, madera Dimensiones: 170x77x70 cm Sistemas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Soporte para Monitor de Signos Vitales. - Soporte para Ventilador Pulmonar. - Soporte para sueros. - Soporte para bombas - Panel de gases medicinales. - Panel para conexiones eléctricas. - Superficie de trabajo. - Almacenamiento. - Recipiente para residuos. 	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Móvil - Requiere poco espacio - Integrado - Estable - Rápida Adecuación <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ubicación de sistemas rígida - Peso - Materiales afectados por agentes externos.
--	---

Columna fija. Sistema de servicios empotrados en una columna fija al suelo y techo de la habitación. (Figura 22)

Figura 22. Columna fija.



[Http://www.amico.com](http://www.amico.com)

<p>Fabricante: AMINCO corporation, USA Precio: \$6.800.000 pesos Materiales: Aluminio, paneles sintéticos. Dimensiones: 250x80x60 cm Sistemas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Soporte para Monitor de Signos Vitales. - Panel de gases medicinales. - Panel para conexiones eléctricas. - Superficie de trabajo. - Almacenamiento. - Recipiente para residuos. 	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Integrado - Estable - Ubicación de sistemas flexible - Requiere poco espacio <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fijo - Posición rígida - Lenta adecuación - Pesado
---	--

Panel de pared. Sistema de servicios empotrados en la pared de la habitación.
(Figura 23)

Figura 23. Panel de pared



[Http://www.amico.com](http://www.amico.com)

<p>Fabricante: AMINCO corporation, USA Precio: \$7.700.000 pesos Materiales: Aluminio, paneles sintéticos. Dimensiones: 15x200x100 cm Componentes: - Soporte para Monitor de Signos Vitales. - Soporte para sueros. - Panel de gases medicinales. - Panel para conexiones eléctricas. - Almacenamiento</p>	<p>Ventajas: - Estable - Requiere poco espacio - Ubicación de sistemas flexible - Requiere poco espacio - Descongestión del piso</p> <p>Desventajas: - Fijo - Posición rígida - Lenta adecuación</p>
--	--

Columna colgante. Sistema de servicios ajustados al techo de la habitación.
(Figura 24)

Figura 24. Columna colgante



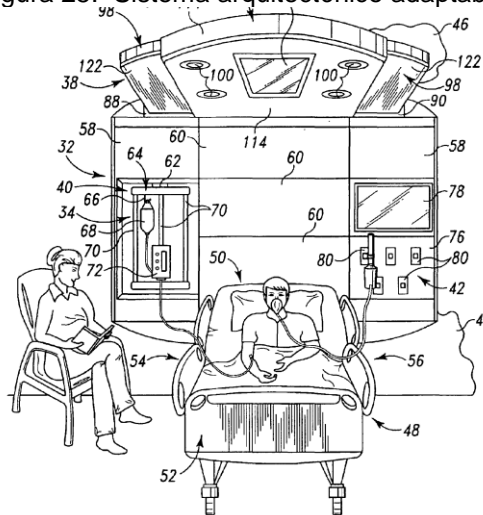
<http://www.healforce.com>

<p>Fabricante: Heal Force, China Precio: \$14.000.000 pesos Materiales: Aluminio, paneles sintéticos, acero. Dimensiones: 200x80x60 cm Sistemas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Soporte para Monitor de Signos Vitales. - Soporte para sueros. - Soporte para bombas - Panel de gases medicinales. - Panel para conexiones eléctricas. - Almacenamiento. 	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Giratorio - Posición variable - Estable - Ubicación de sistemas flexible - Descongestión del piso <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Requiere mucho espacio - Lenta adecuación - Pesado
---	---

2.1.3 Patentes. Son documentos en que oficialmente se le reconoce a alguien una invención y los derechos que de ella se derivan¹, se analizan para saber que tipos de conceptos no podrían ser repetidos.

Sistema arquitectónico adaptable a nivel de gravedad del paciente. Es una arquitectura para cuidados intensivos que comprende diferentes sistemas los cuales se encuentran distribuidos alrededor del paciente, empotrados en el techo y las paredes, además algunos de estos sistemas se pueden replegar hacia el paciente dependiendo del servicio que este requiera. (Figura 25)

Figura 25. Sistema arquitectónico adaptable

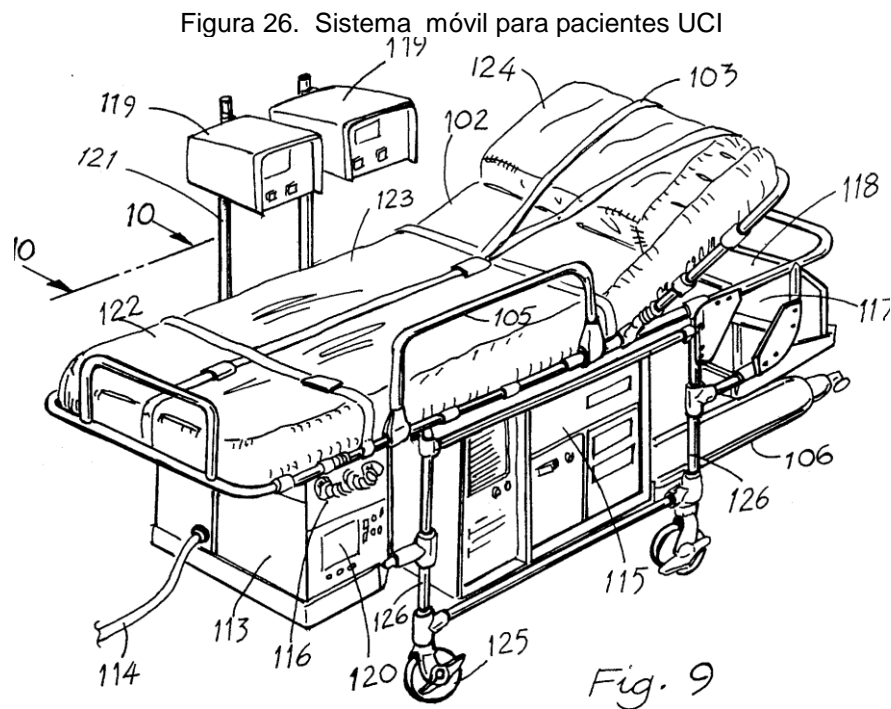


<http://www.google.com/patents, US 7,040,057 B2>

<p>Fuente: Unite State Patent Gallant et al. Inventores: Dennis J. Gallart, OH (US) Dennis M Lanci, Carlsbad. CA (US) Numero de patente: US 7,040,057 B2 Fecha de patente: Mayo 9, 2006</p>	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estable - Requiere poco espacio - Ubicación de sistemas flexible - Requiere poco espacio - Descongestión del piso <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fijo - Posición rígida - Lenta adecuación
---	--

¹ Diccionario de la Real Academia española

Sistema móvil para pacientes de cuidados intensivos. Este sistema de cuidados intensivos móvil esta diseñado especialmente para transportar pacientes sobre aeronaves comerciales, incluye balas de gases medicinales y baterías de larga duración. (Figura 26)

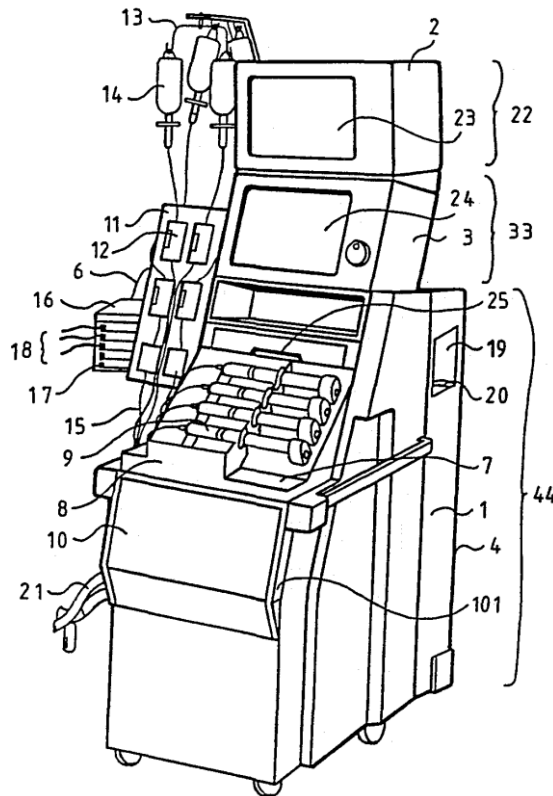


<http://www.google.com/patents, US 4,957,121>

<p>Fuente: Unite State Patent Gallant et al. Inventores: Timothy Icenogle; William F. Machamer; Robert J. Nelson; Stephen Mikitish, Jr.; Robert R. Davis, all of Tucson, Ariz. Numero de patente: 4,957,121 Fecha de patente: Septiembre 18, 1990</p>	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Móvil - Requiere poco espacio - Integrado - Estable - Ubicación flexible - Rápida Adecuación <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ubicación de sistemas rígida - Peso
--	---

Unidad de cuidados intensivos móvil. Compuesta de los sistemas necesarios para dar tratamiento de cuidados intensivos, organiza los dispositivos médicos en diferentes secciones de la estructura acorde a su función, además es móvil lo que permite trasladarla fácilmente y acomodarla en la posición que se requiera. (Figura 27)

Figura 27. Unidad de cuidados intensivos móvil.








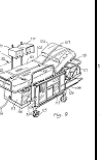
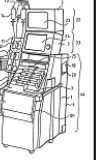


<http://www.google.com/patents, US 5,007,688>

<p>Fuente: Unite State Patent Gallant et al. Inventores: Jorg Bayerlein; Eric Hecker; Peter Hoeck, all of Stockelsdorf, fed. Rep. Of Germany; Francesco Milani, Giubiasco, Switzerland. Numero de patente: 5,007,688 Fecha de patente: Abril 16, 1991</p>	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Móvil - Requiere poco espacio - Integrado - Estable - Ubicación flexible - Rápida Adecuación <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ubicación de sistemas rígida - Peso
--	---

Para tener un panorama general del estado del arte se desarrolla un paralelo con los dispositivos con relación al proyecto. (Figura 28)

Figura 28. Paralelo general del estado del arte

	Equipos médicos integrados		Instalaciones para UCI				Patentes		
	Equipos médicos modulares	Equipo médico compacto	UCIM 1200	Columna fija	Panel de pared	Columna colgante	Sistema arquitectónico adaptable	Sistema móvil para cuidados intensivos	Unidad de cuidados intensivos móvil
									
Ubicación de sistemas	Flexible	Rigido	Rigido	Flexible	Flexible	Rigido	Rigido	Flexible	Rigido
Construcción	Sencillo	Complejo	Sencillo	Complejo	Complejo	Complejo	Complejo	Sencillo	Complejo
Peso	Bajo	Bajo	Medio	N/A	N/A	N/A	N/A	Bajo	Medio
Movilidad	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	Sí	Sí
Mantenimiento	Sencillo	Complejo	Complejo	Complejo	Complejo	Complejo	Complejo	Complejo	Complejo
Estética	Baja	Alta	Baja	Baja	Baja	Alta	Baja	Baja	Baja
Estabilidad	Baja	Baja	Media	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Media
Volumen	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Medio	Alto	Medio	Medio
Modifica infraestructura del area	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No

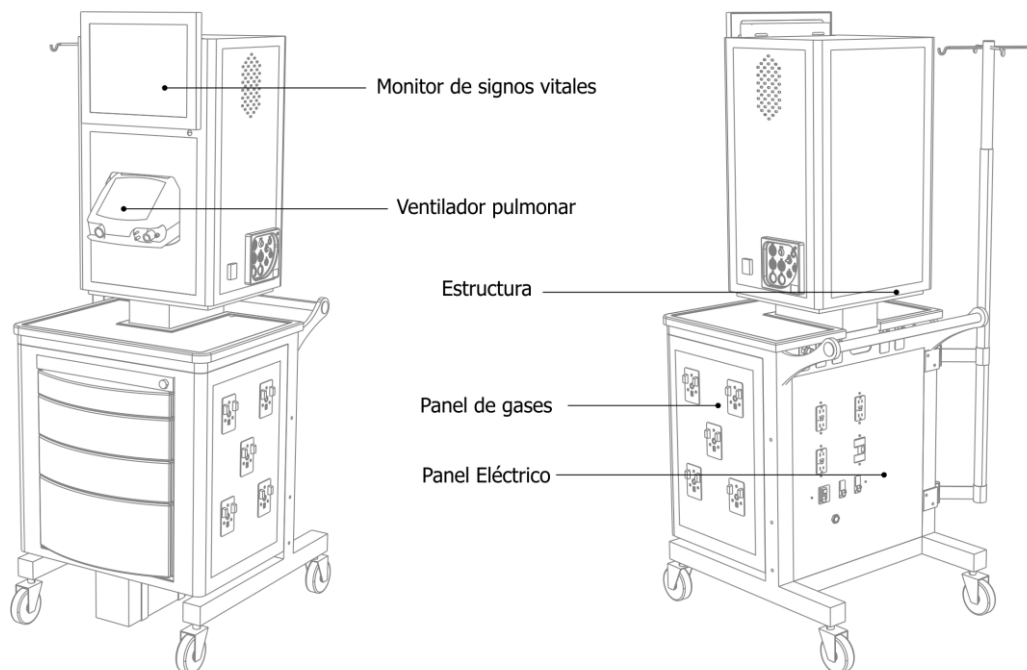
Fuente: Autor.

2.2 UCIM 1200

La Unidad de Cuidados Intensivos Móvil 1200 (UCIM 1200) fue diseñada para integrar los equipos básicos de monitoria necesarios en una unidad de cuidados intensivos para la atención de pacientes en estado crítico permitiendo la adecuación de cualquier lugar en un área de servicio interno o externo; el sistema tiene las siguientes características: monitoreo continuo, presencial y remoto de signos vitales, servoventilación electrónica, bombas de infusión, suministro continuo de gases medicinales.

Además posee un sistema eléctrico de respaldo que permite el monitoreo y control constante del paciente durante traslados, que sumado a la variedad de sistemas integrados en un mismo equipo da como resultado un producto versátil, de alta tecnología, gran desempeño y de bajo costo. Sus principales componentes están mostrados en la figura 29.

Figura 29. Componentes UCIM 1200

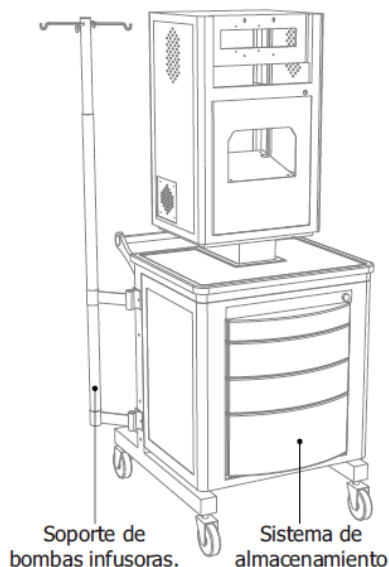


Documentación FCV.

2.2.1 Estructura. Es la carcasa del equipo, la cual contiene los equipos y cuenta con sistema de almacenamiento y soporte de bombas infusoras. Tiene cuatro cajones para teclado, mouse, medicamentos, implementos médicos y de terapia respiratoria, su volumen de almacenamiento es de 46 litros. El soporte de bombas infusoras es una barra extensible hasta 2 metros e incluye ganchos para sueros. (Figura 30).

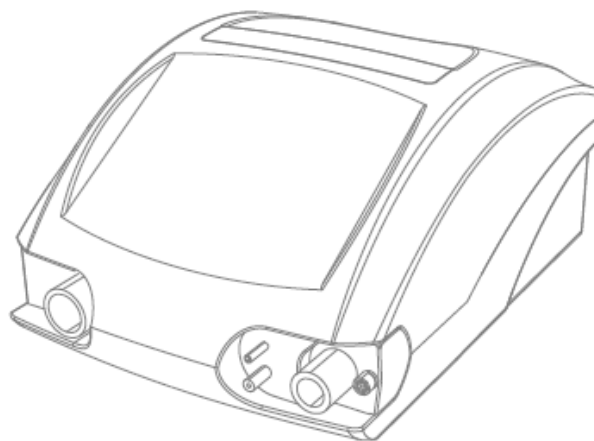
2.2.2 Ventilador mecánico. Es un equipo médico que permite la respiración artificial de un paciente la UCIM 1200 actualmente trabaja con uno de marca Airox Supportair (Figura 31) el cual cuenta con las siguientes características:

Figura 30. Estructura UCIM 1200



Documentación FCV.

Figura 31. Ventilador pulmonar Airox



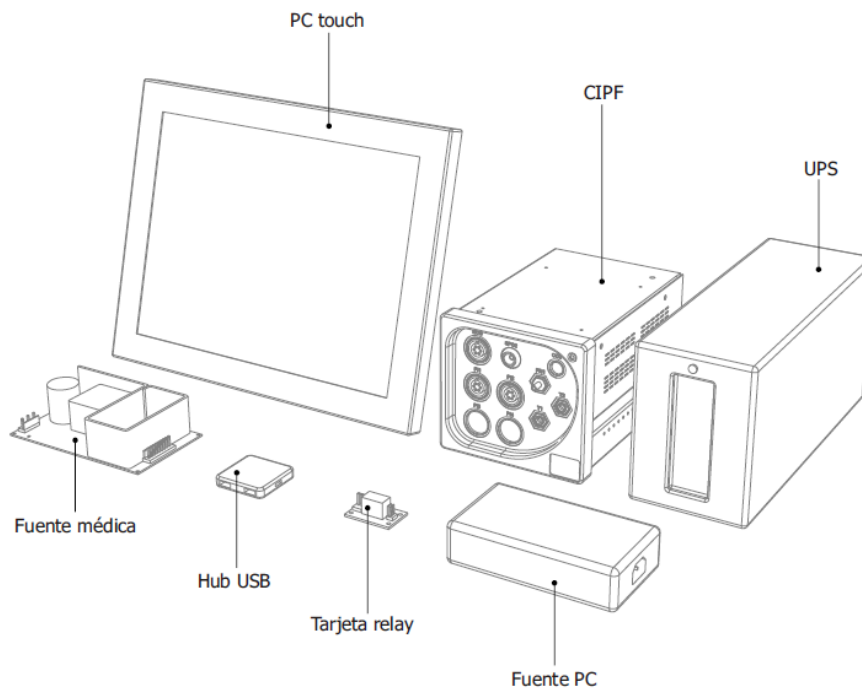
Documentación FCV.

- Ventilación en cuidados críticos y reanimación para pacientes Adulto y Pediátrico.
- Sistema neumático de turbina de altas prestaciones para modos ventilatorios de alto flujo (PSV).
- La compensación automática de fugas asegura una ventilación continua y segura
- Con Ventilación Invasiva y No Invasiva ofrece una gran versatilidad para pacientes con distintos requerimientos respiratorios.
- Autonomía de batería con máximos parámetros de 4 horas.

2.2.3 Monitor de signos vitales. El monitor de signos vitales (figura 32) es un equipo médico que permite visualizar permanentemente los signos vitales de un

paciente, tales como presión invasiva (IBP), presión arterial no invasiva (NBP), ECG, temperatura, capnografía, pulsoximetría y frecuencia respiratoria, por lo tanto es un equipo indispensable en casi todas las dependencias de una clínica. Cuenta con las siguientes características:

Figura 32. MSV 1200

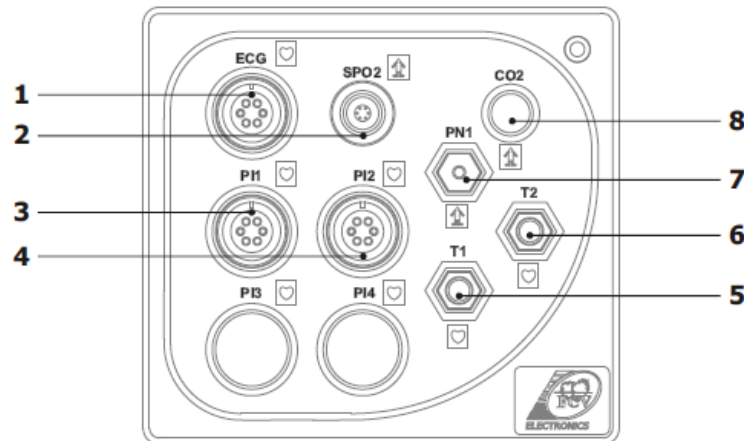


Documentación FCV.

- Pantalla táctil para la interacción e ingreso de datos.
- Monitor multiparámetros para todo tipo de pacientes Adulto y Pediátrico.
- Alarmas audibles y visuales.
- Parámetros de Electrocardiografía de 5 derivas, 2 Presiones invasivas, Pulso Oximetría, Presión arterial no invasiva y 2 Temperaturas.
- Almacenamiento de tendencias.

La medición de signos vitales se realiza por medio de los cables que se conectan del paciente a la CIPF (figura 33) la cual se compone de los siguientes conectores:

Figura 33. CIPF del MSV 1200



Documentación FCV.

(1) Electrocardiografía (ECG) de 3 derivaciones. Permite visualizar hasta 3 curvas simultáneamente y escoger entre DI, DII DIII, Vx, aVr, aVI, aVf. Cuatro (4) niveles de ganancia y tres (3) velocidades de visualización: 12.5 mm/s, 25 mm/s y 50 mm/s. Rango de medición de frecuencia cardiaca de 0-350 bpm y posee Protección contra descargas de desfibrilador.

(2) Oximetría (SPO2) marca Mindray (China). Modos de medición adulto y neonato. Medición de Saturación de oxígeno (%) y pulso (bpm). Rangos de medición de 0-100% y 25-250 bpm.

(3 y 4) Presión Invasiva (PI1 y PI2). 2 canales de medición, compatible con transductores marca NELLCOR. Permite la visualización de las 2 curvas de presión de forma separada o traslapadas. Medición de sístole, diástole y media en mmHg. Rango de medición de presión de 0-250 mmHg.

Opcional: almacenamiento del trazo de presión invasiva y visualización de trazos almacenados en una pantalla adicional.

(5 y 6) Temperatura (T1 y T2). 2 canales de medición de temperatura. Sensores marca YSI. Rango de medición de 25-45 °C.

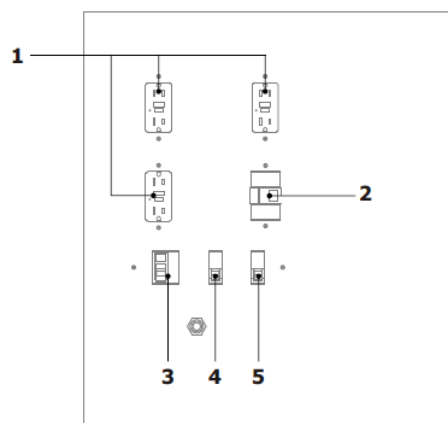
(7) Presión arterial no invasiva (PANI), marca Mindray (China). Modos de medición adulto, pediátrico y neonato. Método oscilométrico. Cálculo de presiones sistólica, diastólica, media y pulso. Modo de medición manual y automático. Rango de medición de 10-270 mmHg y 40-240 bpm.

(8) Capnografía (CO₂), marca Oridion (Israel). Modos adulto y neonato. Parámetros medidos: forma de onda de CO₂, valores de EtCO₂, FiCO₂ y frecuencia respiratoria. Para pacientes entubados y no entubados. Rango de medición de 0-90 mmHg.

2.2.4 Panel Eléctrico. Componente que permite la conexión de la UCIM 1200 a la corriente alterna, brinda conexión a otros equipos por sus múltiples tomas y está equipado con elementos que protegen la vida de los equipos y los pacientes, permite la transmisión de datos del MSV 1200, (Figura 34) cuenta con las siguientes características:

- Sistema de protección contra corrientes de fuga hacia el paciente.
- Tiene tres tomas dobles con protección de sobre corriente, que permiten la conexión para otros dispositivos de baja potencia.

Figura 34. Panel eléctrico UCIM 1200

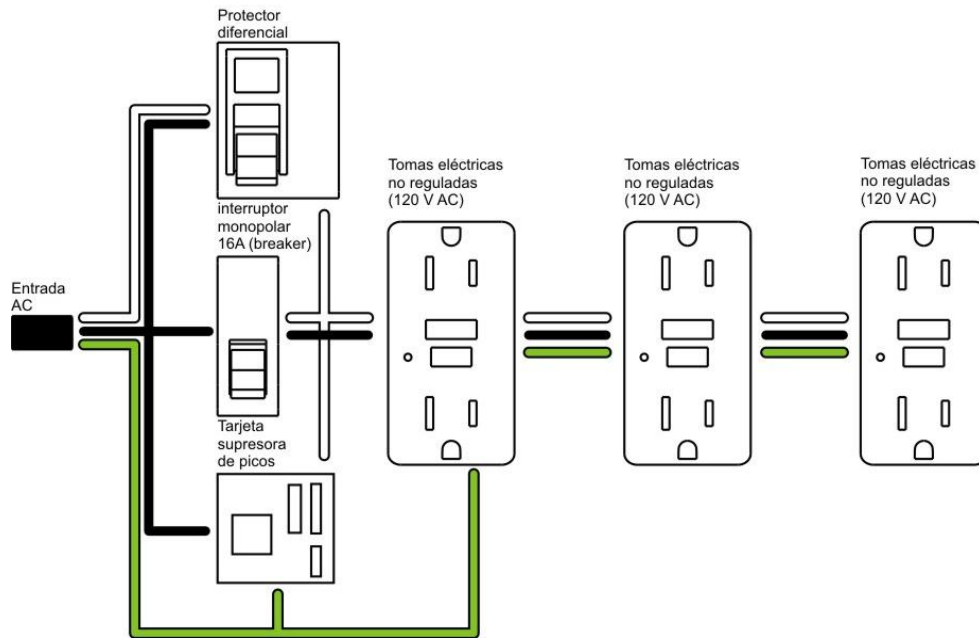


- (1) Tomas eléctricas no reguladas (120 V AC)
- (2) Toma de Red (receptor RJ 45)
- (3) Protector diferencial
- (4) interruptor monopolar 16A (breaker)
- (5) interruptor monopolar 10A (breaker)

Documentación FCV.

Estos elementos están conectados directamente y por medio de conectores derivadores. (Figura 35)

Figura 35. Conexiones panel eléctrico UCIM 1200

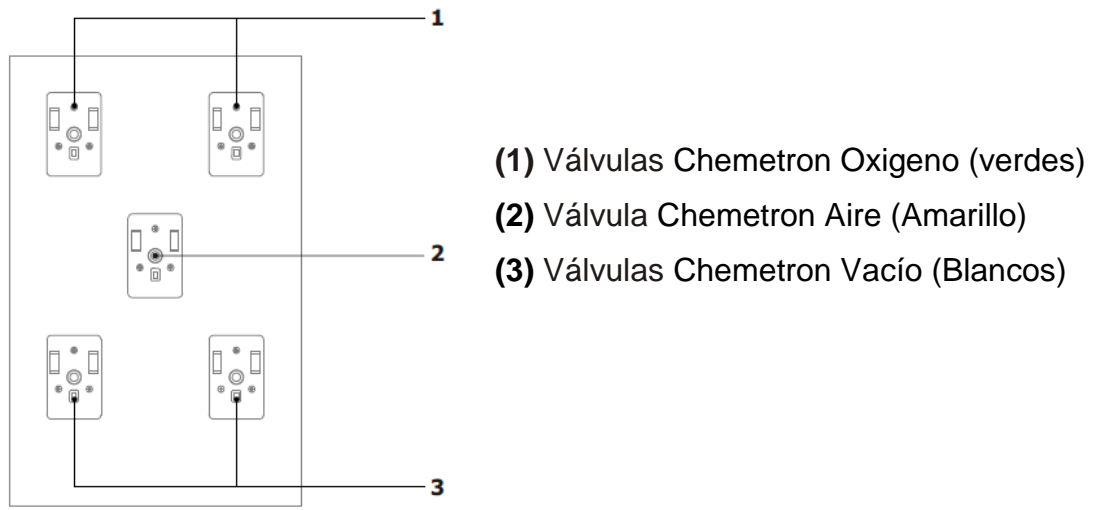


Documentación FCV.

2.2.5 Panel de gases. Componente que funciona como un puente entre el suministro de gases medicinales de la habitación y los equipos médicos que requieren de este servicio. Cuenta con dos tomas de oxígeno, dos de aire y una de vacío y permite la íter-conexión de gases en cascada entre diferentes UCIM 1200.

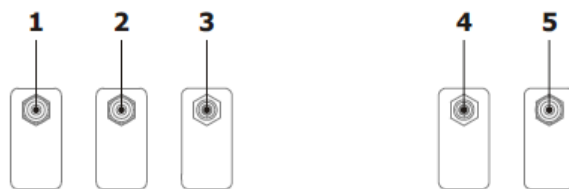
El panel de gases de la UCIM 1200 está dividido en un panel lateral el cual permite la conexión de los equipos médicos por medio de las válvulas chemetron (figura 36), y un panel posterior el cual permite la conexión de las mangueras provenientes del suministro de la habitación por medio de los cheques de retención mecánica. (Figura 37)

Figura 36. Panel de gases lateral UCIM 1200



Documentación FCV.

Figura 37. Panel de gases posterior UCIM 1200

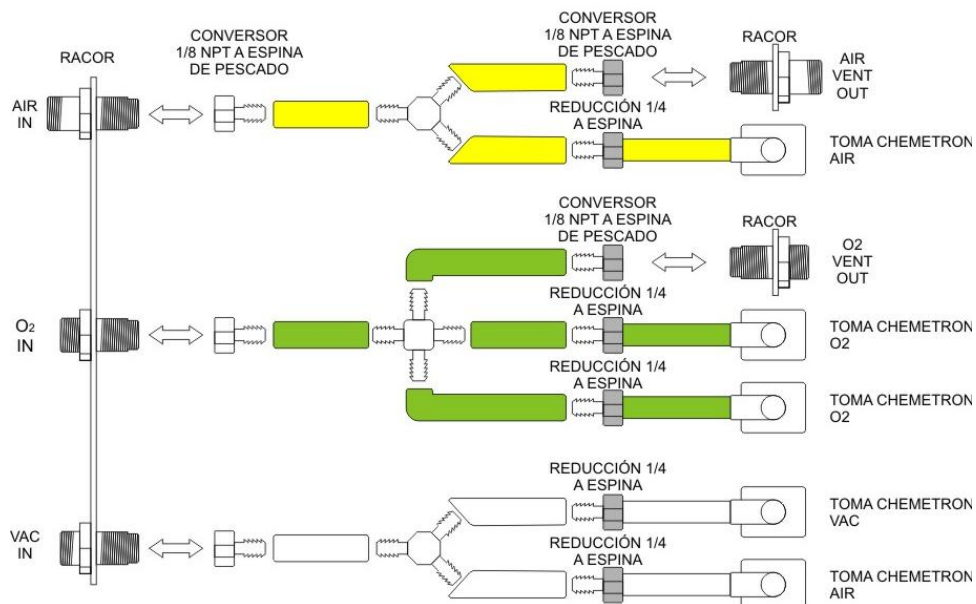


Documentación FCV.

- (1) Entrada - Cheque de retención mecánica para vacío (blanco)
- (2) Entrada - Cheque de retención mecánica para aire (Amarillo)
- (3) Entrada - Cheque de retención mecánica para oxígeno (Verde)
- (4) Salida - Cheque de retención mecánica para oxígeno (Verde)
- (5) Salida - Cheque de retención mecánica para aire (Amarillo)

Los componentes del panel de gases se conectan por medio de mangueras basados en un esquema de conexiones. (Figura 38)

Figura 38. Conexiones panel de gases UCIM 1200



Documentación FCV.

2.3 ANÁLISIS DE ACTIVIDADES DE LA UCIM 1200

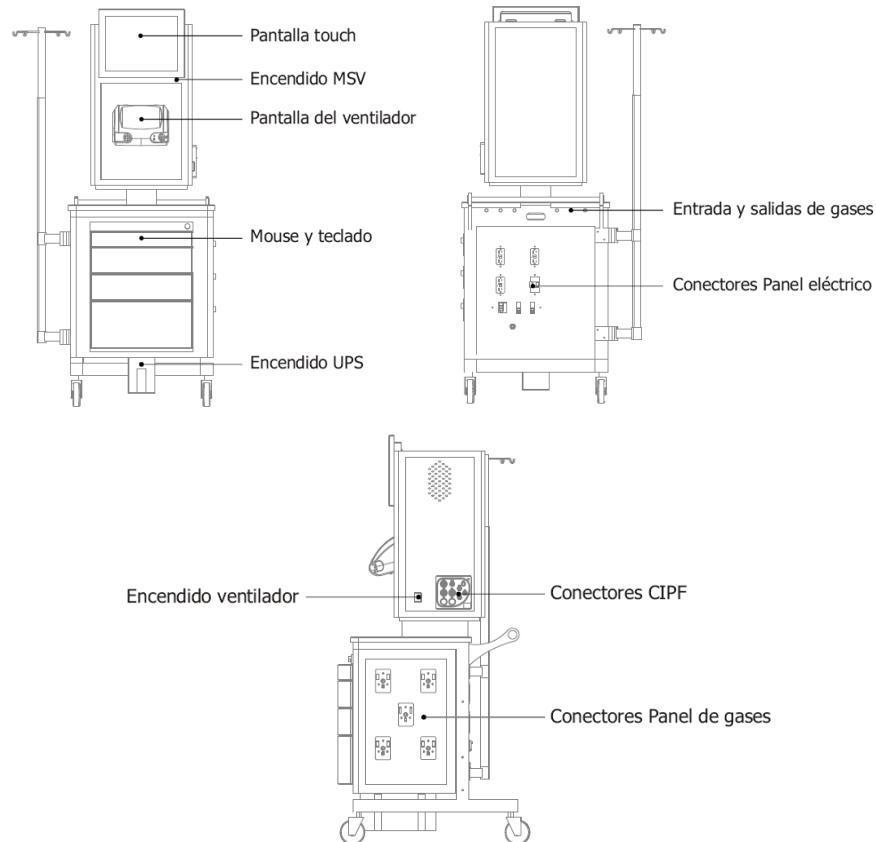
Ya se identificaron cada una de las partes y equipos que componen la UCIM 1200, ahora se procederá a describir las actividades generales realizadas con el equipo durante la estancia de un paciente en una unidad de cuidados intensivos.

La estancia de un paciente en la unidad de cuidados intensivos depende de la condición física y la mejoría que presente, pueden durar desde un día hasta meses.

Para este ejercicio se efectuó una observación de campo en la unidad de cuidados intensivos pediátrica del IC donde se realizó una entrevista abierta a la jefe de enfermeras de esta área, quien describió las actividades que realiza el personal médico con la UCIM 1200 y la frecuencia con que se realizan, además se hizo un registro de las posiciones de los usuarios y el tiempo que duraba cada actividad para su posterior análisis.

2.3.1 Ubicación de los controles. Las actividades que los usuarios realizan con la UCIM 1200 están relacionadas directamente con los controles de la misma. (Figura 39)

Figura 39. Controles de la UCIM 1200



Fuente: Autor

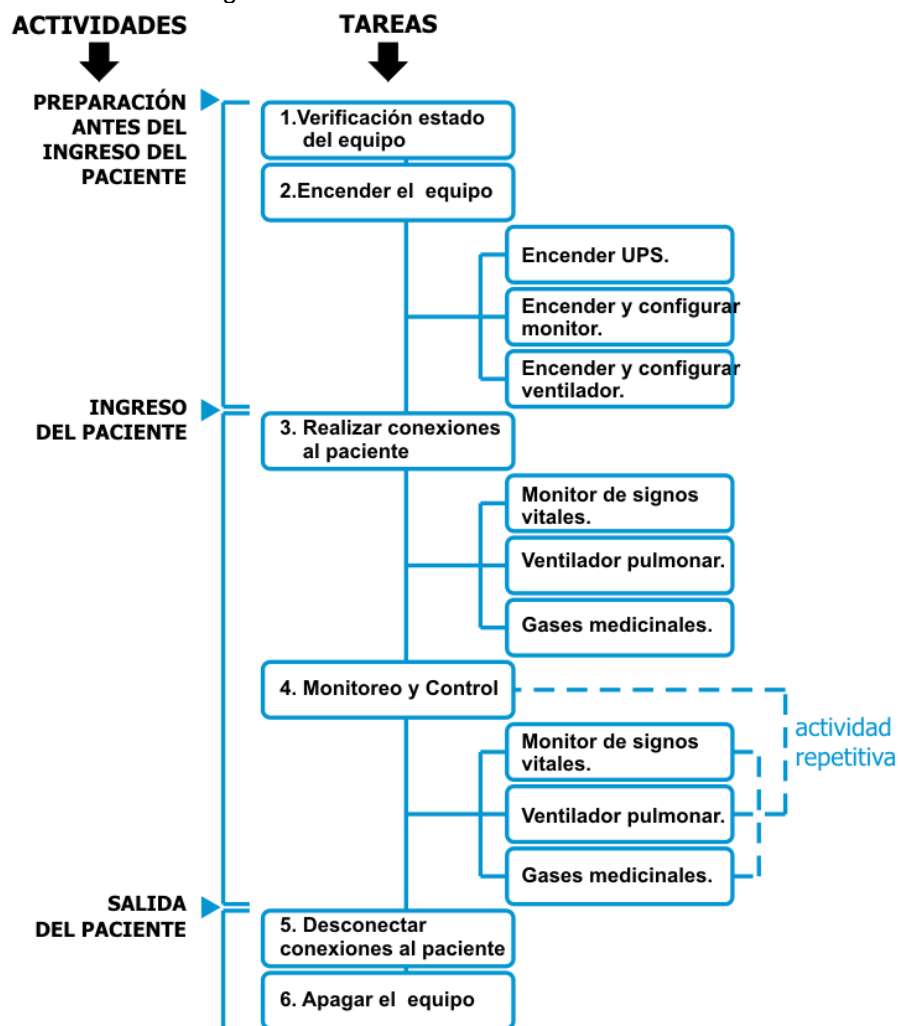
2.3.2 Descripción de actividades. Después de la observación de campo realizada anteriormente se sintetiza en un diagrama las actividades del personal médico con la UCIM 1200 durante la estadía de un paciente en la unidad de cuidados intensivos. (Figura 40)

La grafica explica de manera descendiente las actividades que se realizan con la UCIM 1200, se evidencia que las actividades 1, 2, 3, 5, 6, por lo general se realizan una sola vez por cada paciente y la actividad 4 se efectúa según los protocolos médicos establecidos en la unidad de cuidados intensivos, en la tabla 2

se puede apreciar la frecuencia de uso de los componentes de la UCIM 1200.

2.3.2.1 Verificación estado del equipo. Para comenzar a usar UCI 1200 se debe conectar el mueble a una toma de energía eléctrica, el conector se encuentra en la parte posterior del mueble. Después de tener el mueble energizado se debe verificar que los interruptores estén en la posición correcta, Hacia arriba. (Figura 41). Esta actividad no es repetitiva y su duración es muy corta, por esto no se define ninguna postura que los usuarios adopten para realizar esta tarea.

Figura 40. Actividades con la UCIM 1200



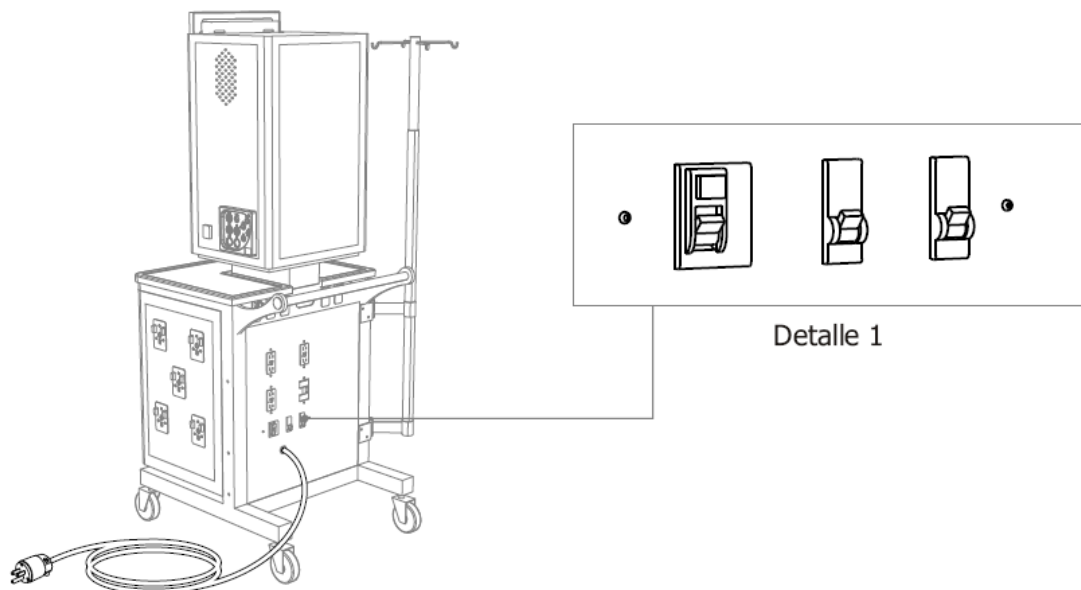
Fuente: Autor

Tabla 2. Frecuencia de uso de los componentes UCIM 1200

#	Componente	Frecuencia de uso
1	Estructura	No aplica
2	Monitor de signos vitales	Alta
3	Ventilador pulmonar	
4	Panel eléctrico	
5	Panel de gases	Baja
6	Almacenamiento	

Fuente: Autor.

Figura 41. Verificación estado de la UCIM 1200



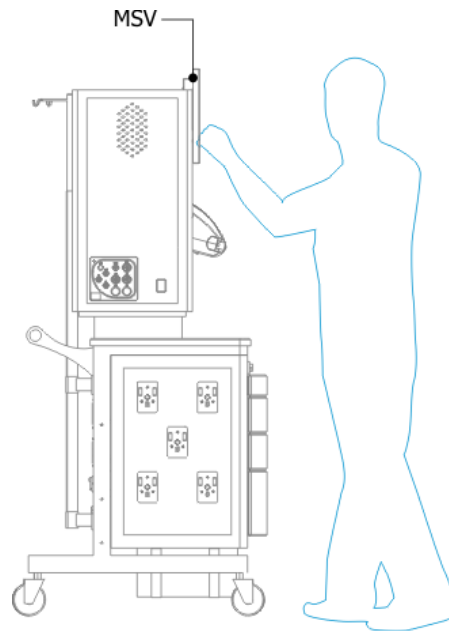
Fuente: Autor

2.3.2.2 Encender el equipo. Ya energizada la UCIM 1200 se puede proceder a encender los equipos médicos que están incluidos.

- **Encender UPS.** Antes de encender el monitor de signos vitales y el ventilador pulmonar es necesario encender la UPS que se encuentra en la parte baja del equipo. Esta actividad no es repetitiva y su duración es muy corta, por esto no se define ninguna postura que los usuarios adopten para realizar esta tarea.

- **Encender y configurar monitor.** El monitor de signos vitales se enciende con un interruptor que se encuentra bajo la pantalla touch y seguidamente se debe configurar el monitor con las características del paciente que próximamente estará en la unidad. Estas actividades se realizan en posición erguida y no son repetitivas, aunque hay posibles excepciones. (figura 42).

Figura 42. Configuración del MSV de la UCIM 1200

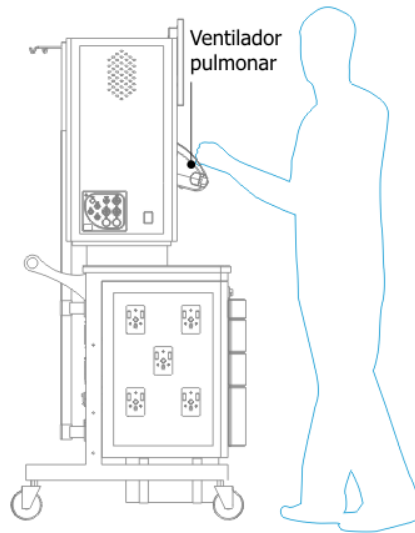


Fuente: Autor

- **Encender y configurar ventilador.** El ventilador pulmonar se enciende con un interruptor que se encuentra al costado del equipo, seguidamente se configura el ventilador con las características del paciente que próximamente estará en la unidad, éstas actividades se realizan en posición erguida y no son repetitivas, aunque hay posibles excepciones. (Figura 43).

2.3.2.3 Realizar conexiones al paciente. En esta etapa el paciente ya está en la unidad, es ahora el momento de conectar los cables y mangueras necesarias al paciente.

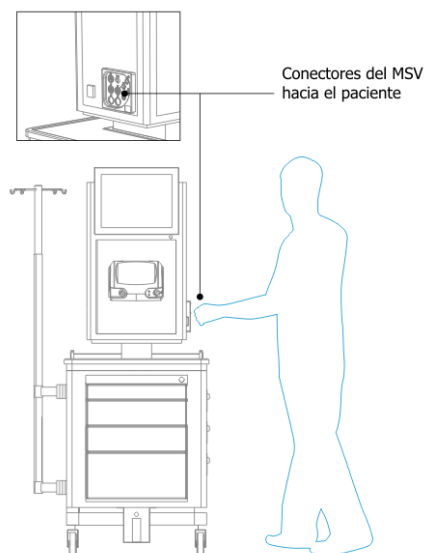
Figura 43. Configurar el ventilador de la UCIM 1200



Fuente: Autor

- Conexiones del MSV-1200 al paciente.** Se ordenan los cables de que están la CIPF y se conectan a los electrodos que se han ubicado en el paciente, ésta actividad se realiza en posición erguida y no es repetitiva, aunque puede haber excepciones. (Figura 44).

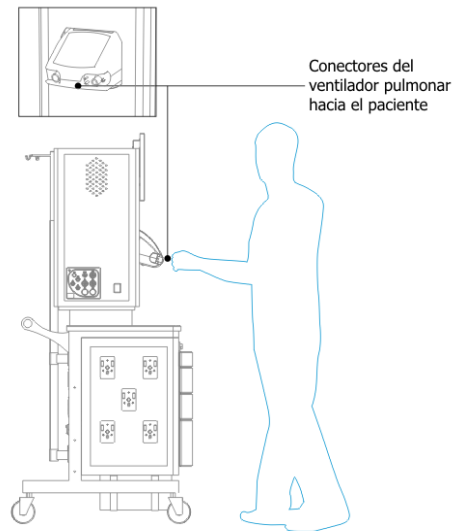
Figura 44. Conexiones del MSV-1200 al paciente



Fuente: Autor

- **Conexiones del ventilador pulmonar al paciente.** Se ordena el circuito respiratorio y se conecta al paciente, ésta actividad dura 1 minuto y se realiza en posición erguida y no es repetitiva, aunque hay posibles excepciones. (Figura 45).

Figura 45. Conexiones del ventilador pulmonar al paciente

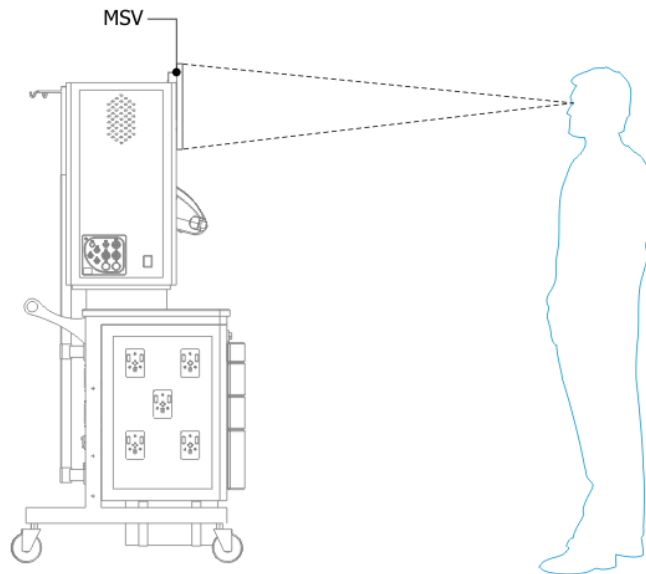


Fuente: Autor

2.3.2.4 Control y monitoreo. En esta etapa el paciente está estabilizado y la UCIM 1200 se encuentra prestando sus servicios, en esta actividad el personal médico realizará periódicamente chequeos visualizando y configurando el monitor y el ventilador. La duración de esta etapa termina cuando el paciente es dado de alta.

- **Control y monitoreo del monitor de signos vitales.** Se realizan tres actividades:
 - a. Se visualiza la pantalla del monitor de signos vitales periódicamente para conocer el estado de los parámetros fisiológicos del paciente. Esta actividad es repetitiva durante toda la estancia del paciente en la unidad y se realiza en posición erguida. (Figura 46).

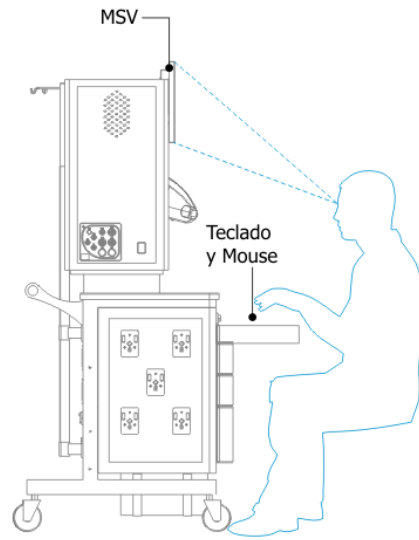
Figura 46. Visualización de la pantalla del monitor de signos vitales.



Fuente: Autor

- b. Se revisan la configuración y las tendencias del paciente en el software del monitor, Esta actividad es repetitiva durante toda la estadía del paciente en la unidad y se realiza en posición erguida (figura 42).
- c. Se ingresa información de los procedimientos realizados al paciente en el historial medico electrónico por medio del monitor de signos vitales. Esta actividad es repetitiva durante toda la estadía del paciente en la unidad y se realiza en posición sedente (figura 47).
- **Control y monitoreo del ventilador pulmonar.** Se realizan dos actividades:
 - a. Se visualiza la pantalla del ventilador pulmonar periódicamente para conocer el estado de la terapia respiratoria del paciente, Esta actividad es repetitiva en la medida en que el paciente requiera de ventilación pulmonar durante su estadía en la unidad y se realiza en posición erguida (figura 48).

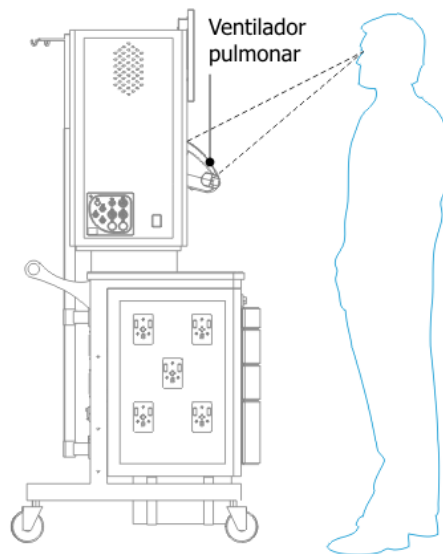
Figura 47. Ingreso de datos al monitor de signos vitales.



Fuente: Autor

b. Se revisan la configuración y las tendencias del paciente en el software del ventilador pulmonar, Esta actividad es repetitiva en la medida en que el paciente requiera de ventilación pulmonar durante su estadía en la unidad y se realiza en posición erguida (figura 43).

Figura 48. Visualización de la pantalla del ventilador pulmonar.



Fuente: Autor

2.3.3 Resultado de la observación. A continuación se nombran los resultados del análisis de las diferentes actividades realizadas en la UCIM 1200.

- a. La duración de cada actividad es muy corta, por lo general menos de un minuto y los tiempos entre actividades son considerables, por encima de 10 minutos.
- b. Las actividades están relacionadas con los servicios que prestan los equipos médicos, la estructura debe encargarse de ubicar los dispositivos médicos en los rangos antropométricos y de alcance adecuados para los usuarios.
- c. Los usuarios adoptan una postura erguida para el desarrollo de todas las actividades, con excepción del ingreso historia clínica la cual se realiza en posición sedente.
- d. La actividad más frecuente realizada en la UCIM 1200 es el monitoreo y control de los equipos médicos, la cual se realiza en posición erguida.

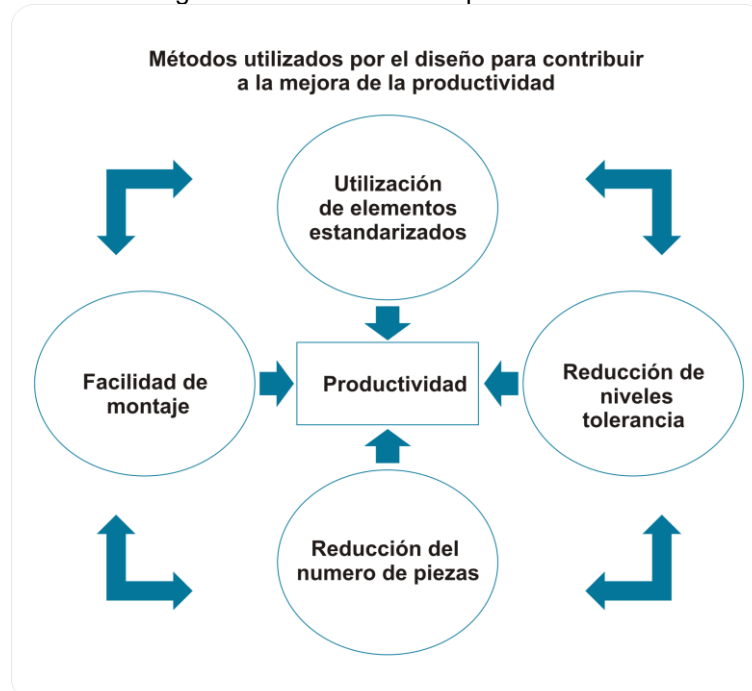
2.4 INVESTIGACIÓN TÉCNICO-PRODUCTIVA

“La justificación del diseño industrial, reside en la fabricación de nuevos productos mediante procedimientos industriales en series adecuadas para el actual consumo de masas”.⁵ Por lo tanto se realiza una recolección de información que pueda orientar el proceso de diseño en este aspecto.

2.4.1 Productividad. Para aumentar la productividad de la empresa y la calidad del producto, hay que mejorar la utilización del equipamiento productivo y las tecnologías de que dispone la empresa.⁵ (Figura 49)

³Jose Maria Ivañes Gimeno.(2000): *La gestión del diseño en la empresa*. Mc Graw Hill, Madrid

Figura 49. Aumento de la productividad



Jose Maria Ivañes Gimeno. *La gestión del diseño en la empresa*.

La productividad se consigue con la flexibilidad de la producción: la flexibilidad es un medio para hacer más rentable la empresa, por eso en el diseño se debe dotar el producto de la cualidad de fabricabilidad, diseñándolo para que sea sencillo su montaje, se facilite su proceso de fabricación, se reduzca el número de piezas que lo componen, se reduzcan los stocks, consecuentemente se reduzcan los costes.⁵

Estos objetivos se consiguen mediante la estandarización de componentes eliminando, si es posible, la variación de las piezas y mediante la simplificación del montaje y la reducción del número de piezas.⁵

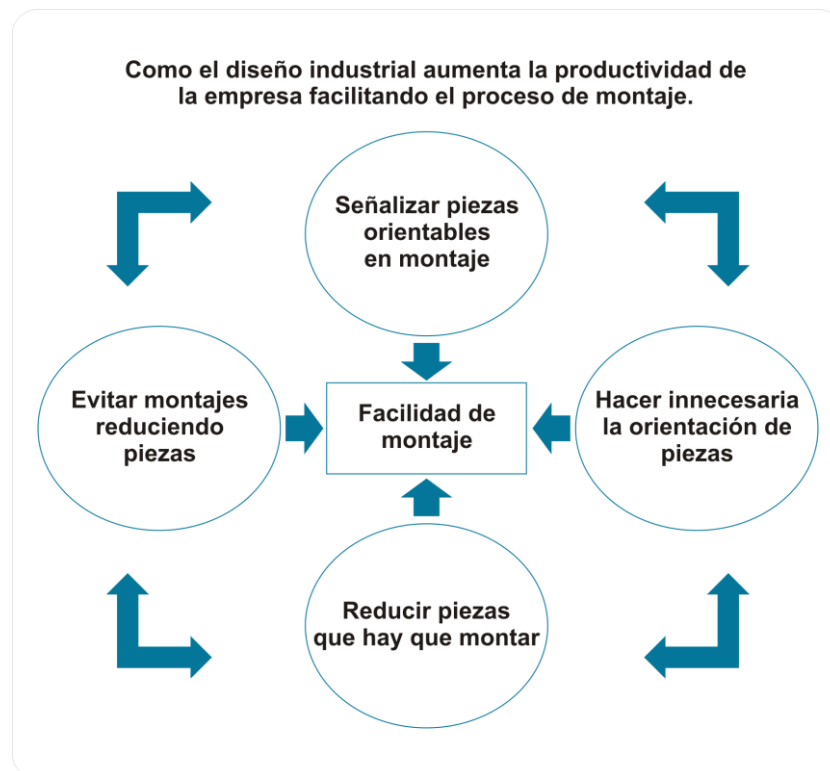
El producto puede contemplar en su montaje elementos semiacabados o estandarizados, la inclusión de estos elementos no solo facilitan el proceso de montaje, sino aumentan la gama de productos fabricados adaptándolos a las necesidades del consumidor.⁵

³Jose Maria Ivañes Gimeno.(2000): *La gestión del diseño en la empresa*. Mc Graw Hill, Madrid

El diseño simplifica y facilita el montaje de los productos diseñando las diversas piezas de acuerdo a las operaciones y manipulaciones que han de sufrir en el proceso de ensamble. El diseño reduce los niveles de tolerancia de los diferentes componentes del producto reduciendo el número de piezas rechazadas por el control de calidad y simplificando el proceso de producción.⁵

El diseño deberá intentar que no hiciera falta orientar las piezas en el proceso de montaje disminuyendo las necesidades de manipulación, en el caso de que no hubiera mas remedio que orientar las piezas deberán estar señalizadas para facilitar su orientación y manejabilidad.⁵ (Figura 50)

Figura 50. Mejorar la productividad



Jose Maria Ivañes Gimeno. *La gestión del diseño en la empresa.*

³Jose Maria Ivañes Gimeno.(2000): *La gestión del diseño en la empresa.* Mc Graw Hill, Madrid

Este rediseño debe estar relacionado con la satisfacción de las necesidades del mercado de masas⁵, La fabricación a gran escala, debe cumplir con las tres “S” que señala Elion: Standarization, Simplification y Specialitation (estandarización, simplificación y especialización).⁶

El producto debe ser diseñado con un doble objetivo. Debe estar formado por elementos modulares fácilmente combinables para poder montar series cortas compatibles con la producción en masa, y debe tener una imagen diferenciada que le permita ser distinguido por los consumidores como producto de firma, de marca, de estilo de vida, o de país.⁵

La renovación de productos para mantener la novedad en el mercado obliga a la renovación de los productos que mantienen prácticamente todas las características de los antiguos con una o dos mejoras técnicas y un cambio en su aspecto formal y estético.⁵

Diseño para la minimización de residuos, es necesario reducir los residuos en el origen reduciendo el tamaño de los productos, utilizando materiales más ligeros, envoltorios más delgados y reducción de los embalajes.⁵

2.4.2 Estaciones de trabajo. Los factores humanos en el diseño de estaciones de trabajo son un tema especialmente amplio debido a la naturaleza diversa y compleja de las estaciones de trabajo. El trabajo se debe adaptar al usuario en lugar de hacer que el usuario se adapte a la estación de trabajo.⁷

³Jose Maria Ivañes Gimeno.(2000): *La gestión del diseño en la empresa*.Mc Graw Hill, Madrid

⁴Elion, S. (1976): *La producción*, Editorial Labor, Barcelona.)

⁵© 2010 Association for the Advancement of Medical Instrumentation - ANSI/AAMI HE75:2009, Pag. 380

Las estaciones de trabajo deben adaptarse a las necesidades físicas, intelectuales y psicológicas de una población de usuarios diversa siempre que sea posible, de lo contrario, la calidad de las interacciones del usuario con la tecnología podrían sufrir, lo que reduce la calidad de la atención al paciente y los resultados asociados.⁷

2.43 Apariencia. Se podría pensar que la apariencia de una estación de trabajo no es importante, pero si lo es, de una manera sutil pero poderosa a veces. El diseño de los productos no deben producir miedo, provocar reacciones claustrofóbicas, llamar la atención indebida a sí mismos, o visualmente entrar en conflicto con el entorno de la atención.⁷

El diseño adecuado visual también puede ofrecer beneficios funcionales. Por ejemplo, es más fácil saber cuándo una estación de trabajo necesita una limpieza si es de colores claros y muestra la suciedad. Además, ciertos elementos de estación de trabajo, tales como puertos de conectores y conexiones pueden tener un código de colores para llamar la atención, identificar su función, y reducir el riesgo de conexiones incorrectas.⁷

Las características superficiales de una estación de trabajo pueden tener una fuerte influencia en su eficacia funcional, así como en la satisfacción del usuario. Fundamentalmente, todas las estaciones de servicio médico diagnóstico y / o terapéutica deben tener una apariencia impulsada por necesidades funcionales.⁷

La mayoría de los usuarios se preocupan por la apariencia de una estación de trabajo, ya que tiene un impacto emocional, puede influir en las percepciones de la calidad asistencial, puede crear un sentido de orgullo profesional y puede hacer que los procedimientos médicos parezcan menos intimidantes.⁷

⁵© 2010 Association for the Advancement of Medical Instrumentation - ANSI/AAMI HE75:2009, Pag. 383

Las estaciones de trabajo debe poseer un estilo visual e incorporar características que las hagan parecer bien construidas, fabricadas con materiales de calidad, cómodas, eficaces, eficientes y seguras.⁷

Cuando la limpieza (o esterilidad) es primordial, la estación de trabajo debe ser de colores que revelen la contaminación, esto significa utilizar un esquema de colores claros. El color de la estación de trabajo debe armonizar con otros equipos médicos, no llamar la atención indebida a sí mismos.⁷

2.4.4 Movilidad. Los diseñadores de dispositivos médicos móviles deberían tener en cuenta el medio ambiente del uso del dispositivo, el centro de gravedad y el peso esperado al considerar los posibles mecanismos de movilidad, especialmente para los dispositivos que se mueven con el paciente en una situación clínica.⁷

Si un dispositivo es demasiado pesado para el transporte con una sola mano, se deben utilizar mecanismos alternativos de transporte, como un bastidor con ruedas o debe ser proporcionado un carrito.⁷

En general, deben evitarse los diseños que sólo incorporan tres o dos ruedas y un pie de apoyo, debido a la posibilidad de vuelco. Sin embargo, dispositivos de tres ruedas pueden ser adecuados para algunas aplicaciones (por ejemplo, botellas de oxígeno para los pacientes con enfisema).⁷

Para evitar accidentes y evitar que las ruedas se atasquen, los diseños de la rueda debe tener en cuenta las características de la probable superficie del entorno, (por ejemplo, la pendiente del suelo), así como el tamaño y el peso del dispositivo.⁷

⁵© 2010 Association for the Advancement of Medical Instrumentation - ANSI/AAMI HE75:2009, Pag. 419

Si un dispositivo de ruedas se va a utilizar en un entorno clínico donde hay obstáculos en el suelo que pueden obstruir el paso de las ruedas (por ejemplo, cables eléctricos, mangueras), debe ser implementado un medio para desviar obstáculos lejos de las ruedas.⁷

Las ruedas deben tener un mecanismo de freno para proporcionar estabilidad y evitar desplazamientos.⁷

Debe ser fácil para el usuario determinar si un mecanismo de freno está bloqueado o desbloqueado. Un elemento pesado tiende a volcarse si un usuario intenta moverlo mientras que el sistema de freno está activado.⁷

El dispositivo debe estar diseñado para que ningún elemento interfiera con el usuario mientras el este en movimiento (por ejemplo, el dispositivo no debe chocar con la pierna del usuario mientras el usuario está caminando y llevando el dispositivo).⁷

Se proveerán medios para almacenar de forma segura los accesorios tales como cables, mientras que el dispositivo se mueve de forma que los accesorios no interfieran con el uso o lesionen al usuario.⁷

El número de pasos y la cantidad de fuerza necesaria para estabilizar un dispositivo cuando está en movimiento debe ser limitado.⁷

El centro del dispositivo de gravedad debe ser lo suficientemente baja para evitar que se vuelque. Los dispositivos pesados que deben ser movidos personas deben integrar ruedas y asas para su dirección.

⁵© 2010 Association for the Advancement of Medical Instrumentation - ANSI/AAMI HE75:2009, Pag. 419

2.5 ANTROPOMETRÍA

En la anterior sección se define que la actividad más frecuente realizada en la UCIM 1200 es el monitoreo y control de los equipos médicos, la cual se realiza en posición erguida, por lo tanto se debe consultar los datos antropométricos relacionados a esta actividad con respecto a los usuarios potenciales del producto.

Los usuarios primarios de este proyecto que son el personal médico de los centros clínicos, hombres y mujeres entre los 18 y los 40 años, de diferentes nacionalidades, debido al plan exportador mencionado en la definición estratégica.

Bioingeniería FCV se referencia de las normas de la Asociación para el Avance de la Instrumentación Médica, en inglés AAMI, las cuales constan de más de 100 comités técnicos y grupos de trabajo que producen normas, prácticas recomendadas e informes técnicos de información de dispositivos médicos.

Las normas y prácticas recomendadas representan un consenso nacional y muchas han sido aprobadas por el Instituto Nacional de Normas Americanas (ANSI) como por el Nacional de Normas Americanas (American National Standards), AAMI también administra comités técnicos de la Organización de Normas Internacionales (ISO), la Comisión Internacional Electrotécnica (IEC) y los Comités Americanos de Asesoría Técnica (TAGs).⁷

La norma ANSI/AAMI HE75:2009: Human factors engineering - Design of medical devices, (Ingeniería de factores humanos – Diseño de dispositivos médicos), expone los factores humanos que se ha de tener en cuenta en el diseño de un dispositivo médico. Se presenta la correspondiente designación de EE.UU. y el nivel de la equivalencia de las norma internacionales referenciadas en el documento (Tabla 3 y 4).

⁶ <http://www.aami.org/standards/>

Este documento está compuesto por 465 páginas, las cuales se exponen diferentes temáticas respecto a los factores humanos, se consulta la sección 7, Antropometría y biomecánica, la cual contiene datos antropométricos de población mundial, ideal para la obtención de los datos antropométricos requeridos.

Tabla 3. Normas equivalentes, 1/2

International designation	U.S. designation	Equivalency
IEC 60601-1:2005 Technical Corrigendum 1 and 2	ANSI/AAMI ES60601-1:2005 ANSI/AAMI ES60601-1:2005/C1:2009 (amdt)	Major technical variations C1 Identical to Corrigendum 1 & 2
IEC 60601-1-2:2007	ANSI/AAMI/IEC 60601-1-2:2007	Identical
IEC 60601-2-2:2009	ANSI/AAMI/IEC 60601-2-2:2009	Identical
IEC 60601-2-4:2002	ANSI/AAMI DF80:2003	Major technical variations
IEC 60601-2-19:2009	ANSI/AAMI/IEC 60601-2-19:2009	Identical
IEC 60601-2-20:2009	ANSI/AAMI/IEC 60601-2-20:2009	Identical
IEC 60601-2-21:2009	ANSI/AAMI/IEC 60601-2-21:2009	Identical
IEC 60601-2-24:1998	ANSI/AAMI ID26:2004/(R)2009	Major technical variations
IEC 60601-2-47:2001	ANSI/AAMI EC38:2007	Major technical variations
IEC 60601-2-50:2009	ANSI/AAMI/IEC 60601-2-50:2009	Identical
IEC 80601-2-30:2009 and Technical Corrigendum 1	ANSI/AAMI/IEC 80601-2-30:2009 and ANSI/AAMI/IEC 80601-2-30:2009/ C1:2009 (amdt) – consolidated text	Identical (with inclusion) C1 Identical to Corrigendum 1
IEC 80601-2-58:2008	ANSI/AAMI/IEC 80601-2-58:2008	Identical
IEC/TR 60878:2009	ANSI/AAMI/IEC TIR60878:2003	Identical
IEC/TR 62296:2009	ANSI/AAMI/IEC TIR62296:2009	Identical
IEC 62304:2006	ANSI/AAMI/IEC 62304:2006	Identical
IEC/TR 62348:2006	ANSI/AAMI/IEC TIR62348:2006	Identical
IEC/TR 62354:2009	ANSI/AAMI/IEC TIR62354:2009	Identical
IEC/TR 80002-1:2009	ANSI/IEC/TR 80002-1:2009	Identical
ISO 5840:2005	ANSI/AAMI/ISO 5840:2005	Identical
ISO 7198:1998	ANSI/AAMI/ISO 7198:1998/2001/(R)2004	Identical
ISO 7199:2009	ANSI/AAMI/ISO 7199:2009	Identical
ISO 8637:2004	ANSI/AAMI RD16:2007	Major technical variations
ISO 8638:2004	ANSI/AAMI RD17:2007	Major technical variations
ISO 10993-1:2009	ANSI/AAMI/ISO 10993-1:2009	Identical
ISO 10993-2:2006	ANSI/AAMI/ISO 10993-2:2006	Identical
ISO 10993-3:2003	ANSI/AAMI/ISO 10993-3:2003/(R)2009	Identical
ISO 10993-4:2002 and Amendment 1:2006	ANSI/AAMI/ISO 10993-4:2002/(R)2009 and Amendment 1:2006/(R)2009	Identical
ISO 10993-5:2009	ANSI/AAMI/ISO 10993-5:2009	Identical
ISO 10993-6:2007	ANSI/AAMI/ISO 10993-6:2007	Identical
ISO 10993-7:2008	ANSI/AAMI/ISO 10993-7:2008	Identical
ISO 10993-9:1999	ANSI/AAMI/ISO 10993-9:1999/(R)2005	Identical
ISO 10993-10:2002 and Amendment 1:2006	ANSI/AAMI BE78:2002/(R)2008 ANSI/AAMI BE78:2002/A1:2006/(R)2008	Minor technical variations Identical
ISO 10993-11:2006	ANSI/AAMI/ISO 10993-11:2006	Identical
ISO 10993-12:2007	ANSI/AAMI/ISO 10993-12:2007	Identical
ISO 10993-13:1998	ANSI/AAMI/ISO 10993-13:1999/(R)2004	Identical
ISO 10993-14:2001	ANSI/AAMI/ISO 10993-14:2001/(R)2006	Identical
ISO 10993-15:2000	ANSI/AAMI/ISO 10993-15:2000/(R)2006	Identical
ISO 10993-16:1997	ANSI/AAMI/ISO 10993-16:1997/(R)2009	Identical
ISO 10993-17:2002	ANSI/AAMI/ISO 10993-17:2002/(R)2008	Identical
ISO 10993-18:2005	ANSI/AAMI BE83:2006	Major technical variations
ISO/TS 10993-19:2006	ANSI/AAMI/ISO TIR10993-19:2006	Identical
ISO/TS 10993-20:2006	ANSI/AAMI/ISO TIR10993-20:2006	Identical

ANSI/AAMI HE75:2009

Tabla 4. Normas equivalentes, 2/2

International designation	U.S. designation	Equivalency
ISO 11135-1:2007	ANSI/AAMI/ISO 11135-1:2007	Identical
ISO/TS 11135-2:2008	ANSI/AAMI/ISO TIR11135-2:2008	Identical
ISO 11137-1:2006	ANSI/AAMI/ISO 11137-1:2006	Identical
ISO 11137-2:2006 (2006-08-01 corrected version)	ANSI/AAMI/ISO 11137-2:2006	Identical
ISO 11137-3:2006	ANSI/AAMI/ISO 11137-3:2006	Identical
ISO 11138-1: 2006	ANSI/AAMI/ISO 11138-1:2006	Identical
ISO 11138-2: 2006	ANSI/AAMI/ISO 11138-2:2006	Identical
ISO 11138-3: 2006	ANSI/AAMI/ISO 11138-3:2006	Identical
ISO 11138-4: 2006	ANSI/AAMI/ISO 11138-4:2006	Identical
ISO 11138-5: 2006	ANSI/AAMI/ISO 11138-5:2006	Identical
ISO/TS 11139:2006	ANSI/AAMI/ISO 11139:2006	Identical
ISO 11140-1:2005	ANSI/AAMI/ISO 11140-1:2005	Identical
ISO 11140-3:2007	ANSI/AAMI/ISO 11140-3:2007	Identical
ISO 11140-4:2007	ANSI/AAMI/ISO 11140-4:2007	Identical
ISO 11140-5:2007	ANSI/AAMI/ISO 11140-5:2007	Identical
ISO 11607-1:2006	ANSI/AAMI/ISO 11607-1:2006	Identical
ISO 11607-2:2006	ANSI/AAMI/ISO 11607-2:2006	Identical
ISO 11737-1: 2006	ANSI/AAMI/ISO 11737-1:2006	Identical
ISO 11737-2:2009	ANSI/AAMI/ISO 11737-2:2009	Identical
ISO 13408-1:2008	ANSI/AAMI/ISO 13408-1:2008	Identical
ISO 13408-2:2003	ANSI/AAMI/ISO 13408-2:2003	Identical
ISO 13408-3:2006	ANSI/AAMI/ISO 13408-3:2006	Identical
ISO 13408-4:2005	ANSI/AAMI/ISO 13408-4:2005	Identical
ISO 13408-5:2006	ANSI/AAMI/ISO 13408-5:2006	Identical
ISO 13408-6:2006	ANSI/AAMI/ISO 13408-6:2006	Identical
ISO 13485:2003	ANSI/AAMI/ISO 13485:2003/(R)2009	Identical
ISO 14155-1:2003	ANSI/AAMI/ISO 14155-1:2003/(R)2008	Identical
ISO 14155-2:2003	ANSI/AAMI/ISO 14155-2:2003/(R)2008	Identical
ISO 14160:1998	ANSI/AAMI/ISO 14160:1998/(R)2008	Identical
ISO 14161:2009	ANSI/AAMI/ISO 14161:2009	Identical
ISO 14708-3:2008	ANSI/AAMI/ISO 14708-3:2008	Identical
ISO 14708-4:2008	ANSI/AAMI/ISO 14708-4:2008	Identical
ISO 14937:2009	ANSI/AAMI/ISO 14937:2009	Identical
ISO/TR 14969:2004	ANSI/AAMI/ISO TIR14969:2004	Identical
ISO 14971:2007	ANSI/AAMI/ISO 14971:2007	Identical
ISO 15223-1:2007 and A1:2008	ANSI/AAMI/ISO 15223-1:2007 and A1:2008	Identical
ISO 15225:2000 and A1:2004	ANSI/AAMI/ISO 15225:2000/(R)2006 and A1:2004/(R)2006	Identical
ISO 15674:2009	ANSI/AAMI/ISO 15674:2009	Identical
ISO 15675:2009	ANSI/AAMI/ISO 15675:2009	Identical
ISO 15882:2008	ANSI/AAMI/ISO 15882:2008	Identical
ISO 15883-1:2006	ANSI/AAMI ST15883-1:2009	Major technical variations
ISO/TR 16142:2006	ANSI/AAMI/ISO TIR16142:2005	Identical
ISO 17664:2004	ANSI/AAMI ST81:2004	Major technical variations
ISO 17665-1:2006	ANSI/AAMI/ISO 17665-1:2006	Identical (with inclusions)
ISO/TS 17665-2:2009	ANSI/AAMI/ISO TIR17665-2:2009	Identical
ISO 18472:2006	ANSI/AAMI/ISO 18472:2006	Identical
ISO/TS 19218:2005	ANSI/AAMI/ISO 19218:2005	Identical
ISO 22442-1:2007	ANSI/AAMI/ISO 22442-1:2007	Identical
ISO 22442-2:2007	ANSI/AAMI/ISO 22442-2:2007	Identical
ISO 22442-3:2007	ANSI/AAMI/ISO 22442-3:2007	Identical
ISO 25539-1:2003 and A1:2005	ANSI/AAMI/ISO 25539-1:2003/(R)2009 and A1:2005/(R)2009	Identical
ISO 25539-2:2008	ANSI/AAMI/ISO 25539-2:2008	Identical
ISO 81060-1:2007	ANSI/AAMI/ISO 81060-1:2007	Identical
ISO 81060-2:2009	ANSI/AAMI/ISO 81060-2:2009	Identical

ANSI/AAMI HE75:2009

Con respecto a la antropometría se expone: “La comprensión de las capacidades humanas y limitaciones físicas es fundamental para el diseño de dispositivos médicos eficaces. Instrumentos médicos, equipos y estaciones de trabajo correctamente diseñadas ayudaran a reducir errores, disminuir el riesgo de lesiones, aumentar la productividad y mejorar la satisfacción de los usuarios.”⁸

Esta sección define la antropometría de la siguiente manera: “La antropometría es la ciencia de medir y cuantificar los diferentes rasgos físicos humanos, tales como tamaño, peso, porcentaje, movilidad y fuerza.”⁸

La norma comenta que “un buen diseño antropométrico de los dispositivos médicos debe, como mínimo, adaptarse a un mayor rango percentil de la población si:

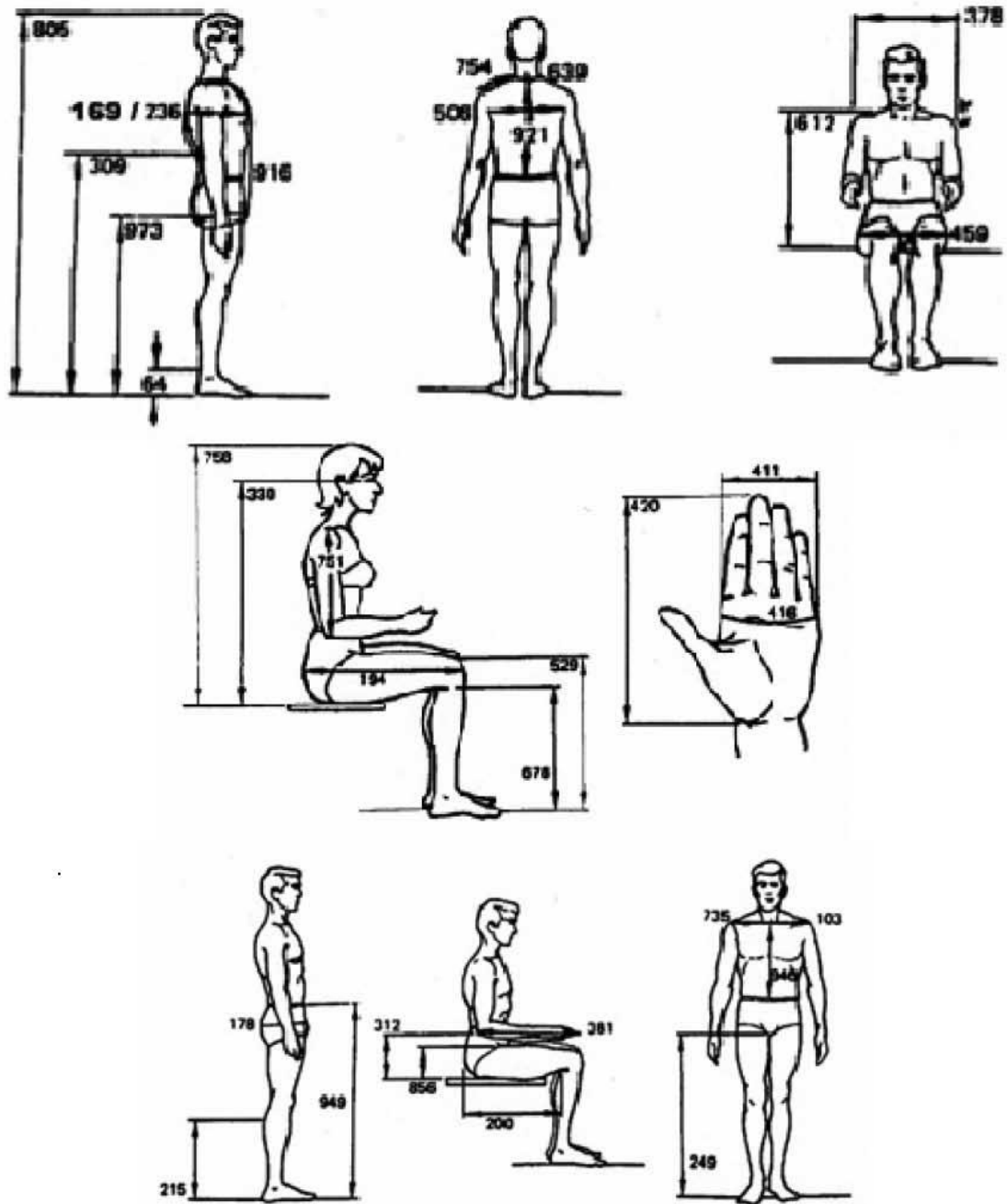
- a) el dispositivo incluye funciones críticas;
- b) hay problemas de seguridad no asociados a los extremos;
- c) la población de usuarios es de gran diversidad física;
- d) la usabilidad y/o la funcionalidad del dispositivo no está comprometida,
- e) los costos de hacerlo no son excesivos.”⁴

El documento ofrece datos antropométricos internacionales, éstas medidas representan los valores desde un hombre estadounidense de 40 años hasta una mujer japonesa de 40 años, proyectados al año 2000, estudio realizado por la NASA en el año 1989 y son los datos internacionales más recientes disponibles.

La figura 51 acota los segmentos del cuerpo definidos por la NASA para este estudio antropométrico, la tabla 5 define los segmentos del cuerpo y la tabla 6 muestra las medidas de los segmentos del cuerpo obtenidas en el estudio mencionado.

⁵© 2010 Association for the Advancement of Medical Instrumentation - ANSI/AAMI HE75:2009

Figura 51. Segmentos del cuerpo



[NASA, 1989]

Tabla 5. Definición segmentos del cuerpo

Ref. no.	Dimension	Definition
64	Ankle height	Height of the level of minimum circumference of the leg
103	Biacromial breadth	Distance across the shoulders from right to left acromion
169	Bust depth (female)	Horizontal distance from the subject's back to the tip of her bra
178	Buttock circumference	Circumference of the body measured at the level of the maximum posterior protuberance of the buttocks
194	Buttock-knee length	Horizontal distance from the rearmost surface of the buttocks to the front of the kneecaps
200	Buttock-popliteal length	Horizontal distance from the rearmost surface of the buttock to the back of the lower leg
215	Calf height	Height of the level of the maximum circumference of the lower leg
236	Chest depth (male)	Depth of the torso measured at nipple level
249	Crotch height	Height of the midpoint of the crotch
309	Elbow height	Height of radiale
312	Elbow rest height	Height of the bottom of the tip of the elbow above the sitting surface
330	Eye height, sitting	Height of the inner corner of the eye above the sitting surface
378	Forearm-forearm breadth	Distance across the tissue mass of the forearms, measured with the elbows flexed and resting lightly against the body
381	Forearm-hand length	Distance from the tip of the elbow to the tip of the longest finger
411	Hand breadth	Breadth of the hand, measured across the distal ends of the metacarpal bones
416	Hand circumference	Circumference of the hand, measured around its knuckles
420	Hand length	Distance from the base of the hand to the top of the middle finger, measured along the long axis of the hand
459	Hip breadth, sitting	Breadth of the body, measured across the widest portion of the hips
506	Interscye	Tape distance across the back between the posterior axillary folds at the lower level of the armpits
529	Knee height, sitting	Height, from the footrest surface, of the musculature just above the knee
612	Mid-shoulder height, sitting	Height of the point on the shoulder halfway between the neck and acromion above the sitting surface
639	Neck circumference	Maximum circumference of the neck, including the Adam's apple
678	Popliteal height	Height of the underside of the upper leg above the footrest surface
735	Scye circumference	Circumference of the scye, measured in a vertical plane as high as possible in the armpit and passing over the acromion
751	Shoulder-elbow length	Vertical distance from the acromion to the bottom of the elbow, measured with the elbow bent 90° and the lower arm held horizontal
754	Shoulder length	Surface distance from the acromion, at the end of the shoulder blade, to the junction of the shoulder and the neck
758	Sitting height	Height from the sitting surface to the top of the head
805	Stature	Height of the top of the head
856	Thigh clearance	Height of the highest point of the thigh above the sitting surface
916	Vertical trunk circumference	Circumference of the torso, measured with the tape passing diagonally across the front of the body from the midpoint of the shoulder to the crotch, through the crotch, over the posterior protuberance of the buttock, and along the small of the back
921	Waist back	Surface distance along the spine from waist level to the cervicale (the top of the 7th cervical vertebra)
946	Waist front	Surface distance in the mid-sagittal plane from waist level to suprasternate
949	Waist height	Height of waist level
973	Wrist height	Height of stylium

[NASA, 1989]

Tabla 6. Medidas de los segmentos del cuerpo

Ref. no.	Dimension	40-year old American male, year 2000			40-year old Japanese female, year 2000		
		Percentile			Percentile		
		5th	50th	95th	5th	50th	95th
64	Ankle height	12.0 (4.7)	13.9 (5.5)	15.8 (6.2)	5.2 (2.0)	6.1 (2.4)	7.0 (2.8)
103	Biacromial breadth	37.9 (14.9)	41.1 (16.2)	44.3 (17.5)	32.4 (12.8)	35.7 (14.1)	39.0 (15.4)
169	Bust depth (female)	n/a	n/a	n/a	17.4 (6.8)	20.5 (8.1)	23.6 (9.3)
178	Buttock circumference	91.0 (35.8)	100.2 (39.4)	109.4 (43.1)	79.9 (31.5)	87.1 (34.3)	94.3 (37.1)
194	Buttock–knee length	56.8 (22.4)	61.3 (24.1)	65.8 (25.9)	48.9 (19.2)	53.3 (21.0)	57.8 (22.7)
200	Buttock–popliteal length	46.9 (18.5)	51.2 (20.2)	55.5 (21.9)	37.9 (14.9)	41.7 (16.4)	45.5 (17.9)
215	Calf height	32.5 (12.8)	36.2 (14.3)	40.0 (15.7)	25.5 (10.0)	28.9 (11.4)	32.3 (12.7)
236	Chest depth (male)	21.8 (8.6)	25.0 (9.8)	28.2 (11.1)	n/a	n/a	n/a
249	Crotch height	79.4 (31.3)	86.4 (34.0)	93.3 (36.7)	65.2 (25.7)	70.6 (27.8)	76.1 (30.0)
309	Elbow height	n/a	n/a	n/a	92.8 (36.5)	98.4 (38.8)	104.1 (41.0)
312	Elbow rest height	21.1 (8.3)	25.4 (10.0)	29.7 (11.7)	20.7 (8.2)	25.0 (9.9)	29.3 (11.5)
330	Eye height, sitting	76.8 (30.3)	81.9 (32.2)	86.9 (34.2)	68.1 (26.8)	73.8 (29.1)	79.6 (31.4)
378	Forearm–forearm breadth	48.8 (19.2)	55.1 (21.7)	61.5 (24.2)	n/a	n/a	n/a
381	Forearm–hand length	n/a	n/a	n/a	37.3 (14.7)	41.7 (16.4)	44.6 (17.6)
411	Hand breadth	8.2 (3.2)	8.9 (3.5)	9.6 (3.8)	6.9 (2.7)	7.8 (3.1)	8.6 (3.4)
416	Hand circumference	20.3 (8.0)	21.8 (8.6)	23.4 (9.2)	16.5 (6.5)	17.9 (7.0)	19.3 (7.6)
420	Hand length	17.9 (7.0)	19.3 (7.6)	20.6 (8.1)	15.8 (6.2)	17.2 (6.8)	18.7 (7.3)
459	Hip breadth, sitting	34.6 (13.6)	38.4 (15.1)	42.3 (16.6)	30.4 (12.0)	33.7 (13.3)	37.0 (14.6)
506	Interscye	32.9 (13.0)	39.2 (15.4)	45.4 (17.9)	32.4 (12.8)	35.7 (14.1)	39.0 (15.4)
529	Knee height, sitting	52.6 (20.7)	56.7 (22.3)	60.9 (24.0)	41.6 (16.4)	45.6 (17.9)	49.5 (19.5)
612	Mid-shoulder height, sitting	60.8 (23.9)	65.4 (25.7)	70.0 (27.5)	n/a	n/a	n/a
639	Neck circumference	35.5 (14.0)	38.7 (15.2)	41.9 (16.5)	34.5 (13.6)	37.1 (14.6)	39.7 (15.6)
678	Popliteal height	40.6 (16.0)	44.4 (17.5)	48.1 (19.0)	34.7 (13.6)	38.3 (15.1)	41.9 (16.5)
735	Scye circumference	44.4 (17.5)	49.0 (19.3)	53.6 (21.1)	32.3 (12.7)	36.1 (14.2)	39.8 (15.7)
751	Shoulder–elbow length	33.7 (13.3)	36.6 (14.4)	39.4 (15.5)	27.2 (10.7)	29.8 (11.7)	32.4 (12.8)
754	Shoulder length	14.8 (5.8)	16.9 (6.7)	19.0 (7.5)	11.3 (4.4)	13.1 (5.1)	14.8 (5.8)
758	Sitting height	88.9 (35.0)	94.2 (37.1)	99.5 (39.2)	78.3 (30.8)	84.8 (33.4)	91.2 (35.9)
805	Stature	169.7 (66.8)	179.9 (70.8)	190.1 (74.8)	148.9 (58.6)	157.0 (61.8)	165.1 (65.0)
856	Thigh clearance	14.5 (5.7)	16.8 (6.6)	19.1 (7.5)	11.2 (4.4)	12.9 (5.1)	14.5 (5.7)
916	Vertical trunk circumference	158.7 (62.5)	170.7 (67.2)	182.6 (71.9)	136.9 (53.9)	146.0 (57.5)	155.2 (61.1)
921	Waist back	43.7 (17.2)	47.6 (18.8)	51.6 (20.3)	35.2 (13.9)	38.1 (15.0)	41.0 (16.1)
946	Waist front	37.2 (14.6)	40.9 (16.1)	44.6 (17.5)	n/a	n/a	n/a
949	Waist height	100.4 (39.5)	108.3 (42.6)	116.2 (45.7)	90.1 (35.5)	96.7 (38.1)	103.4 (40.7)
973	Wrist height	n/a	n/a	n/a	70.8 (27.9)	76.6 (30.2)	82.4 (32.4)

NOTE 1—Dimensions are given in centimeters (inches).

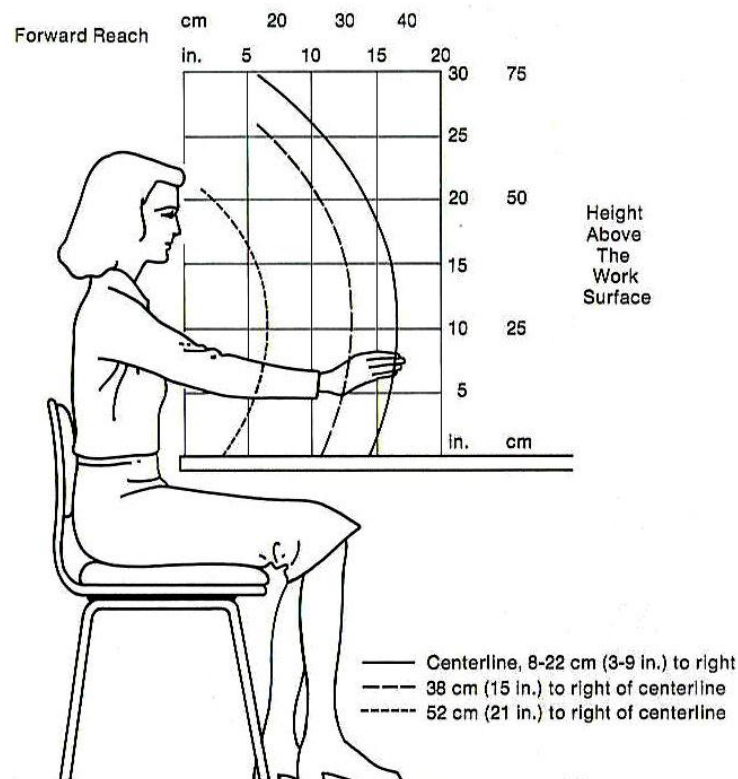
[NASA, 1989]

El documento también ofrece información detallada sobre dimensiones de la mano, el pie, y movimientos de las diferentes articulaciones del cuerpo humano, pero son datos que no inciden en el diseño de este producto, entonces, se enfatiza en la información relacionada a las estaciones de trabajo.

Las longitudes de los segmentos del cuerpo y la movilidad de articulaciones se combinan para determinar la funcionalidad, particularmente respecto a los alcances, que representan las distancias máximas horizontales y verticales recomendadas para controles de dispositivos médicos y otros objetos, en actividades de posición sentada y erguida.⁸ Un estudio realizado por la Eastman Kodak Company, en el año 2004, presentan el alcance de individuos del percentil 5 (figura 52 y 53).

Los alcances de la figura 52 y 53, deberían ser usados por los diseñadores para garantizar que los objetos en una estación de trabajo estén situados a distancias que puedan ser alcanzados por la mayoría de individuos en una población.⁴

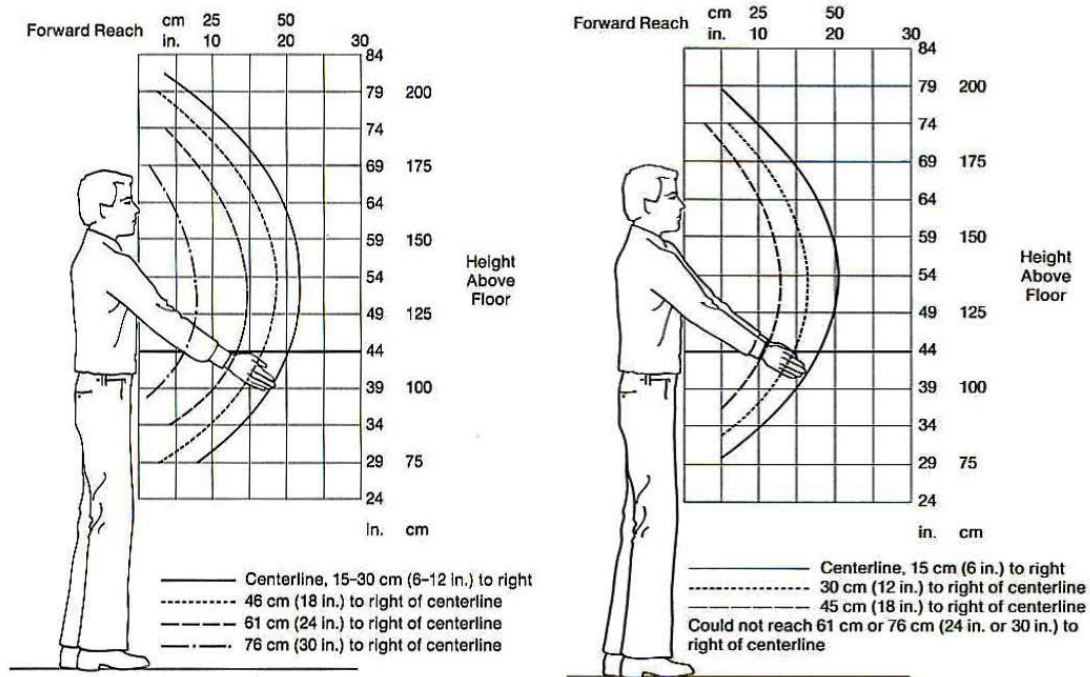
Figura 52. Alcance máximo hacia delante de una mujer percentil 5



[Eastman Kodak Company, 2004]

⁸© 2010 Association for the Advancement of Medical Instrumentation - ANSI/AAMI HE75:2009

Figura 53. Alcance máximo hacia delante de una mano (izquierda) y dos manos (derecha) de hombres y mujeres de percentil 5.



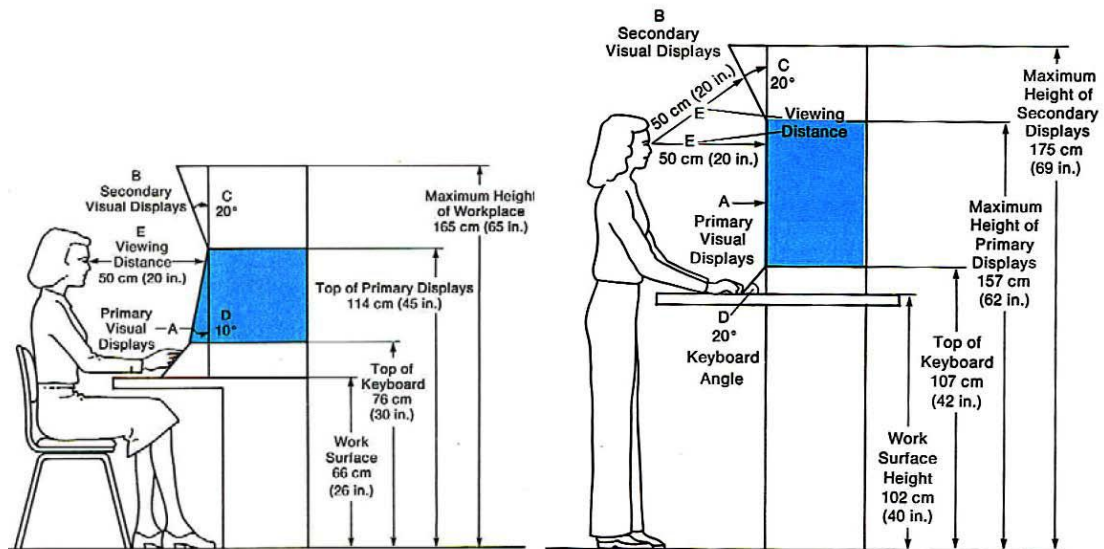
[Eastman Kodak Company, 2004]

Trabajar con dispositivos médicos frecuentemente involucra actividades visuales en las estaciones de trabajo. La figura 31 integra las medidas necesarias para el trabajo visual en posición sentado o erguido (Eastman Kodak Company, 2004). El diseñador del dispositivo medico puede usar esta información para adaptar la postura y necesidades visuales de individuos grandes y pequeños, porque el trabajo funcional físico y visual depende del conocimiento de varias longitudes de segmentos del cuerpo operando simultáneamente. ⁴

Con respecto a la figura 54 se aclara que las pantallas primarias son aquellas que son monitoreadas frecuentemente, por lo tanto las pantallas secundarias son menos importantes pero siguen siendo necesarias para desarrollar la actividad.

⁵© 2010 Association for the Advancement of Medical Instrumentation - ANSI/AAMI HE75:2009

Figura 54. Dimensiones recomendadas para estaciones de trabajo que requieren de actividades visuales en posición sentada (izquierda) y erguida (derecha).



[Eastman Kodak Company, 2004]

La norma recomienda el uso de los datos brindados por la Eastman Kodak Company, los cuales sintetizan diferentes datos antropométricos para lograr una estación de trabajo que se acomode percentil poblacional de alto rango.

“Un buen diseño antropométrico de los dispositivos médicos debe adaptarse al rango más amplio de dimensiones físicas humanas como sea posible. En la mayoría de los casos, el diseño de instrumentos y equipos médicos, y estaciones de trabajo debe dar cabida a los rangos de tamaño de adultos que van desde una mujer percentil 5 a un varón de percentil 95.”⁴

En base a esto se decide comprar estos datos con tablas antropométricas nacionales, así que se consulta el libro: Datos antropométricos para el diseño ⁵, en el cual se encuentran diferentes datos antropométricos, entre los cuales se consultan las medidas generales con percentiles.

⁵© 2010 Association for the Advancement of Medical Instrumentation - ANSI/AAMI HE75:2009

⁷ Datos antropométricos para el diseño, Región nororiental colombiana, 2008. M.Fernanda Maradei G.-Francisco M.Espinel C.-Astrid A.Peña L..., primera edición, División de publicaciones UIS, Bucaramanga.


Las tablas de interés son las medidas antropométricas de hombres y mujeres en posición erguida, en el libro mencionado hay tablas para una edad de la población de 15 a 31 años, rango cercano al definido para los usuarios de este proyecto que es de 18 a 40 años.

La altura de una superficie de trabajo propuesta en las normas AAMI, figura 31, equivale a la altura del codo flexionado a 90° en los datos del libro antropométrico colombiano, esta medida de 102 cm es cercana al percentil 25 de los hombres colombianos (Tabla 7) y al percentil 75 de las mujeres colombianas (Tabla 8).

Tabla 7. Medidas antropométricas de hombres colombianos

POR EDAD 15_31 años Hombres
Población: 139 estudiantes

Erguido



			PERCENTILES*						
	M	δ	P1	P5	P25	P50	P75	P95	P99
Peso	68,8	12,4	40,1	48,5	60,5	68,8	77,2	89,2	97,6
Estatura	172,1	6,4	157,3	161,6	167,8	172,1	176,4	182,6	186,9
Altura de ojos	161,1	6,3	146,6	150,8	156,9	161,1	165,4	171,4	175,7
Altura hombro	143,4	5,9	129,6	133,7	139,4	143,4	147,4	153,1	157,1
Altura codo	110,3	4,9	98,8	102,2	107	110,3	113,7	118,5	121,9
Altura codo flexionado 90°	106,8	4,7	96	99,2	103,7	106,8	110	114,5	117,7
Altura muñeca	83,8	4,5	73,4	76,4	80,8	83,8	86,9	91,2	94,3
Altura trocánter mayor	89,9	5,1	77,9	81,4	86,4	89,9	93,3	98,3	101,8
Altura rodilla	51,6	3,5	43,4	45,8	49,2	51,6	53,9	57,4	59,8
Anchura máxima del cuerpo	45,6	3,4	37,7	40,0	43,3	45,6	47,8	51,1	53,4
Anchura biacromial	34,4	2,5	28,7	30,3	32,8	34,4	36,1	38,5	40,2
Profundidad tórax	20,7	4,3	10,9	13,8	17,9	20,7	23,5	27,6	30,5
Alcance brazo frontal	75,7	4,4	65,5	68,5	72,8	75,7	78,7	82,9	85,9
Alcance brazo lateral	81,3	5,8	67,8	71,8	77,4	81,3	85,3	90,9	94,8
Alcance máximo vertical	216,7	9,7	194,2	200,8	210,2	216,7	223,2	232,6	239,2
Longitud codo-dedo medio	46,6	2,8	40	41,9	44,7	46,6	48,6	51,3	53,3

Tabla 1. Hombres 15 - 31 años erguido

M: Media o Promedio, δ : Desviación estándar * Medidas en centímetros (cm) y kilogramos (kg)

Datos antropométricos para el diseño, Región nororiental colombiana, 2008

Tabla 8. Medidas antropométricas de mujeres colombianas



POR EDAD 15_31 años Mujeres

Población: 114 estudiantes

PERCENTILES*

	M	σ	P1	P5	P25	P50	P75	P95	P99
Peso	53,8	8,4	34,2	39,9	48,1	53,8	59,5	67,6	73,4
Estatura	158,5	5,8	145	148,9	154,6	158,5	162,4	168,1	172
Altura de ojos	147,8	5,9	134,1	138,1	143,8	147,8	151,8	157,5	161,5
Altura hombro	131,4	5,3	118,9	122,6	127,8	131,4	135	140,2	143,8
Altura codo	102,3	4,6	91,6	94,7	99,2	102,3	105,4	109,8	112,9
Altura codo flexionado 90°	99,1	5,4	86,5	90,2	95,4	99,1	102,7	107,9	111,6
Altura muñeca	78,5	4,3	68,6	71,5	75,7	78,5	81,4	85,6	88,5
Altura trocarter mayor	82,9	4,9	71,6	74,9	79,6	82,9	86,2	90,1	94,2
Altura rodilla	47,5	3,8	38,7	41,3	44,9	47,5	49,9	53,6	56,2
Anchura máxima del cuerpo	40,9	5,3	28,6	32,2	37,3	40,9	44,4	49,5	53,1
Anchura biacromial	29,8	2,4	24,2	25,8	28,2	29,8	31,4	33,7	35,4
Profundidad torax	21,5	3,8	12,7	15,3	18,9	21,5	23,9	27,7	30,2
Alcance brazo frontal	68,8	4,1	59,2	61,9	65,9	68,8	71,5	75,5	78,4
Alcance brazo lateral	73,3	4,8	62,2	65,4	70,1	73,3	76,5	81,2	84,4
Alcance máximo vertical	197	9,2	175,6	181,9	190,8	197	203,2	212,1	218,4
Longitud codo-dedo medio	42,4	2,1	37,6	38,9	41	42,4	43,8	45,9	47,3

Tabla 5. Mujeres 15 - 31 años erguido

M: media o Promedio, σ: Desviación estandar * Medidas en centímetros (cm) y kilogramos (kg)

Datos antropométricos para el diseño, Región nororiental colombiana, 2008

Comparando la misma medida de 102 cm, con las tablas antropométricas internacionales (tabla 5) corresponde a la altura del codo, código 309 (figura 28) y es cercano al percentil 75 de las mujeres japonesas de 40 años, lo que quiere decir que no hay variaciones significativas con respecto a la población de mujeres colombianas.

La norma AAMI recomienda las dimensiones para estaciones de trabajo que requieren de actividades visuales (figura 31) las cuales abarcan un percentil poblacional de alto rango, pero que solo funciona para el 25% de mujeres japonesas y colombianas, teniendo en cuenta que la mayoría de profesionales en enfermería son mujeres, las medidas deberían beneficiar un rango mayor de esta población.

El producto se espera exportar a diferentes países y por lo tanto se decide que el equipo se debe adaptar a la antropometría del país de destino, por lo tanto las alturas de los componentes del equipo deben ser fácilmente configurables desde la producción.

2.6 IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES

Para diseñar un nuevo modelo de la UCIM se requiere analizar las experiencias de las personas que han interactuado con este producto empezando por el personal asistencial, médicos y enfermeras, quienes utilizan directamente el equipo, el personal de producción y soporte técnico.

Para indagar sobre las experiencias se llevaron a cabo una sesión de entrevistas a diversos usuarios y un cuestionario a un usuario con alta experiencia médica se realizaron en el Instituto del Corazón (IC) y en el centro tecnológico empresarial (CTE) de la Fundación Cardiovascular de Colombia ubicados en Floridablanca Santander.

De esta forma se incluye a los usuarios en el proceso de diseño permitiéndoles opinar y generar ideas a cerca del diseño y la mejora de las condiciones de trabajo.

2.6.1 Entrevistas. Como se tenía poco conocimiento sobre los defectos de la UCIM 1200, se diseñó una entrevista para aplicarla a diferentes tipos de usuarios y así poder recolectar el máximo de información.

Muestra. Participaron 14 personas con diferentes áreas de conocimiento en tres sesiones. (Tabla 9)

Tabla 9. Muestra entrevistas.

#	Sede	Área	Participante	Cargo
1	UCI	Unidad de trasplantes	Helda Amaya	jefe
2		UCI pediátrica	Jocabeth	jefe
3			Ana milena	enfermera
4			Frank serrano roa	doctor
5	CTE		Bioingeniería	Lina Sanabria
6		Validación y metrología bioingeniería	Erwing parra	ingeniero
7		Diseño y desarrollo bioingeniería	Laura	ingeniera
8		Soporte técnico bioingeniería	Oscar mantilla	ingeniero
9			Ivan	tecnólogo
10		Juan	tecnólogo	
11		Producción bioingeniería	Diego serrano	jefe
12			Norberto	tecnólogo
13			Cesar	tecnólogo
14			Jaime	tecnólogo

Fuente: Autor.

Figura 55. Formato entrevista

Proyecto Nueva UCIM
 Responsables: D.I Bioingeniería (Miguel Rojas, Diego Amaya)

Entrevista # ____
 Fecha _____

Área: _____
 Jefe de área: _____
 Participantes:

#	nombre	cargo
1		
2		
3		
4		
5		

Elemento en evaluación: (_ UCIM, _UCI, _MSV)

Problemas	Soluciones	Expectativas

Firma jefe de Area _____

Fuente: autor.

Formato. Se diseñó una entrevista con preguntas abiertas para que los usuarios pudieran expresarse libremente acerca de los problemas, soluciones y expectativas de la UCIM 1200. (Figura 55)

Registro fotográfico. Algunos de los usuarios entrevistados en su área de trabajo (figura 56).

Figura 56. Fotografías de entrevistas



Fuente: Autor.

Datos obtenidos. En términos generales manera general se puede decir que las personas se quejan de la ergonomía del producto, de la posición de algunos componentes, de la dificultad del mantenimiento, del alto peso y de la calidad de los materiales.

Tabla 10. Resultados entrevistas

#	Problemas	Soluciones
1	Ergonomía, incomodidad para el ingreso de datos de historia clínica, duración aproximada de 15 minutos.	brazo para el soporte del teclado, bajar pantalla, bandeja teclado y mouse
2	Atril se choca con el flujometro conectado al panel de gases.	

3	Los conectores del vacío en el panel de gases se dañan muy rápido.	
4	La sujeción de la CIPF es débil.	
5	los cables largos estorban.	los amarran con un pedazo de guante.
6	los huecos no coinciden.	detalle en los planos de diseño
7	la base de juste para la pantalla hay que modificarla si cambia el modelo	bases de ajuste mas genericos
8	estructura pesada	materiales mas livianos
9	componentes internos de difícil acceso y mantenimiento	componentes externos
10	panel de gases es difícil de ensamblar	estandarizar los componentes
11	el uso de materiales organicos como la madera, se degradan y son propicios para el desarrollo de bacterias e infecciones	no usar materiales organicos.
12	si los componentes son internos y fijos, al dañarse unos de estos se deshabilita el equipo completo.	equipo modular, componentes externos de facil remoción
13	difícil de transportar por su peso elevado	materiales livianos
14	cuando se conectan equipos en serie la presión de los gases se disminuye.	no reducir el diametro de las mangueras
15	tomas electricas son incomodas de usar en la parte posterior	tomas electricas no se deben poner en la cara posterior
16	las mangueras del ventilador son largas y caen sobre otras superficies	amarran las mangueras con cinta adhesiva
17	desorden de cables internos	ducto para cables
18	oxidación de componentes (tapas y llantas)	no usar materiales ferrosos.
19	pelado de pintura en algunos componentes	no usar pintura, protectores mientras la manipulacion del personal de producción
20	al atril se le ajustan muchos equipos y dificulta el cambio de la UCIM de un paciente a otro	atril separado del equipo
21	difícil mantenimiento al panel de gases	panel de gases independiente
22	difícil mantenimiento a la UPS	
23	difícil pasar cables del la parte superior a la inferior	
24	puntos de tierra hechizos	planificar puntos de tierra Ensamble entre la UCIM y la cama del paciente
25	se dificulta tranpostar el paciente con la UCIM	
26	UPS da poca independencia energetica (10 minutos)	cada equipo con bateria independiente
27	pantalla de difícil remoción	componentes externos
28	los cooler generan ruido, ingresan polvo y bacterias dentro del equipo	usar componentes que no requieran refrigeración
29	cajon con llave no usado, se pienden las llaves	no usar cajon con seguro, seguros sin llaves
30	para algunos casos el soporte de balas es innecesario	
31	los interruptores se pueden mojar	protector de humedad para los interruptores
32	cajones no estan argumentados	dar una funcion especifica a los cajones
33	hay espacios difíciles de limpiar	evitar aristas

34	el sistema de gases no tiene un estudio que lo fundamente	
35	la toma de vacío esta muy abajo	
36	no hay estandarizacion en los componentes del panel electrico	
37	no hay filtros de polvo o bacterias hacia dentro de la columna	
38	grande	
39	los brazos que vienen con el ventilador se caen	
40	no hay lugar para el flujometro y el reservorio	
41	los tornillos son de mala calidad, se oxidan	
42	el atril es inestable	
43	es demorado quitar tapas o componentes para hacer mantenimiento	en piezas de remocion frecuente usar tuercas mariposa
44	objetos que conectan a las salidas de gases tapan otras salidas	mas distanciamiento entre los conectores de gases
45	se confunden las salidas de gases con las entradas	mejor etiquetado
46	mucho volumen en la fuentes de alimentacion	usar fuentes biomedicas (fuente pc+medica)

Fuente: autor.

Tabla 11. Resultados entrevista, expectativas

#	Expectativas
1	Características funcionales y formales para incursionar en mercados externos.
2	cajon inferior mas grande.
3	modular
4	Sin tantos tornillos, unificados
5	puertos USB de acceso directo
6	liviano
7	componentes externos
8	facil de ensamblar
9	materiales no ferrosos
10	brazo que soporte las mangueras del ventilador
11	menos volumen
12	mesa mas alta
13	almacenamiento tipo armario
14	mesa mas amplia
15	que se pueda conectarlos equipos en serie (eletricidad, gases)
16	lampara para procedimientos
17	soporte para el humidificador
18	componentes centrales
19	componentes con grados de libertad
20	pequeña
21	con idependencia energetica de almenos 1 hora
22	sin obstrucciones para sacar algun componente.

23	muy buenas llantas
24	encendidos visibles y faciles de usar
25	mangueras con acoples rapidos
26	soporte para bala de oxigeno pequeña, de facil remoción
27	etiquetado de los cajones
28	en piezas de remocion frecuente usar tuerca mariposa
29	facil de limpiar
30	ergonomico
31	2 salidas de cada gas
32	soporta equipos de diferentes tamaños y formas
33	sin endaduras
34	pocos proveedores de materia prima
35	menos partes
36	costo de produccion igual o menos a la UCIM actual
37	cumpla normatividad
38	tamaño reducido
39	integral
40	estetico
41	no obstruir los procedimientos medicos
42	tomas electricos especializados
43	facil de mover
44	seguir usando "prensa-estopa"
45	buena señalizacion en todo el equipo
46	se pueda rotar facilmente el ventilador
47	sin columna
48	sin coolers
49	superficie con mas espacio

Fuente: autor.

2.6.2 Cuestionario. Después de la primera sesión de entrevistas y de analizar los datos, se ve necesario realizar un cuestionario a un experto en terapia respiratoria, con el objetivo de aclarar si el sistema de almacenamiento planteado en la UCIM 1200 era correspondiente con las necesidades de los procedimientos que se realizan en una unidad de cuidados intensivos, también para definir las características técnicas que debe tener el panel de gases y eléctrico.

Muestra. Se realizó el cuestionario a Elda Cecilia Amaya, especialista en terapia respiratoria en la UCI de adultos del Instituto del Corazón de la Fundación Cardiovascular de Colombia.

Formato. En esta ocasión se optó por preguntas semiabiertas ya que se quería obtener datos más específicos, también hay preguntas abiertas para la obtención de datos generales. (Figura 57)

Figura 57. Formato cuestionario

Proyecto Nueva UCIM Encuesta
 # _____
 Responsables: D.I Bioingeniería (Miguel Rojas, Diego Amaya)
 Fecha _____

Área: _____
 Jefe de área: _____
 Encuestado: _____

Almacenamiento

- 1- ¿que objetos necesitan tener cerca de un paciente de la UCI?

- 2- ¿con que frecuencia son usados?

- 3- ¿necesitan ver lo que hay en los recipientes de almacenamiento? _si, _no
- 4- ¿que tipo de sistema de almacenamiento cree ud que es el mas adecuado para guardar objetos cerca del paciente? _ Cajones, _ canastillas, _repisas, _otro ¿cual?

Panel de gases y Panel eléctrico

5- ¿por lo general cuantos equipos conectan alrededor de un paciente de la UCI y que tipo de suministro necesitan?

#	equipo	electricidad	gases		
			aire	oxigeno	vacío
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Fuente: autor.

Registro fotográfico. En la siguiente imagen se muestra una imagen del momento del cuestionario, con la especialista en terapia respiratoria (figura 58).

Figura 58. Fotografía de cuestionario



Fuente: Autor.

Datos obtenidos. En términos generales, se obtiene el dato específico de los tomas eléctricos y las salidas de gases para el panel de gases.

- **Almacenamiento**

1- *¿qué objetos necesitan tener cerca de un paciente de la UCI?*

Los objetos se guardan en dos espacios diferentes, en los gabinetes y en las canastillas. En los gabinetes, se guardan objetos como medicamentos, insumos médicos, elementos de aseo y pertenencias del paciente. Y en las canastillas se guardan los objetos que se usan para las terapias respiratorias.

2- *¿con qué frecuencia son usados?*

Todo el tiempo

3- *¿necesitan ver lo que hay en los recipientes de almacenamiento?*

No, con las etiquetas son suficientes, si fuera transparente se vería mucho desorden.

4- *¿qué tipo de sistema de almacenamiento cree ud que es el más adecuado para guardar objetos cerca del paciente? Como está la UCI está bien. (Canastillas en la torre y gabinetes hacia las paredes)*

- Panel de gases y panel eléctrico.

5- *¿por lo general cuantos equipos conectan alrededor de un paciente de la UCI y qué tipo de suministro necesitan?*

equipo	cantidad	electricidad	gases		
			aire	oxigeno	vacio
bomba infusora	5	x			
ventilador	1	x	x	x	
succionador	1				x
MSV	1	x			
bigileo	1	x			
electrocardiografo	1	x			

2.6.3 Resultados generales

- Debido al alto peso del equipo, los usuarios tienen dificultades para trasladar el equipo, también se debe replantear el manubrio.
- La ergonomía del equipo es deficiente, se debe distribuir los elementos basados en la antropometría de los usuarios.
- El uso de materiales afectados por agentes externos no es adecuado en un ambiente clínico, ya que se pueden crear focos de infección con riesgos patógenos.

- El ensamble y mantenimiento del equipo se dificulta por sus componentes dentro de la estructura.
- El panel eléctrico de la UCIM 1200 brinda un suministro de energía satisfactorio a los equipos médicos, con tres tomas eléctricas dobles.
- El panel de gases de la UCIM 1200 brinda un suministro satisfactorio a los equipos médicos, con dos salidas de oxígenos, dos de vacío y una de aire.

2.7 REQUERIMIENTOS

Son variables que deben cumplir una solución cuantitativa y cualitativa, siendo fijadas previamente por una decisión, por la naturaleza y por requisitos legales, o por cualquier otra disposición que tenga que cumplir el solucionador del problema. Variables que limitan las alternativas del solucionador de productos. Observación: el termino requerimiento es sinónimo de restricción, especificación, consideración variable.⁸

Analizando la información obtenida del estado del arte, la antropometría y las necesidades de los usuarios, se toma la información relevante y se redacta en forma de requerimientos.

De uso.

- Debe ser cómodo de usar, La distribución de los elementos debe estar fundamentado con un estudio antropométrico.
- Debe contar con un etiquetado comprensible para los usuarios en el panel de gases y eléctrico. debe comunicar una diferencia entre las salidas y entradas de gases.

⁸ Gerardo Rodríguez MGE/ manual de diseño industrial; curso básico

- Debe tener componentes externos de fácil remoción y configuración de alturas.
- Se deben usar mangueras con acoples rápidos.

De función.

- Debe tener un sistema para el ordenamiento de cables.
- Debe contar con ruedas para facilitar su movilidad dentro de la clínica.
- Debe tener un sistema de almacenamiento que cubra las necesidades de una UCI para la atención de un paciente.
- Debe funcionar con un monitor de signos vitales integrado.
- Debe tener soporte para humidificador si el ventilador pulmonar lo requiere.
- Debe contar con al menos un atril.
- Debe contar con un soporte de balas de oxígeno pequeño.
- Debe tener un soporte para las mangueras del ventilador hacia el paciente.
- Debe tener sistemas de sujeción rígidos.
- Debe tener un espacio para el nombre del paciente.
- Debe estar diseñado para portar en la medida de lo posible diferentes tipos de monitor de signos vitales y ventilador pulmonar.
- Debe tener un espacio para guardar documentos impresos de acceso rápido.
- Debe tener un sistema de suministro de gases.
- Debe tener un sistema de suministro eléctrico.
- Debe tener un sistema de sujeción para cada componente.

Ergonómicos

- Los dispositivos deben estar diseñados de tal manera que se cumpla en la medida de lo posible con las norma internacional “Human factors engineering - ANSI/AAMI HE75:2009” – Design of medical devices de la Asociación para el Progreso de la Instrumentación Medica (AAMI).

De estructura.

- Su tamaño debe permitir el acceso a un ascensor de hospital.
- Su peso debe ser menor que el límite de carga de un ascensor de hospital.
- Las ruedas deben soportar la carga máxima del equipo.
- Se debe prestar especial atención a la elección de los materiales utilizados, especialmente en lo que respecta a la toxicidad e inflamabilidad donde proceda.
- La elección de los materiales utilizados deben reflejar, en su caso, cuestiones tales como la dureza, el desgaste y resistencia a la fatiga.
- Se deben usar materiales higiénicos y resistentes a diferentes agentes externos.
- Los sistemas de sujeción deben soportar la carga máxima de un equipo médico.

Técnico-productivos.

- El panel de gases y eléctrico deben tener los mismos componentes que la UCIM 1200.
- El suministro eléctrico y gases debe permitir la conexión de equipos en serie.
- Los componentes deben estar basados en una columna de UCI.
- El panel eléctrico debe proporcionar energía a todos los equipos necesarios para la atención de un paciente.
- Debe tener suficiente distanciamiento entre los conectores de gases.
- Los dispositivos deben estar diseñados, fabricados y acondicionados de tal forma que sus características y prestaciones según su utilización prevista no se vean afectados durante el transporte y almacenamiento.
- Los dispositivos deben estar diseñados y fabricados de tal manera que se reduzca al mínimo los riesgos de las sustancias que pueden filtrarse.
- Los productos y sus procesos de fabricación deben diseñarse de tal forma que se elimine o se reduzca el riesgo de infección para el paciente.
- Los dispositivos deberán diseñarse y fabricarse de forma que se evite, en la medida de lo posible, el riesgo de descargas eléctricas.

De mercado.

- Debe estar diseñado para poder ser comercializado en mercados extranjeros.
- El costo de producción debe ser igual o menor a la UCIM 1200

Formal- Estéticos.

- Debe ser coherente en un contexto médico.
- El diseño de los productos no deben producir miedo, provocar reacciones claustrofóbicas, llamar la atención indebida a sí mismos, o visualmente entrar en conflicto con el entorno de la atención.
- Debe ser de colores que revelen la contaminación.
- Debe ser fácil de limpiar.
- El diseño formal debe ser moderno y estético.
- Debe poseer un estilo visual e incorporar características que las hagan parecer bien construidas, fabricadas con materiales de calidad, cómodas, eficaces, eficientes y seguras
- Debe prevenir la caída de los objetos móviles.
- Deben ser diseñado y fabricado de tal manera que no pongan en peligro el estado clínico ni la seguridad de los pacientes, o la seguridad y la salud de los usuarios u otras personas.
- Deberá diseñarse y fabricarse de forma que se elimine o minimice el riesgo de lesiones.
- Los dispositivos deberán diseñarse y fabricarse de forma que protejan al paciente y usuario contra riesgos mecánicos relacionados, por ejemplo, la resistencia al movimiento, inestabilidad, y las piezas móviles.

Prioridad de requerimientos. Debido a la cantidad de requerimientos y al alcance del proyecto, se vio necesario dar prioridad a las necesidades más importantes para los usuarios, seleccionando los requerimientos que se manifestaban más frecuentemente en las entrevistas previas, los requerimientos no incluidos en esta clasificación se tendrán en cuenta para las siguientes etapas

de diseño no contempladas en este proyecto. (Tabla 12)

Tabla 12. Prioridad de requerimientos.

Prioridad	Requerimientos	Frecuencia
1	Los dispositivos deben estar diseñados de tal manera que se cumpla en la medida de lo posible con las normas internacionales de la Asociación para el Progreso de la Instrumentación Medica (AAMI).	14
2	Se deben usar materiales higiénicos y resistentes a diferentes agentes externos.	14
3	Debe ser fácil de limpiar.	14
4	Debe ser atractivo visualmente.	14
5	Debe ser cómodo de usar, La distribución de los elementos debe estar fundamentada con un estudio antropométrico.	14
6	Debe tener un sistema de suministro de gases.	13
7	Debe tener un sistema de suministro eléctrico.	13
8	Debe ser coherente en un contexto médico.	12
9	Debe tener componentes externos de fácil remoción y configuración de alturas.	12
10	Debe tener un sistema para el ordenamiento de cables.	10
11	Los componentes deben estar basados en una columna de UCI.	10
12	Debe tener un sistema de sujeción para cada componente.	7
13	Debe tener un sistema de almacenamiento.	6
14	Debe contar con ruedas para facilitar su movilidad dentro de la clínica.	4
15	Debe tener un soporte para el humidificador si el ventilador pulmonar lo requiere.	3

Fuente: Autor.

3. DISEÑO DEL CONCEPTO

Partiendo de la información obtenida en la fase anterior, en esta fase se establece la “dirección del diseño”. Se generan diferentes conceptos del producto a partir de toda la información disponible y de la creatividad del equipo de diseño. Se generará una serie de alternativas para su posterior elección. La fase de diseño de concepto termina con la selección de la propuesta más acorde a las limitaciones y objetivos marcados. Esta fase analítica y altamente creativa es muy importante y se debería emplear suficiente tiempo en ella.²

Para definir el diseño del concepto se aplicó una metodología en la cual se definen las variables de función en un esquema general, para continuar con el proceso creativo. (Figura 59)

3.1 ESQUEMA GENERAL

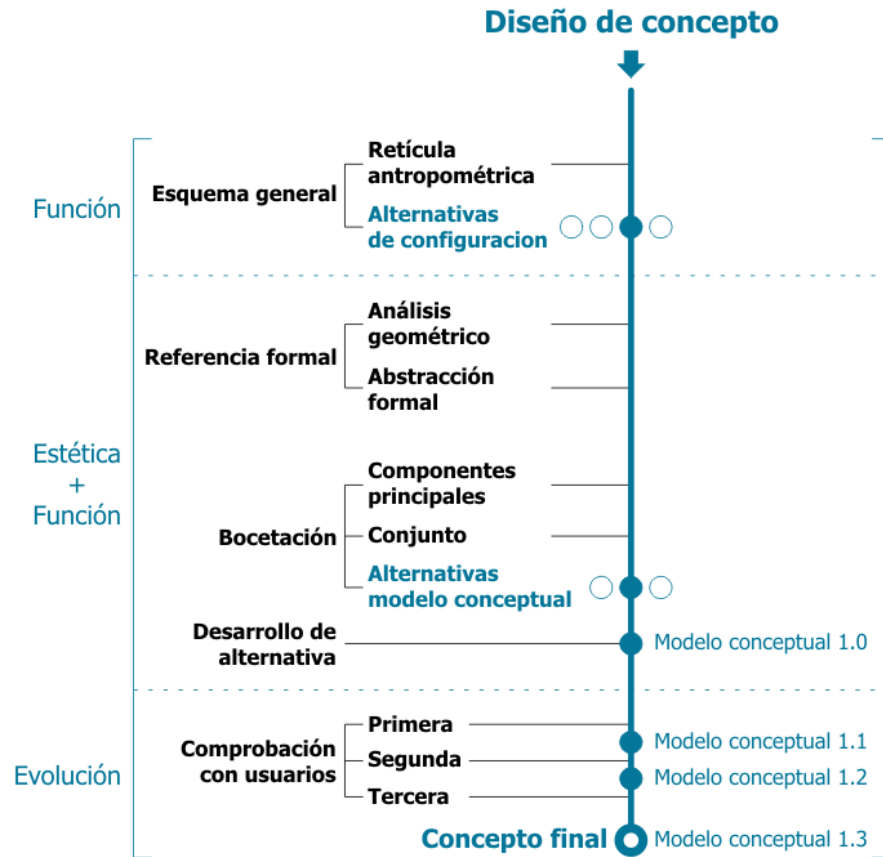
Se decide realizar un esquema general el cual define las variables de antropometría y distribución de elementos, el primer paso es definir las alturas de los componentes por medio de una retícula antropométrica.

3.1.1 Retícula antropométrica. Para definir las variables que influyen en la configuración de los componentes en el producto se retoma el previo estudio de la frecuencia de uso de los componentes de la UCIM 1200. (Tabla 13)

Para la realización del modelo funcional se decide trabajar con las dimensiones recomendadas para estaciones de trabajo que requieren de actividades visuales en posición erguida (Figura 31) propuestas por la norma ANSI/AAMI HE75:2009, estudiada en la definición estratégica de este documento, ya que se quiere poner a prueba este modelo antropométrico en la población local.

² DISEÑO INDUSTRIAL-GUÍA METODOLÓGICA, Asturias España, Fundación Pro dintec

Figura 59. Resumen del capítulo 3, diseño del concepto



Fuente: Autor.

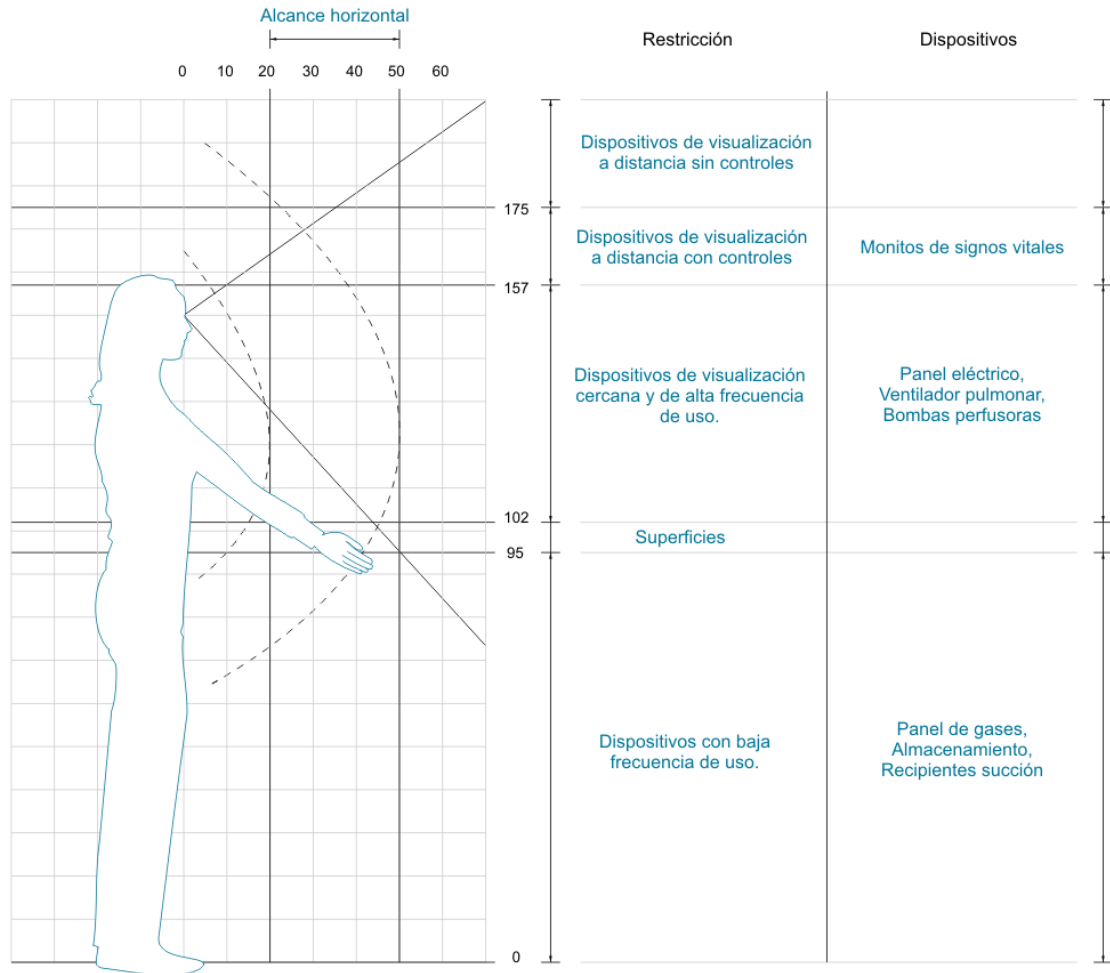
Tabla 13. Frecuencia de uso de componentes de la UCIM 1200

#	Componente	Frecuencia de uso
1	Columna principal	No aplica
2	Base	
3	Superficie de trabajo	
4	Monitor de signos vitales	Alta
5	Lampara	
6	Ventilador pulmonar	
7	Humidificador	
8	Atril	
9	Panel electrico	Baja
10	Recipiente de succión	
11	Almacenamiento	
12	Panel de gases	
13	Bala de oxigeno	

Fuente: Autor.

También se tiene en cuenta los datos obtenidos en las observaciones de campo, el estado del arte y necesidades de los usuarios, para diseñar una retícula antropométrica que define el rango de alturas y profundidades de los componentes del equipo (figura 60).

Figura 60. Retícula antropométrica



* Unidad longitud: cm

** Eastman Kodak Company (2004) / Grupo de ergonomía producto y significado (2008)

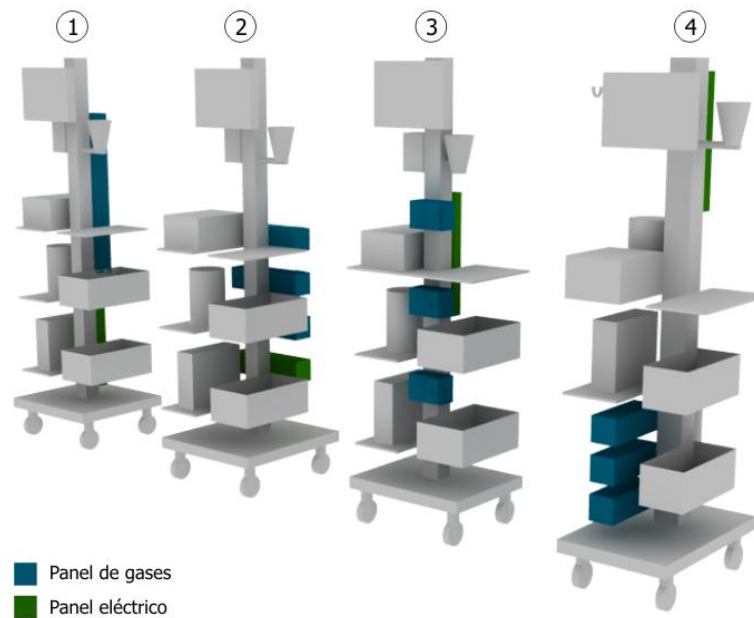
Fuente: Autor.

La retícula está basada en el estudio de la Eastman Kodak Company (2004), el cual expresa los alcances horizontales y verticales del brazo de mujeres estadounidenses percentil 5, además del estudio del Grupo de ergonomía

producto y significado (2008), en el cual tuvimos en cuenta los datos antropométricos de mujeres colombianas percentil 25.

Posteriormente se plantean diferentes distribuciones que solucionan las necesidades de los usuarios (figura 61), Cuya diferencia principal es la posición y forma del panel de gases, con color azul en el grafico, igualmente el panel eléctrico, de color verde en el grafico.

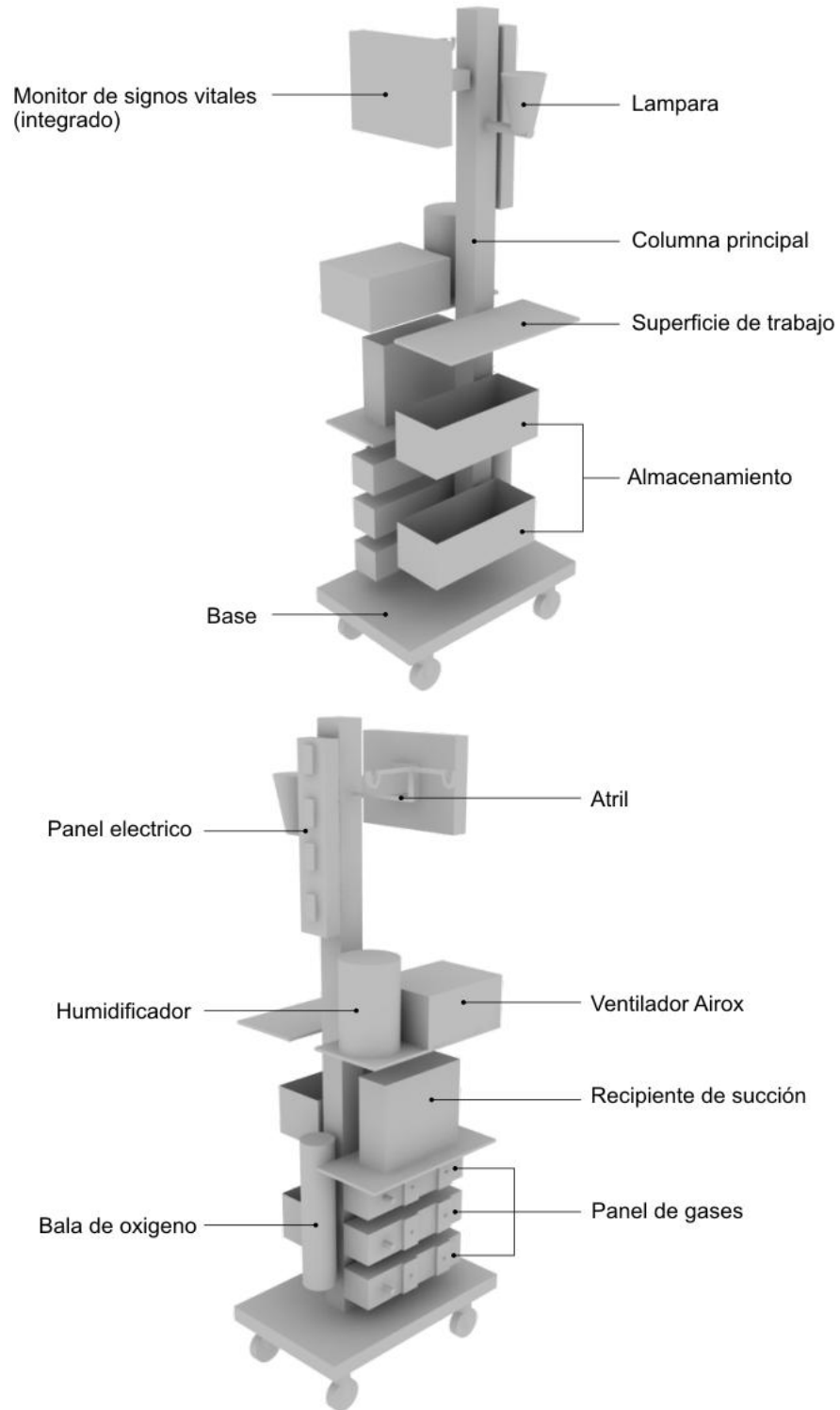
Figura 61. Alternativas configuración funcional.



Fuente: Autor.

Las distribuciones son evaluadas según los requerimientos, mejor interacción entre los sistemas y usuarios, la seguridad de los usuarios, la disposición de las zonas de trabajo, la accesibilidad de cada sistema, la distancia entre sistemas complementarios, la estabilidad, la posibilidad de construcción y el equilibrio visual, el resultado es la selección del esquema general que mejor satisface las cualidades mencionadas (figura 61).

Figura 62. Esquema general



Fuente: Autor.

El concepto del esquema general es tener al lado izquierdo los componentes necesarios para tratamiento del paciente y al lado derecho los componentes complementarios de estos servicios, y de esta manera se soluciona inicialmente la distribución funcional del equipo, y ahora es necesario aplicarle estética al esquema general, para la cual se decide usar una referencia formal natural.

3.2 REFERENCIA FORMAL

“Se entiende por biónica el método para resolver por analogía problemas en diseño, mediante el análisis de los entes naturales considerando cuatro aspectos: contexto, forma, estructura y función”.⁹

La necesidad de esta etapa será desarrollar un estilo formal basado en la biónica para ser aplicado sobre es esquema funcional establecido.

Identificación del sujeto. Para identificar el sujeto de estudio se buscaran analogías en la naturaleza que estén acorde con los siguientes conceptos:

- SOFISTICADO
- FLEXIBLE
- LIMPIEZA
- LIGEREZA
- MOVIMIENTO
- FLUIDEZ.






La mayoría de estas características pueden hacer referencia un ambiente acuático, por lo tanto se decide que el sujeto de referencia debiera estar en este medio.

⁹Leonardo Morales, Vilma Castellanos, Alejandra Ruiz, *Biónica: Guía de observación analítica*, Grupo de investigación DiIN, Universidad de los Andes, Facultad de Arquitectura y Diseño.

La Manta raya es un pez selacio del suborden de los Ráyidos, cuyo cuerpo tiene la forma de un disco romboidal, con aletas dorsales pequeñas y situadas en la cola, que es larga y delgada y tiene una fila longitudinal de espinas, y aleta caudal rudimentaria.¹ Su cuerpo es aplanado, continuo y flexible, lo cual da una sensación de ligereza, movimiento y fluidez, su interesante contraste de color dibuja líneas definidas y estilizadas, por lo tanto este pez será nuestro sujeto de estudio para la referencia formal.

Basados en la guía de observación analítica de la forma, la cual centra el estudio en la geometría plana y del espacio para lograr las formas, los tamaños, las proporciones y las composiciones de la naturaleza.⁹ La guía recomienda realizar una ficha donde se condensen los datos del sujeto de estudio. (Figura 63)

Figura 63. Información Manta Raya

Nombre científico	Manta birostris	Imagen 	
Nombre común	Manta raya		
Género	Manta		
Familia	Myliobatidae		
Orden	Rajiformes		
Clase	Elasmobranchii		
Filo	Chordata		
Reino	Animalia		
Hábitat	Océano		
Tipo de analisis	Pluricelular		
Contorno de forma	Polígono regular	Frontal  Lateral 	
Simetria	Bilateral		
Proporción	Aurea		
Superior		Inferior	

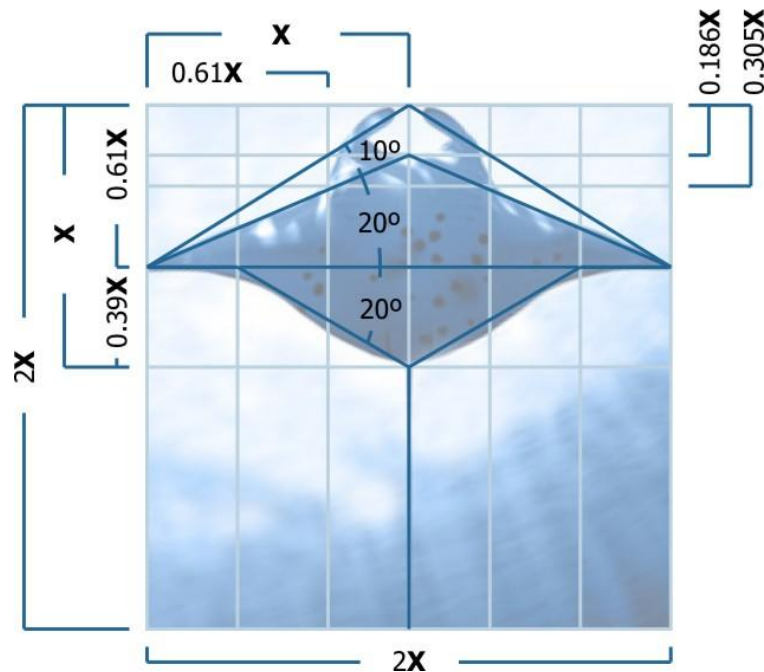
Fuente: Autor, <http://www.corbisimages.com/>

¹ Diccionario de la Real academia española

⁹Leonardo Morales, Vilma Castellanos, Alejandra Ruiz, *Biónica: Guía de observación analítica*, Grupo de investigación DiIN, Universidad de los Andes, Facultad de Arquitectura y Diseño.

Análisis geométrico. Se realiza desde la vista inferior de la Manta raya, abstrayendo formas, proporciones y medidas que se utilizaron como parámetros para diseñar y dimensionar cada uno de los componentes del producto de esta manera se asegura una coherencia formal. (Figura 64)

Figura 64. Análisis geométrico



Fuente: Autor.

Abstracción formal. Para el desarrollo del producto se tiene restricciones de tipo constructivo, no se permiten piezas inyectadas de plástico y se debe construir por empresas nacionales. Los requerimientos piden usar materiales resistentes a los agentes externos, usar materiales duraderos con acabados estéticos naturales.

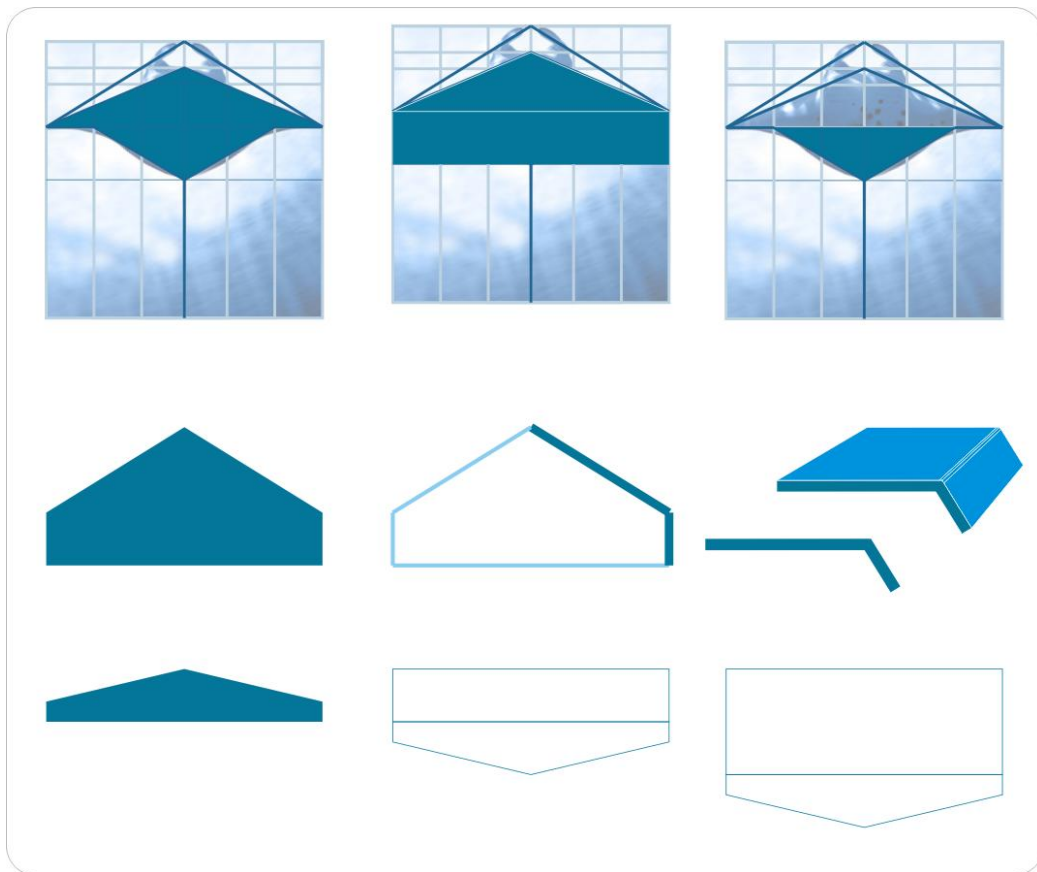
Se decide que el equipo será construido con acero inoxidable y aluminio para la estructura, y para las superficies se utilizara láminas de poliestireno, ninguno de ellos tendrá recubrimiento (pintura), se aprovechara la estética natural de los materiales.

“Los diseñadores no deben producir una apariencia escalofriante con las

estaciones de trabajo, que provoque miedo a los pacientes en un procedimiento medico, provoque reacciones claustrofóbicas, genere una atención indebida hacia éstos, o que entre en conflicto visual con el ambiente médico.”⁵

Las restricciones de construcción y normativas llevaron a tomar una decisión con respecto a la abstracción formal de la manta raya, se decide manejar formas básicas que faciliten la fabricación del equipo, que además está condicionado a la función, por lo tanto la abstracción se hace pensando en la aplicación de la forma a las láminas de poliestireno. (Figura 65)

Figura 65. Abstracción formal Manta Raya



Fuente: Autor.

⁵© 2010 Association for the Advancement of Medical Instrumentation - ANSI/AAMI HE75:2009, Pag. 383

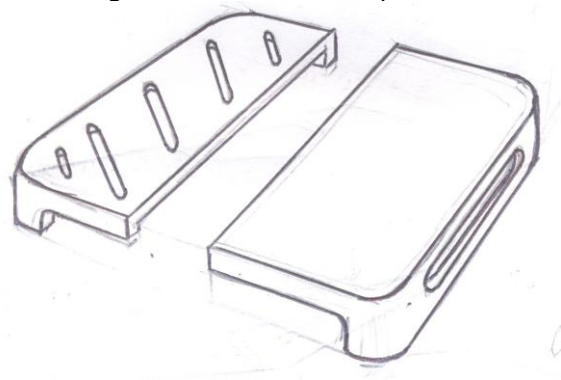
3.3 BOCETACION

En base a la abstracción formal y las restricciones de construcción, se bocetaron diferentes alternativas de diseño para cada sistema.

3.3.1 Componentes principales.

Superficie de trabajo. Se plantean dos alternativas, la primera está compuesta por dos secciones que se ubican a cada lado de la columna (figura 66), la segunda propone una sola superficie amplia que se pondría delante de la columna (figura 67).

Figura 66. Alternativa superficie 1



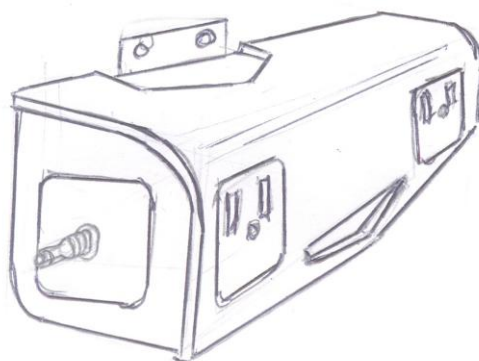
Fuente: Autor.

Figura 67. Alternativa superficie 2



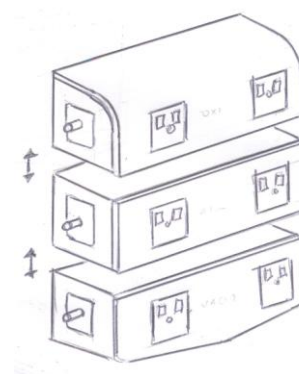
Fuente: Autor.

Figura 68. Alternativa panel gases 1



Fuente: Autor.

Figura 69. Alternativa panel gases 2

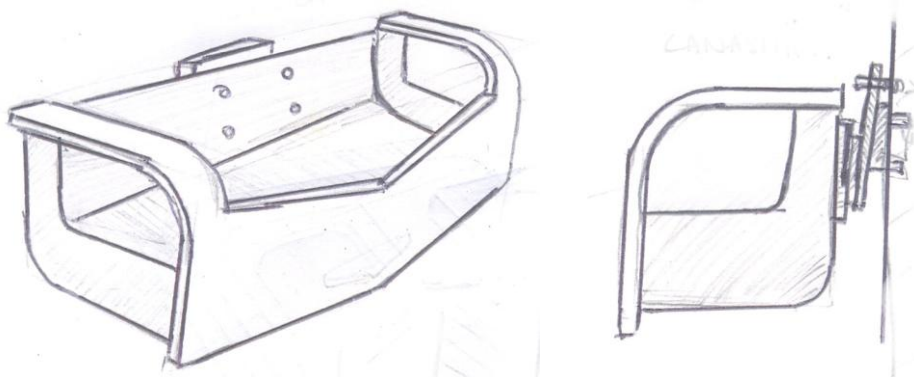


Fuente: Autor.

Panel de gases. Se plantean dos alternativas con una entrada y dos salidas para cada gas, la primera se diferencia por una sustracción en el frente del panel (figura 68), la segunda los paneles se complementan para formar una figura general (figura 69).

Cajones. Se aplica el mismo concepto utilizado en el panel de gases, de esta manera se busca mantener una coherencia formal entre los componentes (figura 70).

Figura 70. Boceto cajones



Fuente: Autor.

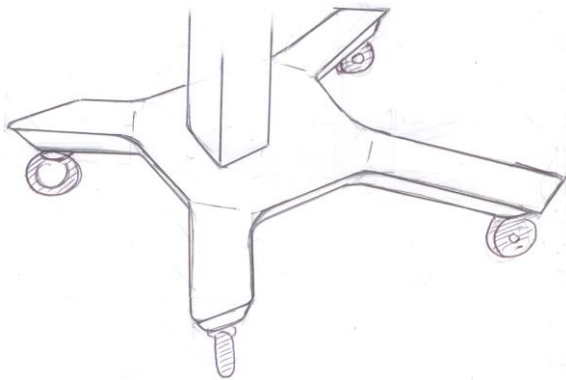
Base. Para determinar el número de apoyos de la base se consulta la norma AAMI de factores humanos, “Los diseños que solo incorporen tres o dos ruedas y un apoyo deben ser evitados por su potencial volcadura, sin embargo los dispositivos de tres ruedas pueden ser apropiados para algunas aplicaciones. (Ej: balas de oxígeno para pacientes con enfisema).”⁵

Esto quiere decir que las bases deben ser diseñadas con un mínimo de cuatro apoyos, el esquema general del equipo se planteó con cuatro caras de manipulación, por lo tanto se decide diseñar la base con el mismo número de apoyos para evitar piezas que pudieran incomodar los pies del usuario mientras interactúa con el equipo.

⁵© 2010 Association for the Advancement of Medical Instrumentation - ANSI/AAMI HE75:2009, Pag. 383

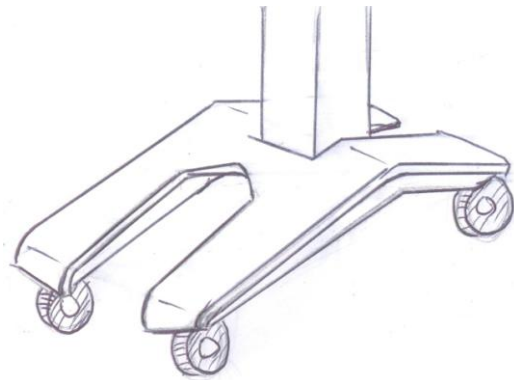
Se plantean dos alternativas de diseño, se utilizan sustracciones de la geometría planteada para formar los apoyos del equipo (figura 71 y 72).

Figura 71. Alternativa base 1



Fuente: Autor.

Figura 72. Alternativa base 2



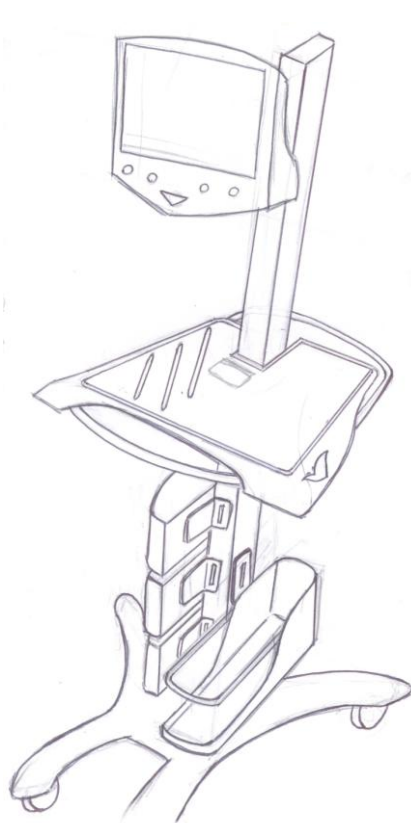
Fuente: Autor.

3.3.2 Conjunto. Con el ejercicio anterior se creó un estilo formal, el cual consta de una lámina de poliestireno con un doblez lineal, a esta lamina se le realizan sustracciones con la geometría planteada para ubicar los elementos de interacción, bajo el poliestireno se ubica una estructura en lamina de acero inoxidable que contendrá los componentes de cada sistema, con estas indicaciones se procede a diseñar alternativas globales de todo el equipo y sus componentes.

3.3.2.1 Alternativa conceptual 1. Propone líneas orgánicas basadas en la geometría. La superficie de trabajo es amplia y tiene dos manubrios, se plantea una alternativa de cajón abierto (figura 73).

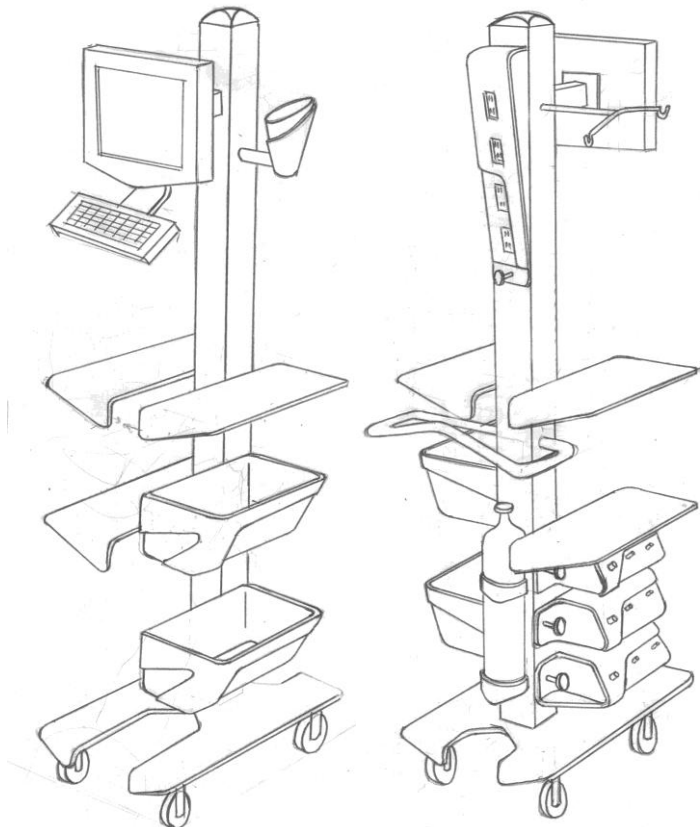
3.3.2.2 Alternativa conceptual 2. Se muestran variaciones del panel de gases y los cajones donde se le realizan grandes sustracciones al poliestireno para jugar con el contraste de metal y plástico, se separa el manubrio de la superficie de trabajo (figura 74).

Figura 73. Alternativa conceptual 1



Fuente: Autor.

Figura 74. Alternativa conceptual 2.



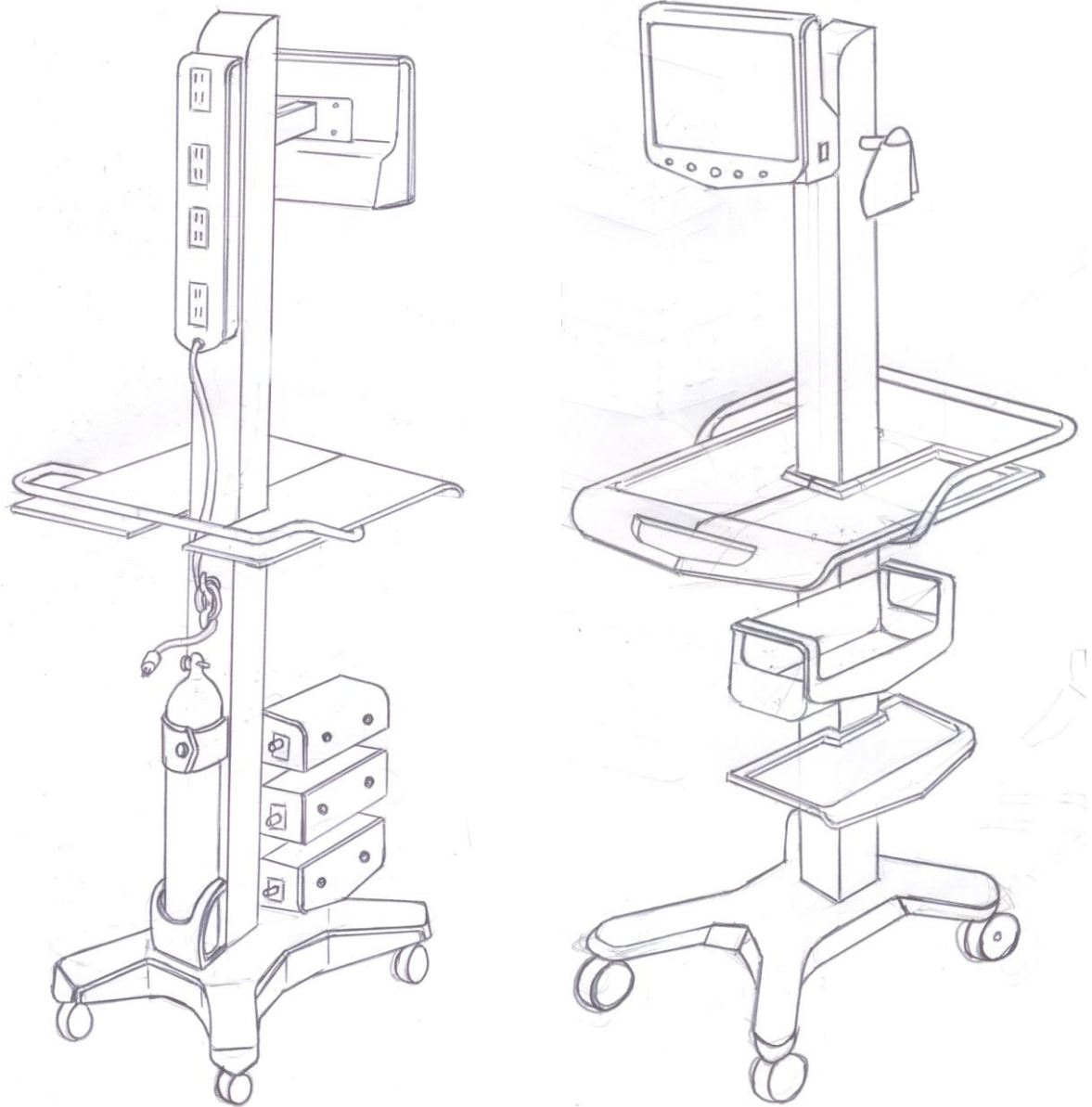
Fuente: Autor.

3.3.2.3 Alternativa conceptual 3. Presenta variaciones en el estilo, tiene una superficie de trabajo amplia con un manubrio separado y una muestra de los posibles accesorios (figura 75).

3.3.2.4 Selección de alternativa. Todos los modelos conceptuales están basados en el esquema general, soluciona la funcionalidad del equipo ya que define las variables de antropometría y distribución de elementos, por lo tanto en la selección de alternativa conceptual solo influye la variable de estética, la cual se selecciona por medio de la coherencia formal.

Bajo estos criterios, el modelo conceptual elegido es el número tres, ya que la coherencia formal de sus componentes es mayor.

Figura 75. Alternativa conceptual 3

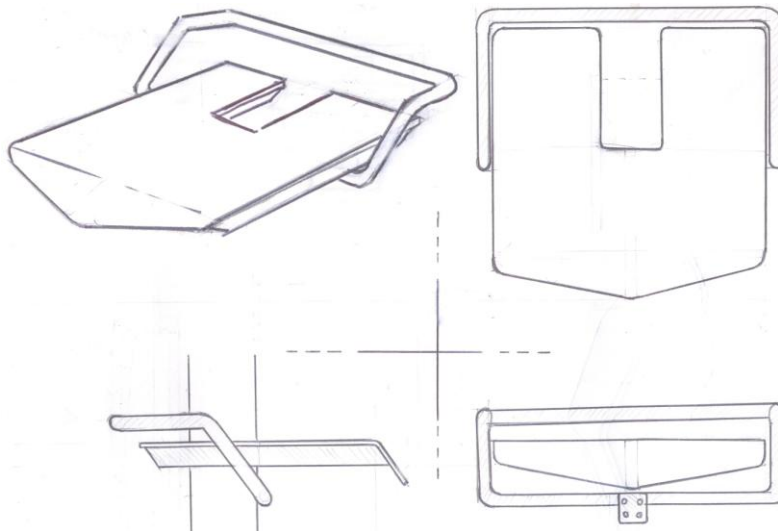


Fuente: Autor.

3.4 DESARROLLO DE ALTERNATIVA

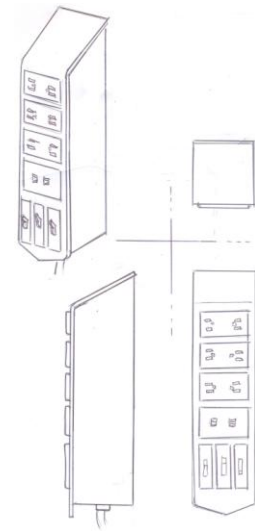
En esta etapa se diseña a detalle cada componente, dibujando sus tres vistas principales, para definir aspectos que no estaban claros en los anteriores bocetos (figuras del 76 al 79).

Figura 76. Superficie de trabajo



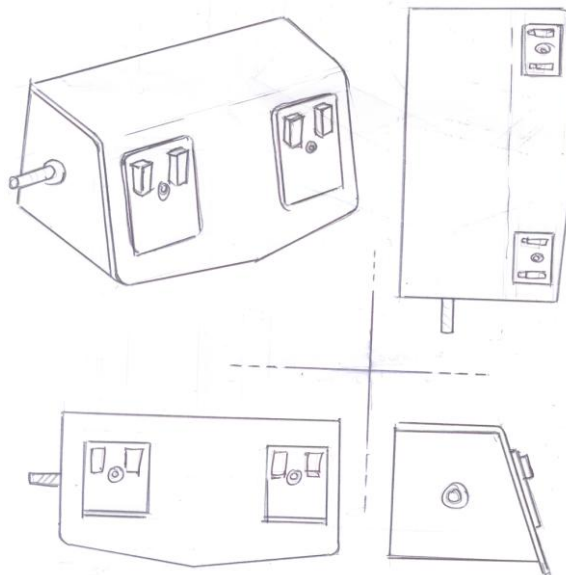
Fuente: Autor.

Figura 77. Panel eléctrico



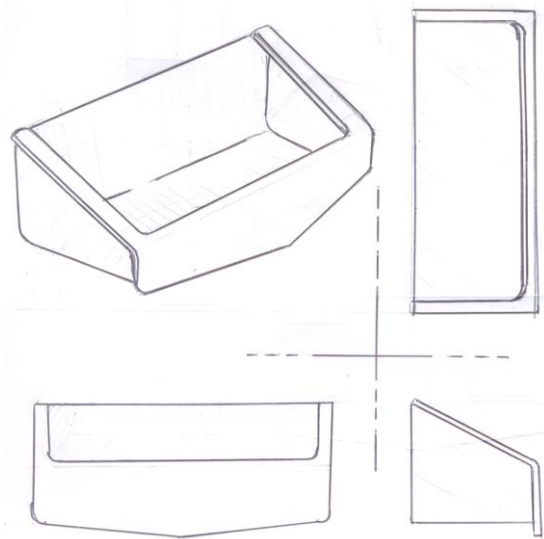
Fuente: Autor.

Figura 78. Panel de gases



Fuente: Autor.

Figura 79. Cajón

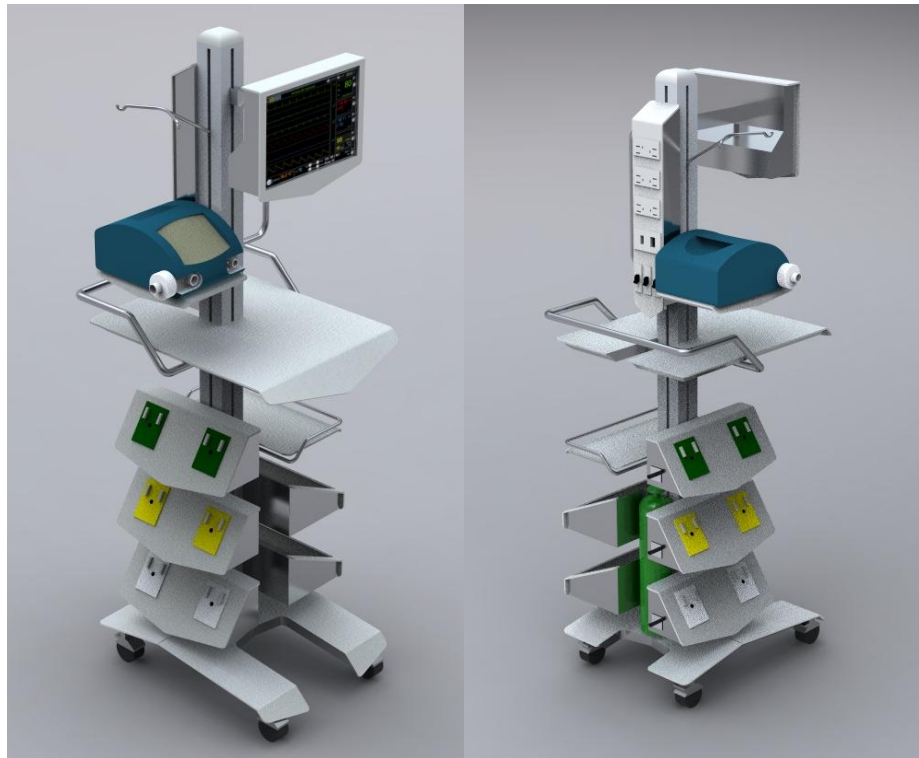


Fuente: Autor.

3.4.1 Modelo conceptual 1.0. El diseño propuesto se modela virtualmente en un software CAD, a cada componente se le aplican los materiales y las dimensiones reales, el modelo incluye una columna principal, el monitor de signos

vitales, el ventilador pulmonar, el panel eléctrico, el panel de gases, la superficie de trabajo, los cajones y la base (figura 80).

Figura 80. Modelo conceptual 1.0



Fuente: Autor.

3.5 COMPROBACIÓN DE CONCEPTO

Etapa en la cual se aplican métodos de usabilidad para comprobar si la solución planteada satisface las necesidades de los usuarios, esta etapa es importante ya que permite percibir errores o recibir sugerencias para mejorar el diseño.

3.5.1 Primera comprobación de diseño. En esta etapa se socializó el modelo conceptual 1.0 obtenido en la fase anterior, ésta actividad se realizó por medio de una presentación virtual del modelo CAD a los usuarios primarios y secundarios, para comprobar si la solución planteada tenía aceptación y si la distribución de los componentes satisfacía sus necesidades.

Muestra. Participaron 18 personas en 4 sesiones, logrando incluir a personal médico y asistencial, Jefes de las diferentes áreas de bioingeniería, personal de producción, personal de soporte técnico y ejecutivos de Telemedicina FCV, estos últimos son quienes comercializan actualmente la UCIM 1200 de bioingeniería (tabla 14).

Tabla 14. Muestra de primera comprobación

#	Sesión	Nombre	Área
1		Lina Sanabria	Gerencia
2		Erwing Parra	Metrología
3	CTE 1	Oscar Mantilla	Soporte CTE
4		Diego Serrano	Producción
5		Adriana Vega	Soporte IC
6	CTE 2	Emerson Gutiérrez Carrillo	Soporte CTE
7		Ivan Darío Cano López	Metrología
8		Miguel Ángel Jurado	Metrología
9		Norberto Rodríguez Prada	Producción
10		Cesar Luis Calderón	Producción
11		Wilmer Alexis Niño	Producción
12		Laura Milena Laguado	Diseño y Desarrollo
13		Edwing Jhon fredy Reyes	Diseño y Desarrollo
14	Eduard Sastoque Gelvez	Diseño y Desarrollo	
15	IC 1	Claudia Amaya	Telemedicina
16		Fredy Herrera	Telemedicina
17	IC 2	Jocabeth	UCI pediátrica
18		Luis Moreno	UCI pediátrica

Fuente: Autor.

Registro fotográfico. Imágenes de las sesiones realizadas al personal de producción y ejecutivos de Centro nacional de Telemedicina FCV (figura 81).

Datos obtenidos. Se generó una tabla donde se incluyen las apreciaciones de los usuarios respecto a cada sistema en específico (Tabla 15).

3.5.1.1 Modelo conceptual 1.1. Se analizaron las recomendaciones dadas por los usuarios, se utilizan los mismos criterios de evaluación dados en la etapa de diseño de concepto para replantear el diseño del equipo, Los cambios realizados al diseño se muestran en la tabla 6 y el resultado se aprecia en la figura 82.

Figura 81. Fotografías primera comprobación



Fuente: Autor.

Tabla 15. Datos obtenidos primera comprobación

Componente	Recomendaciones
Panel eléctrico	Esta muy cerca a las bolsas de suero. Posible riesgo de falla eléctrica por derrame de algún fluido.
	Su posición podría estar muy alta.
	Explorar otras ubicaciones.
	Estudiar una propuesta horizontal del diseño.
	Debajo de la superficie principal.
succión	Incorporar wi-fi.
	Debe estar en la parte mas baja de todo el equipo.
	Debe tener fácil acceso, se recomienda la parte frontal del equipo.
	Su posición esta muy baja.
	Las tomas de gases deben se verticales.
panel gases	¿La Salida aire necesaria?
	Debe permitir la interconexión con columnas de UCI.
	Definir la mejor distribución de las salidas de gases.
	Las salidas de salida de vació deben estar abajo.
	Las salidas aire y O2 deben estar arriba.
humidificador	Debe a lamisca altura del ventilador pulmonar o mas abajo.
	Proponer nueva ubicación adelante.
	Debe tener desagüe.

bala	Definir cuantos son necesarios.
cajón	Evitar los ángulos cerrados y los bordes filosos.
	Redondear las aristas.
	Debe existir uno para contener los elementos de terapia respiratoria.
	puede haber un cajón para la terapia respiratoria y otro para usos varios
	El manubrio para halar desde adelante.
	Proponer colores.
	Los materiales propuestos deben ser resistentes a químicos de limpieza.
	Utilizar llantas más grandes.
	Incluir sistema para ordenar cables.
	Incluir sistema para ordenar mangueras.
otros	Las bombas infusoras deben estar por aparte.
	Permitir la transferencia de datos por red (ventilador y monitor) (wi-fi)
	Los teclados deben ser fáciles de limpiar.
	Incluir cámara de video.
	Debe tener superficies fáciles de limpiar.
	Los materiales propuestos.
	Componentes modulares.
	Es liviano
	Es flexible en su configuración.
	lo que mas gusta
Modular	
Liviano	
Flexible	
apariencia moderna	

Fuente: Autor.

Tabla 16. Cambios modelo conceptual 1.1

#	Cambios	Justificación
1	Reducción del área en la superficie de trabajo.	Estaba sobredimensionada.
2	Rediseño del manubrio.	Se necesitaba acceder por las cuatro caras.
3	Se agrega accesorio para teclado.	Facilitar el ingreso de datos.
4	Se agrega reservorio de succión.	Es un componente necesario.
5	Se agrega humidificador	En un componente necesario para la mayoría de los ventiladores pulmonares.
6	Rediseño del cajón.	Estaba sobredimensionado.
7	Rediseño de panel de gases	Las salidas de gases no deben tener inclinaciones.
8	Se agrega cámara Web.	Requerida para servicios de telemedicina.
9	No se incluye atril porta bombas.	Nueva propuesta.

Fuente: Autor.

Figura 82. Modelo conceptual 1.1



Fuente: Autor.

3.5.2 Segunda comprobación de diseño. En esta etapa se socializó el modelo conceptual 1.1 obtenido en la fase anterior ésta actividad se realizó por medio de una presentación virtual del modelo CAD a los usuarios primarios y secundarios, para comprobar si la solución planteada satisfacía sus necesidades.

Muestra. Participaron 17 personas en tres sesiones, se intentó entrevistar a los mismos usuarios de la primera comprobación de diseño (tabla 17).

Tabla 17. Muestra segunda comprobación.

#	Sesión	Nombre	Área
1	CTE 1	Emerson Gutiérrez Carrillo	Soporte CTE
2		Ivan Darío Cano López	Metrología
3		Miguel Ángel Jurado	Metrología
4		Norberto Rodríguez Prada	Producción
5		Cesar Luis Calderón	Producción
6		Wilmer Alexis Niño	Producción
7		Laura Milena Laguado	Diseño y Desarrollo
8		Edwing Jhon fredy Reyes	Diseño y Desarrollo

9		Eduard Sastoque Gelvez	Diseño y Desarrollo
10	IC 1	Claudia Amaya	Telemedicina
11		Leonardo Salazar	Doctor
12		Jocabeth	UCI pediátrica
13		Luis Moreno	Doctor
14	IC 2	Enfermera 1	UCI pediátrica
15		Enfermera 2	UCI pediátrica
16		Enfermera 3	UCI pediátrica

Fuente: Autor.

Registro fotográfico. Imágenes de las sesiones realizadas a médicos y enfermeras, personal de producción (figura 83).

Figura 83. Fotografías segunda comprobación



Fuente: Autor.

Datos obtenidos. Se generó una tabla donde se incluyen las apreciaciones de los usuarios respecto a cada sistema en específico. En las sesiones realizadas con personal de soporte y producción no surgieron recomendaciones, al contrario en las sesiones con personal médico surgieron las recomendaciones recolectadas en la tabla 18.

Tabla 18. Datos obtenidos segunda comprobación.

componente	recomendaciones
Succión	El reservorio de succión utilizado siempre debe ir en el piso, utilizar los reservorios de succión adecuados. Los reservorios de succión cilíndricos son los que deberían ir en el equipo.

panel gases	La salida en cascada de vacío no es necesaria.
	El vacío debe tener buena presión.
	Distribuir las salidas de gases para los diferentes tipos de dispositivos que se conectan en ellas.
	La salida de vacío puede estar ubicada atrás o lateralmente.
	salida oxígeno, adelante 1, atrás 1
	salida aire, atrás
MSV	Los cables del monitor no deben interferir con el ventilador pulmonar.
	Debería tener grados de libertad.
Ventilador	Tener en cuenta las especificaciones del ventilador pulmonar que se pretenda utilizar.
Otros	Revisar el equilibrio del equipo.
	Revisar la postura para el ingreso de datos.
	falta color
	revisar ergonomía para el ingreso de datos

Fuente: Autor.

3.5.2.1 Modelo conceptual 1.2. Se analizaron las recomendaciones dadas por los usuarios, se utilizan los mismos criterios de evaluación dados en la etapa de diseño de concepto para replantear el diseño del equipo, Los cambios realizados al diseño se muestran en la tabla 19 y el resultado se aprecia en la figura 84.

Tabla 19. Cambios modelo conceptual 1.2

#	Cambios	Justificación
1	Rediseño del panel de gases.	La anterior propuesta no satisfacía las necesidades.
2	Inclusión del recipiente de succión adecuado.	Requerimiento en la sesión anterior.

Fuente: Autor.

3.5.3 Tercera comprobación de diseño. En esta etapa se socializó el modelo conceptual 1.2 obtenido en la fase anterior, ésta actividad se realizó por medio de una presentación virtual del modelo CAD a los usuarios primarios y secundarios, para comprobar si la solución planteada satisfacía sus necesidades.

Figura 84. Modelo conceptual 1.2



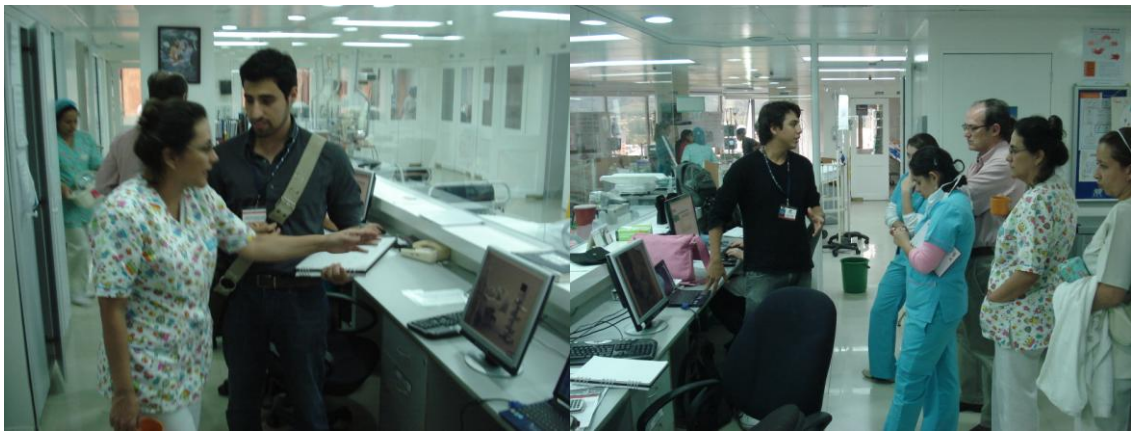
Fuente: Autor.

Muestra. Participaron 5 enfermeras de la UCI pediátrica en una única sesión, debido a que las modificaciones de implementadas en el diseño fueron en base a sus recomendaciones.

Registro fotográfico. Imágenes de la sesión realizara por el personal médico y de enfermeras de la UCI pediátrica (figura 85).

Datos obtenidos. No surgieron recomendaciones, esto quiere decir que el diseño propuesto cumple satisfactoriamente las necesidades de los usuarios.

Figura 85. Tercera comprobación



Fuente: Autor.

3.5.4 Modelo conceptual 1.3. Se realizaron cambios al modelo conceptual 1.2 que no afectarían los resultados de las comprobaciones anteriores, para mejorar las condiciones del equipo (figura 86), los cambios realizados se encuentran en la tabla 20.

Tabla 20. Cambios modelo conceptual 1.3

#	Cambios	Justificación
1	Reubicación del humidificador.	Para la mejorar distribución del espacio.
2	Se elimina el accesorio para teclado.	Este periférico no necesario, se pretende utilizar monitores con pantalla táctil.
3	Reubicación de cajones.	Para la optimización de espacio.

Fuente: Autor.

3.5.5 Sistemas complementarios. Nace el concepto de familia de objetos, basados en los mismos componentes del producto, como la base y columna. Se plantean los siguientes conceptos: soporte de bombas infusoras y perfusoras, modulo de almacenamiento y estación de trabajo (figura 87).

Figura 86. Modelo conceptual 1.3



Fuente: Autor.

Figura 87. Sistemas complementarios



Fuente: Autor.

4. DISEÑO DE DETALLE

En esta fase comienza el desarrollo de la alternativa elegida. Momento en el que se determinan las especificaciones técnicas sobre las que construir el producto, incluyendo planos, especificación de materiales.

Etapas de diseño en la cual se define con precisión las dimensiones, materiales, mecanismos y métodos de construcción de cada elemento que compone el equipo.

4.1 DISEÑO DE COMPONENTES

Los componentes de la UCIM (figura 88) se deben diseñar a detalle para poderlos materializar. Los elementos que no se etiquetan en la figura, lámpara y cámara Web, son accesorios conceptuales de baja prioridad de construcción que no entraron a la actual fase de diseño.

Se analizaron los diferentes elementos que componen a la UCIM y se clasificaron de la siguiente manera:

- 1- Equipos médicos, son productos elaborados por otras empresas como el ventilador pulmonar y el monitor de signos vitales.
- 2- Estructura, aquellos componentes imprescindibles: la base y la columna.
- 3- Accesorios, aquellos elementos que le brinda diferentes funciones al producto.
- 4- Soportes, aquellos que hacen posible la unión entre la columna y los accesorios. La tabla 11 muestra los objetos a diseñar y su clasificación.

Figura 88. Componentes modelo conceptual 1.3



Fuente: Autor.

Tabla 21. Componentes modelo conceptual 1.3

Clasificación	Componente
Estructura	Columna
	Base
	Tapón de columna
Soportes	General
	General extendido
	Ventilador
Accesorios	Panel de gases
	Panel Eléctrico
	Cajón
	Manubrio
	Superficie
	Porta succión
	Sujetacables

Fuente: Autor.

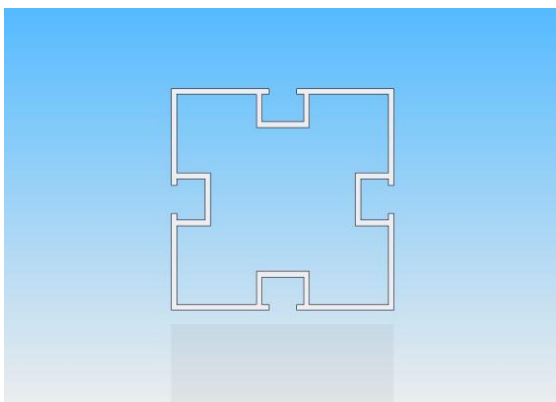
4.2.1 Estructura. Esta compuesta por elementos que resisten y distribuyen el peso de los diferentes componentes.

Columna. Es el elemento principal de la estructura, ya que en esta se ajustan los diferentes accesorios y equipos médicos.

Inicialmente los conceptos de las UCIM se planeaban con un perfil cuadrado de aluminio con un carril en cada cara (figura 89), el cual se descartó en esta etapa de diseño ya que los componentes no iban a variar su altura como inicialmente se había pensado, la altura de los componentes está dada por un estudio antropométrico y darle la posibilidad al usuario de cambiarla era un factor desventajoso tanto estética como funcionalmente.

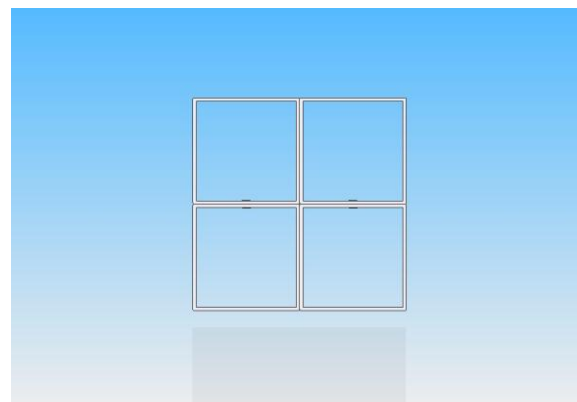
El precio elevado del este perfil y las condiciones de compra de los proveedores fueron otros factores que influyeron en el cambio de columna, esto llevo a buscar una alternativa más económica y local, así que se diseño una columna con cuatro perfiles cuadrados de aluminio sostenidos por sus caras internas (figura 90), dando como resultado un perfil equivalente en cuanto a resistencia y apariencia, además esta alternativa es cinco veces más económica que la planeada inicialmente. (Figura 91)

Figura 89. Perfil de columna inicial



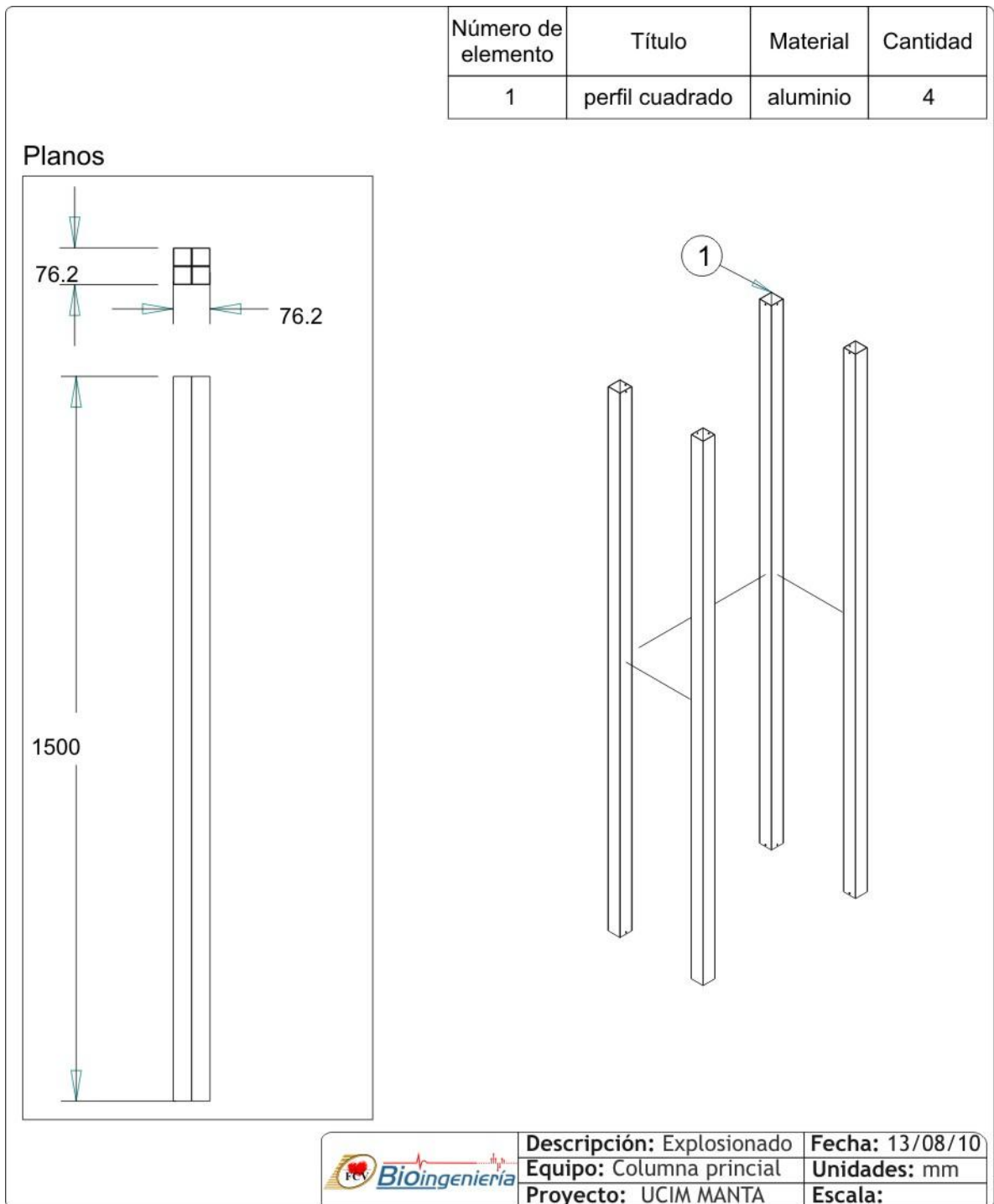
Fuente: Autor.

Figura 90. Perfil de columna final



Fuente: Autor.

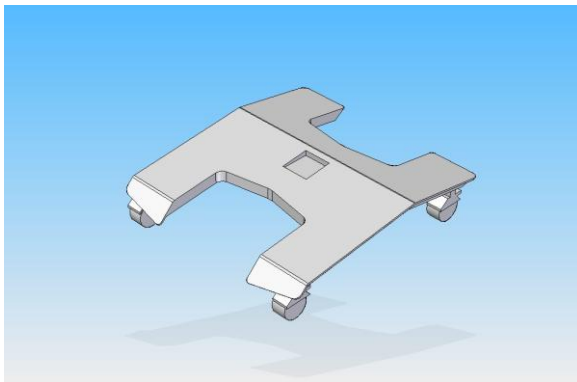
Figura 91. Dimensiones columna



Fuente: Autor.

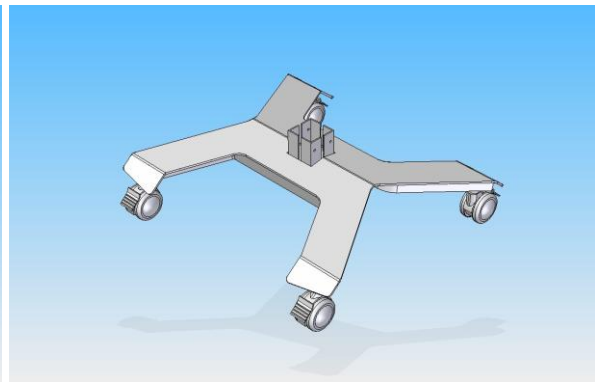
Base. Es el elemento que permite el ensamble de la columna, la distribución del peso, la estabilidad y el desplazamiento del producto. La base cambió formalmente en esta etapa de diseño, inicialmente estaba planteada una superficie de poliestireno mayor (figura 92), por lo tanto se redujo el área superficial para disminuir su peso y se consiguieron las ruedas adecuadas (figura 93, 94 y 95).

Figura 92. Base inicial



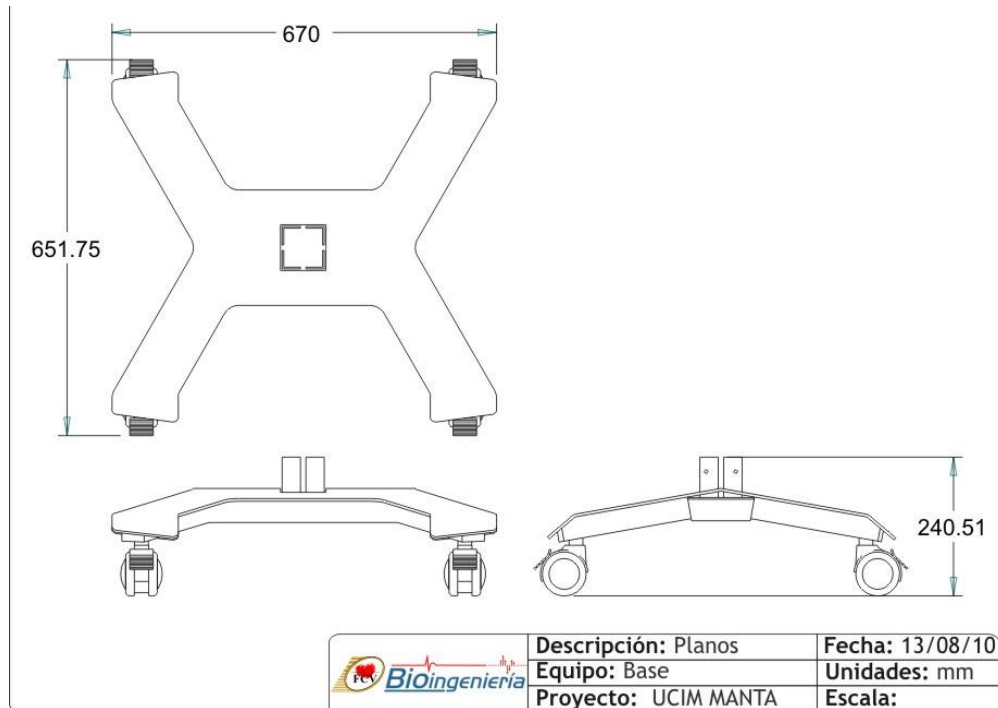
Fuente: Autor.

Figura 93. Base final



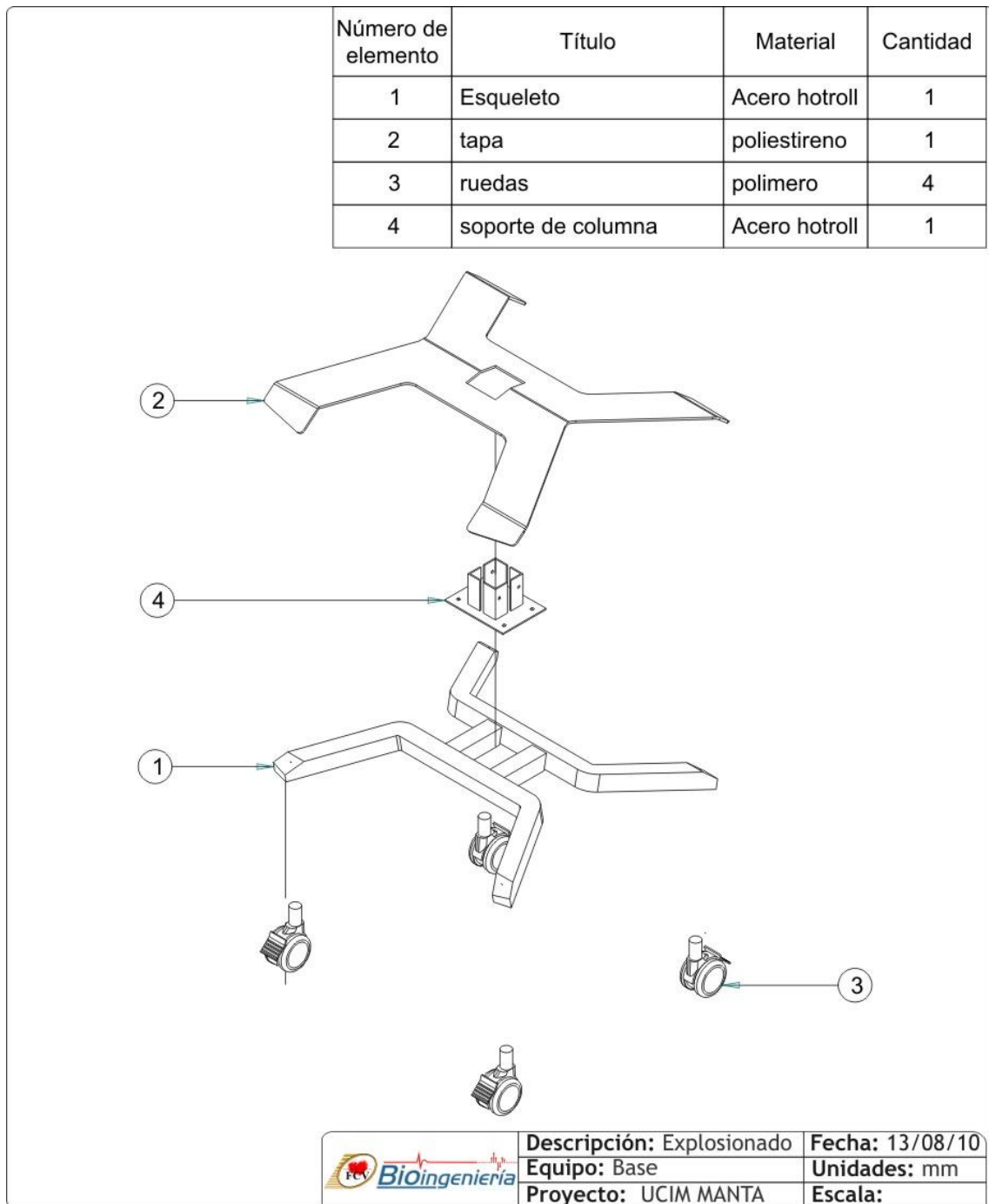
Fuente: Autor.

Figura 94. Dimensiones base



Fuente: Autor.

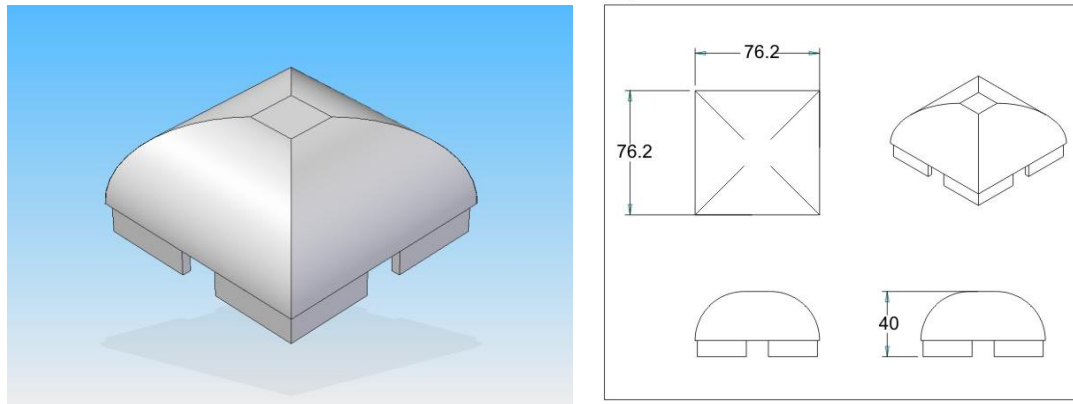
Figura 95. Explosión base



Fuente: Autor.

Tapón de columna. Es un accesorio para la columna que evita la acumulación de polvo y/o líquidos en el interior de ésta, también se usa para dar un remate estético en el producto. Su manufactura está planteada en inyección de poliestireno blanco. (Figura 96)

Figura 96. Tapón de columna



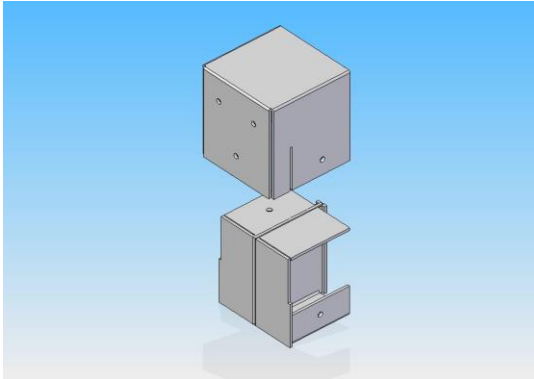
Fuente: Autor.

4.2.2 Soportes. Son aquellos elementos que hacen posible la unión entre la columna y los accesorios.

Soporte general. Soporte diseñado para ajustar todo tipo de accesorios, planeado para que el ensamble de los componentes fuera muy sencillo e invisible, es decir sin mostrar los tornillos o remaches que lo sujetan.

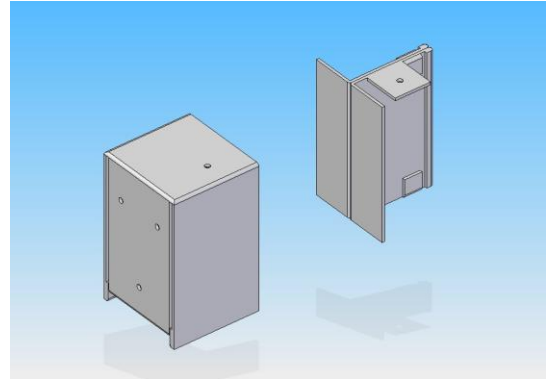
En esta etapa de diseño este elemento tuvo una evolución interesante, todas las propuestas funcionaban con una pieza interna y una externa, la versión 1.0 (figura 97) funciona por medio de una intersección vertical de estas dos piezas. Para la versión 1.1 (figura 98) se cambió el sentido de ensamble a horizontal y se aumentó la dimensión de uno de sus lados. Para la versión 1.2 (figura 99) se retomó la dimensión original y el ensamble es horizontal, finalmente para la versión 1.3 se simplifica la pieza interna y se mantiene el ensamble horizontal. (Figura 100 y 101)

Figura 97. Soporte general v1.0



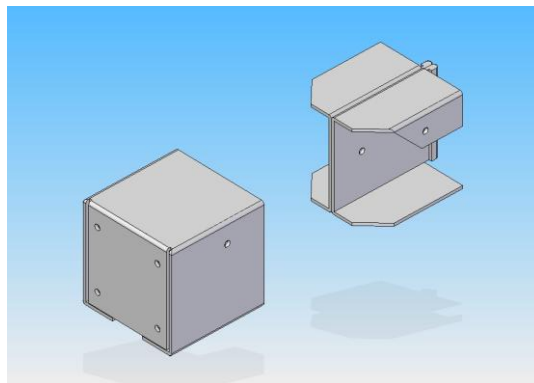
Fuente: Autor.

Figura 98. Soporte general v1.1



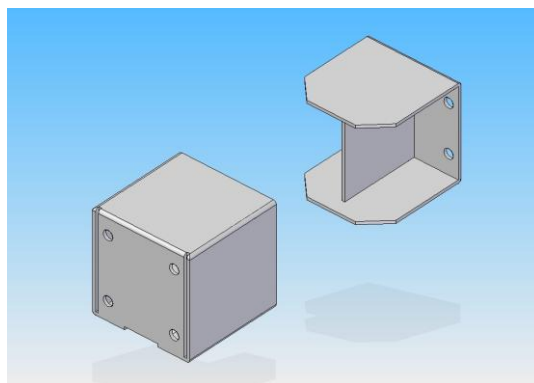
Fuente: Autor.

Figura 99. Soporte general v1.2



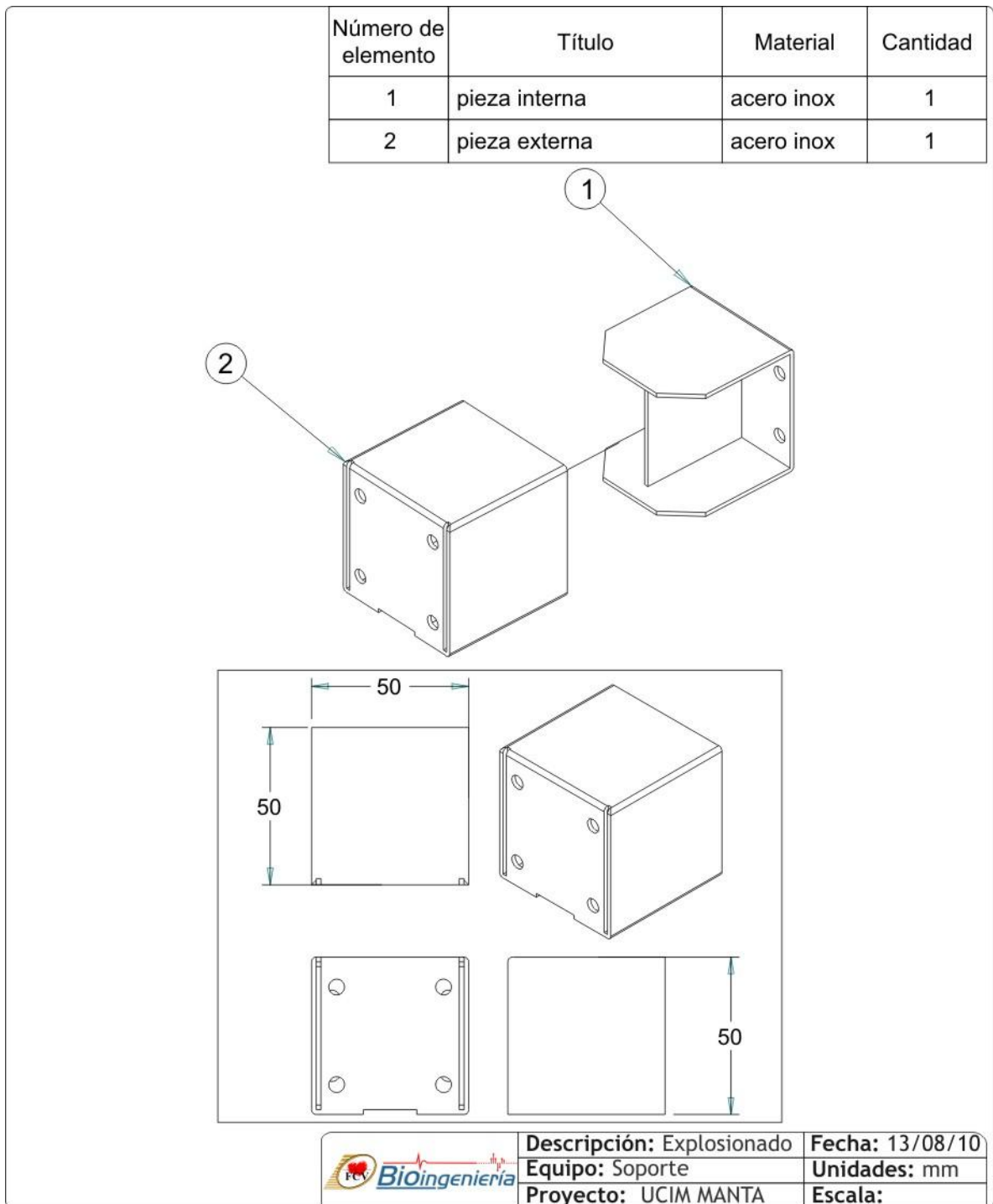
Fuente: Autor.

Figura 100. Soporte general v1.3



Fuente: Autor.

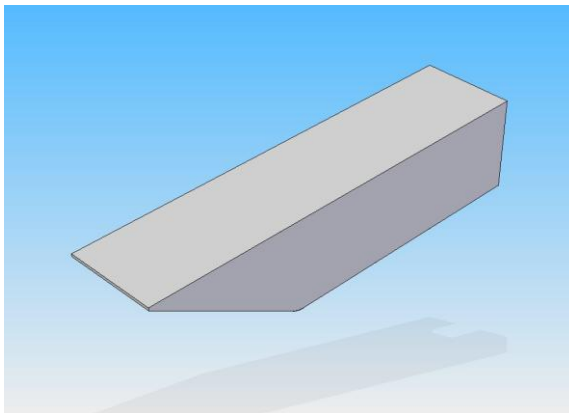
Figura 101. Dimensiones y Explosión del soporte general



Fuente: Autor.

Soporte general extendido. Soporte diseñado para ajustar superficies o elementos muy retirados de la columna, tiene la misma pieza interna del soporte general, solo cambia la pieza externa según la proporción del producto (figura 102). Es usado para soportar accesorios como la superficie y el manubrio, y el soporte del ventilador.

Figura 102. Soporte general extendido



Fuente: Autor.

Figura 103. Ventilador pulmonar Supportair



Ficha comercial UCIM 1200.

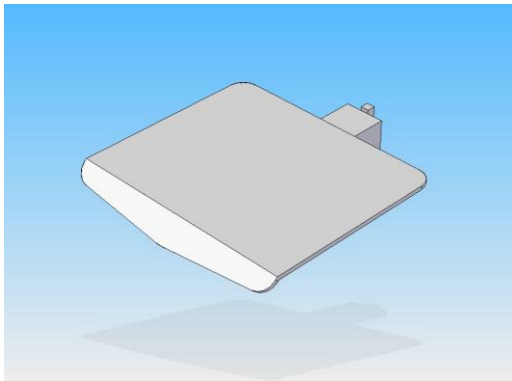
Soporte ventilador. Soporte diseñado para ajustar el ventilador pulmonar Supportair (figura 103) que ha sido usado en las últimas producciones de UCIM de Bioingeniería FCV.

En esta etapa de diseño se cambió la superficie de poliestireno (figura 104) por una cruz metálica en la cual se ajustan los tornillos de la carcasa del ventilador, logrando un soporte más discreto, esta cruz se ajusta en un soporte general extendido. (Figura 105 y 106)

4.2.3 Accesorios. Son aquellos elementos que le brindan diferentes funciones al producto.

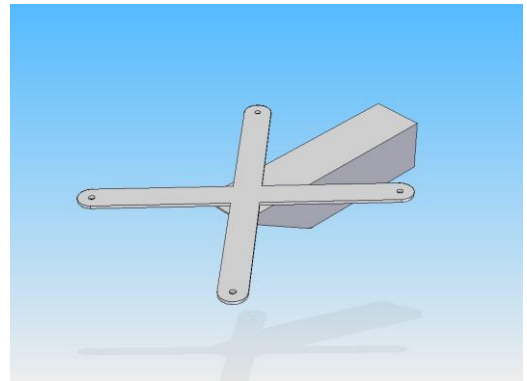
Panel de gases. Es un módulo que hace de puente entre las instalaciones de gases medicinales de la habitación y los equipos médicos que requieren de este suministro.

Figura 104. Soporte ventilador inicial



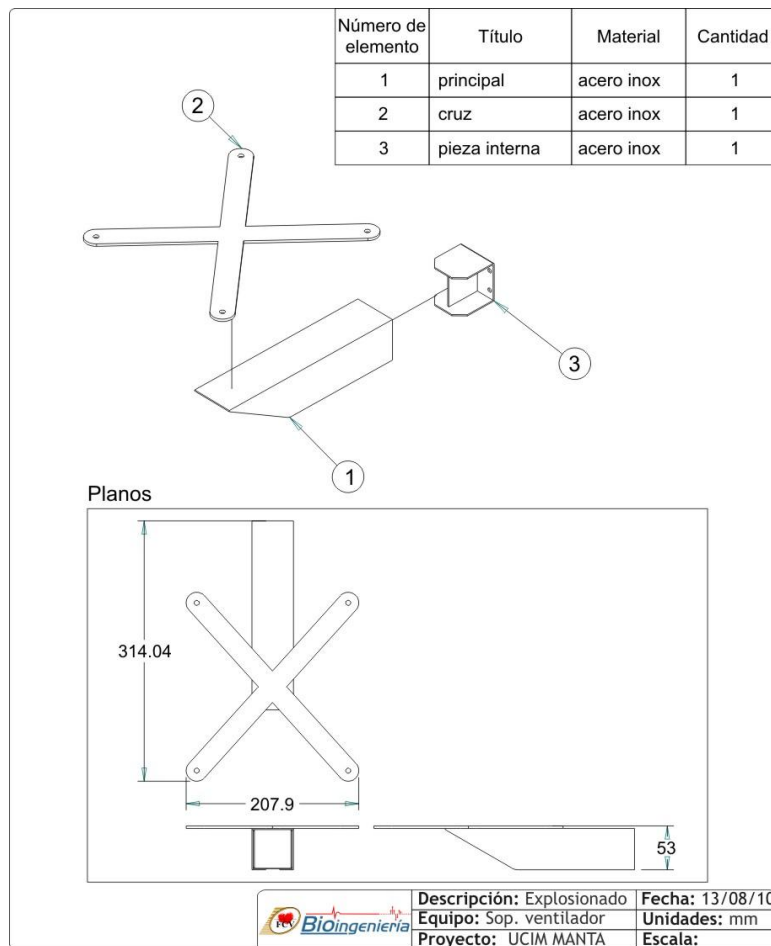
Fuente: Autor.

Figura 105. Soporte ventilador final



Fuente: Autor.

Figura 106. Dimensiones y Explosión de soporte ventilador



Fuente: Autor.

Los gases medicinales son aquellos gases que por sus características específicas son utilizados para consumo humano y aplicaciones medicinales en instituciones de salud y en forma particular. Los gases medicinales de mayor uso médico son: Oxígeno (O₂), Óxido nitroso (N₂O), Aire Medicinal (O₂-N₂ y otros componentes minoritarios), Vacío (El proceso de vacío será considerado como gas medicinal), y Otros gases: Helio (He), Dióxido de Carbono (CO₂) y Nitrógeno (N₂).¹⁰

Bioingeniería FCV diseñó un panel de gases para el equipo UCIM 1200 el cual maneja tres gases medicinales: oxígeno, aire y vacío (figura 107) y los distribuye de la siguiente manera: dos salidas de oxígeno, dos de vacío y una de aire.

Figura 107. Panel de gases UCIM 1200



Fuente: Autor.

La distribución de gases medicinales mencionada anteriormente ha funcionado bien en las clínicas, así que para nuestro módulo se partió de los mismos componentes internos.

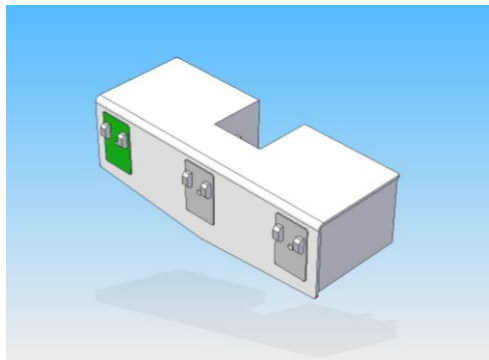
El panel de gases es el elemento que más transformaciones ha tenido a lo largo del diseño del producto, ya que en cada comprobación con los usuarios se

¹⁰ EL PROCESO CONSTRUCTIVO EN LOS CENTROS SANITARIOS, Grupo JG, primera edición, España, 2006

descubrían problemas en la distribución planteada, como se pudo ver en los capítulos anteriores, hasta que se llegó a una distribución que satisfacía las necesidades de los usuarios.

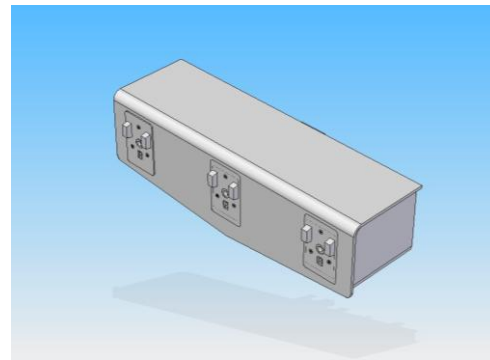
El cambio principal en esta etapa de diseño fue que se eliminó una sustracción (figura 108) la cual era para reducir la distancia que sobresalía el panel respecto a la columna, pero se determinó que ésta era admisible en el producto, el diseño resultante se puede apreciar en la figura 109. Con respecto al panel de gases de la UCIM 1200, el modulo planteado es pequeño, compacto, fácil de instalar y posee los mismos componentes internos. (Figura 110 y 111)

Figura 108. Panel de gases inicial



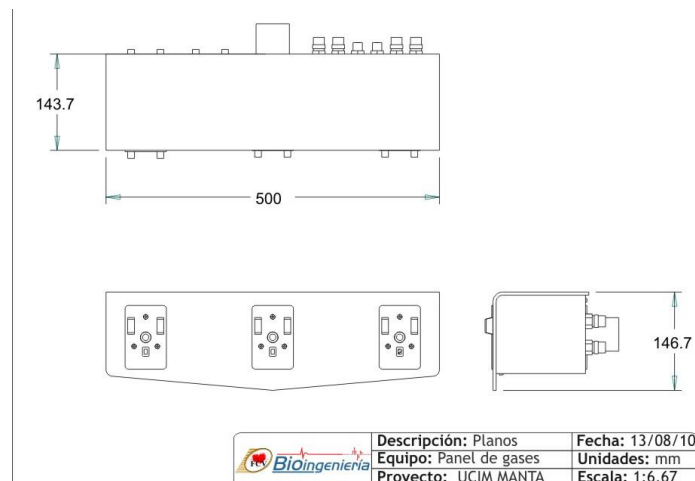
Fuente: Autor.

Figura 109. Panel de gases final



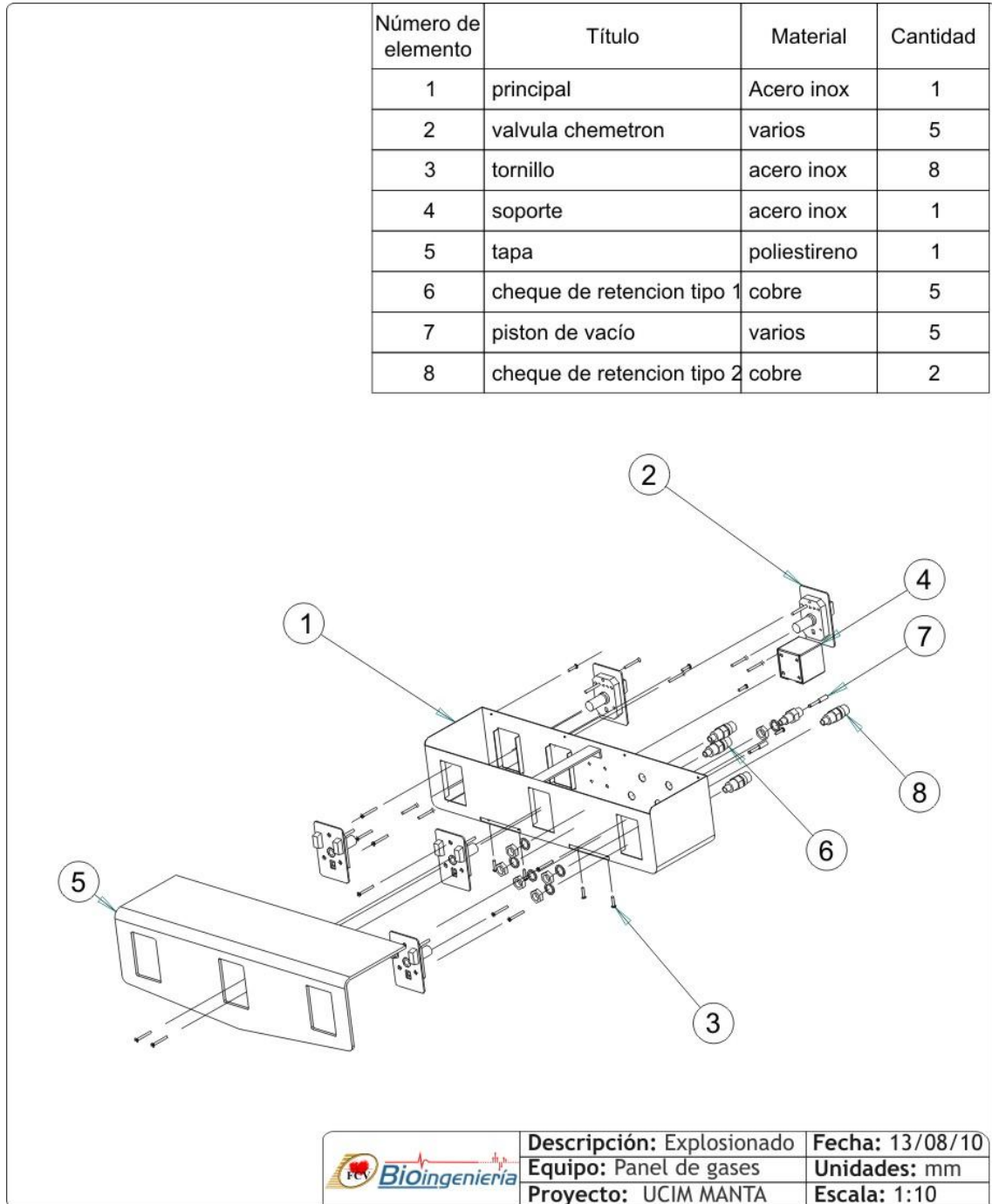
Fuente: Autor.

Figura 110. Dimensiones panel de gases



Fuente: Autor.

Figura 111. Explosión panel de gases



Fuente: Autor.

Panel Eléctrico. Es un módulo que hace de puente entre las instalaciones eléctricas de la habitación y los equipos médicos que requieren de este suministro.

Bioingeniería FCV diseñó un panel eléctrico para el equipo UCIM 1200 el cual está compuesto por tomas eléctricas y protectores diferenciales (figura 112). Los componentes han funcionado bien en las clínicas, por lo tanto para el diseño de nuestro modulo se partió de los mismos componentes internos.

El panel eléctrico es uno de los elementos que más se mantuvo a través de los modelos conceptuales, inicialmente se planteaba con todos sus componentes hacia adelante (figura 113), su principal cambio en esta etapa de diseño fue el posicionamiento los protectores diferenciales en la parte de atrás para no confundir al usuario, ya que estos se utilizan eventualmente, solo caso de una descarga eléctrica. (Figura 114, 115 y 116)

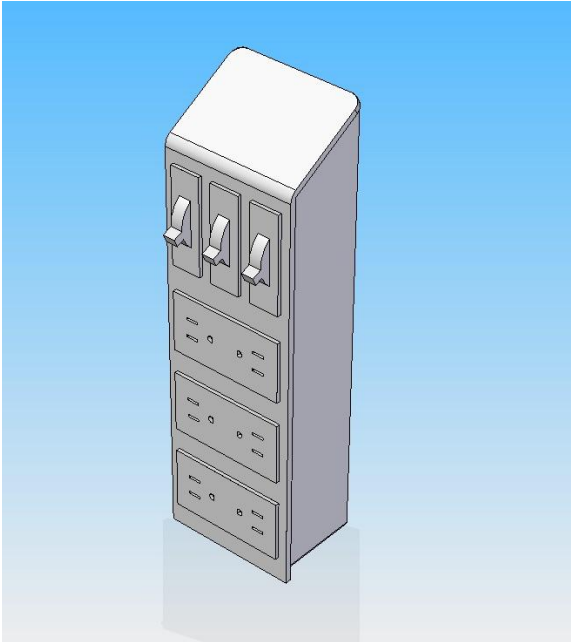
Con respecto al panel eléctrico de la UCIM 1200, el modulo planteado es pequeño, compacto, fácil de instalar y posee los mismos componentes internos.

Figura 112. Panel eléctrico UCIM 1200



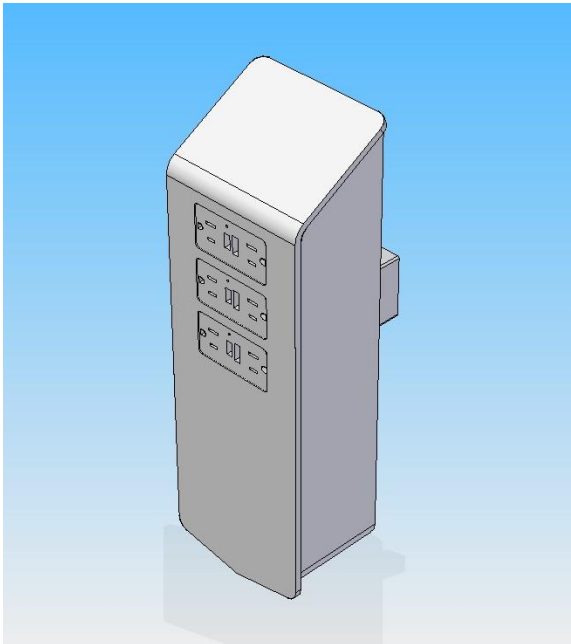
Fuente: Autor.

Figura 113. Panel eléctrico inicial



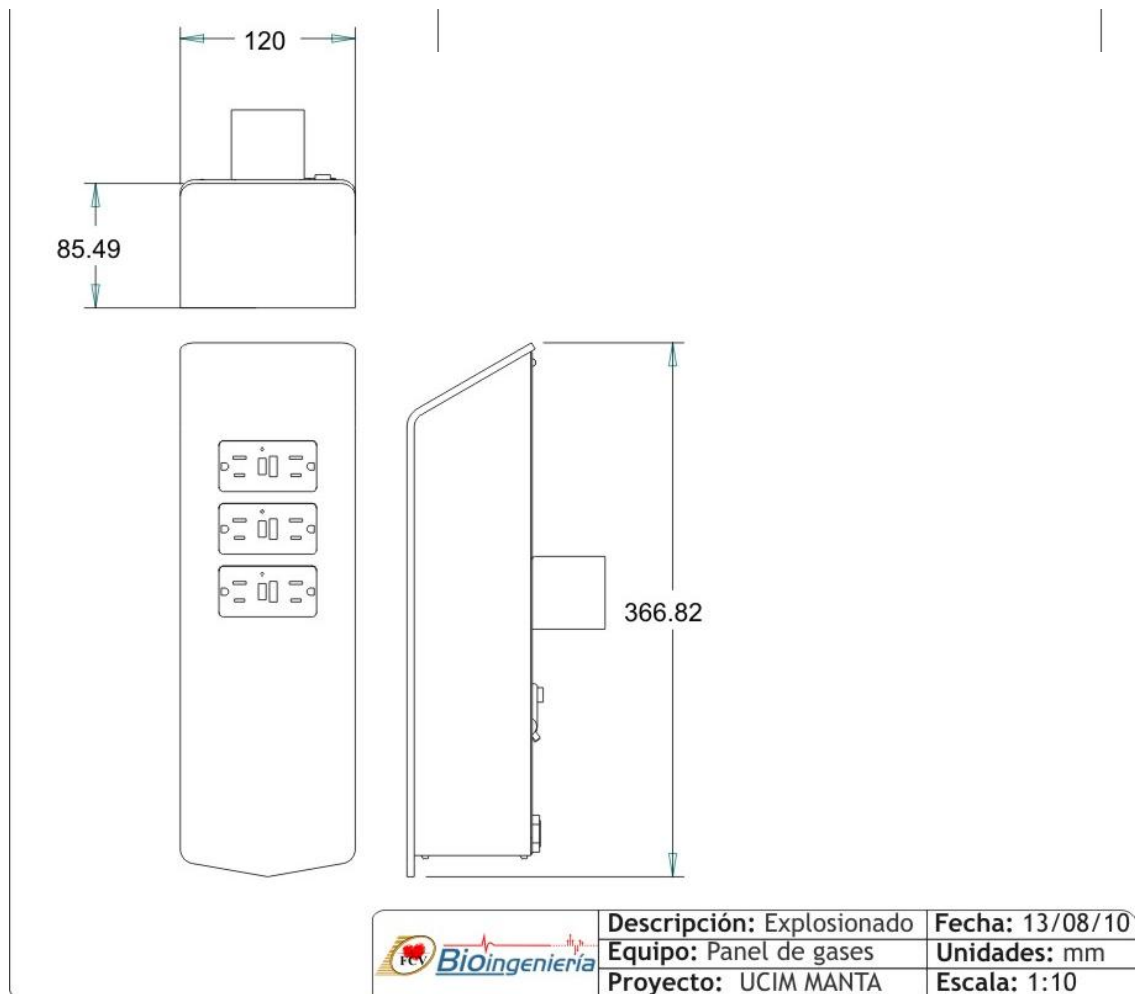
Fuente: Autor.

Figura 114. Panel eléctrico final



Fuente: Autor.

Figura 115. Dimensiones panel eléctrico

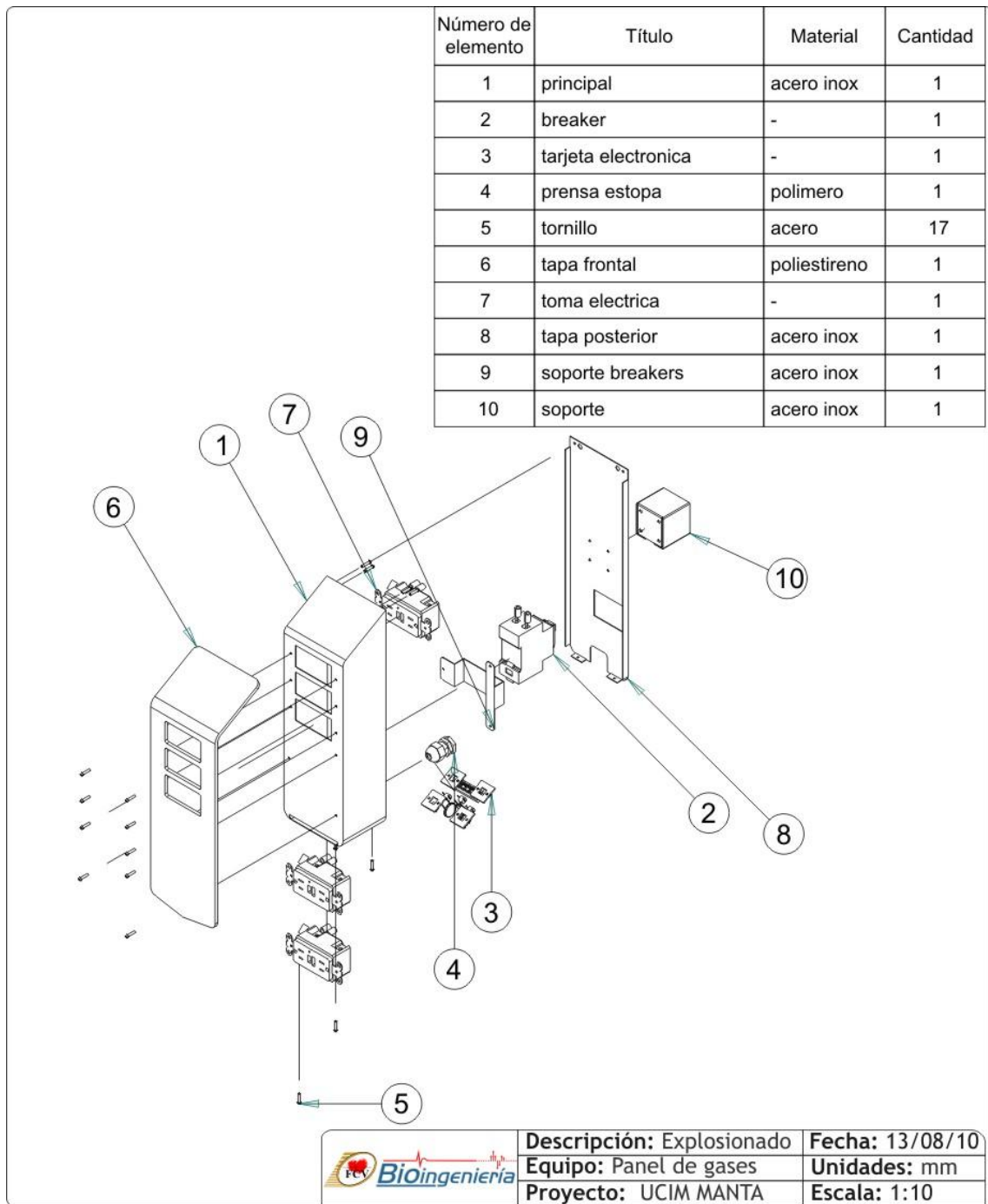


Fuente: Autor.

Cajón de acceso rápido. Es un accesorio diseñado para almacenar los objetos necesarios para el tratamiento respiratorio de un paciente, no posee tapa o ningún elemento que obstruya el rápido acceso a su contenido.

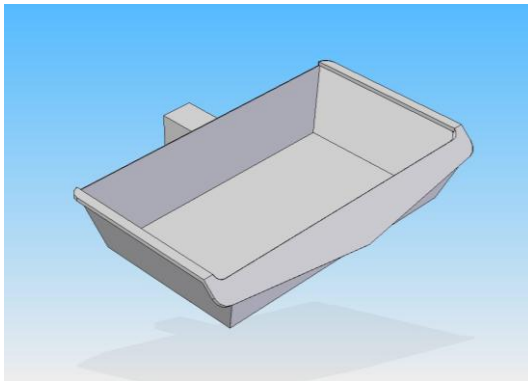
Este fue un elemento que no cambio sustancialmente en esta etapa de diseño, se ajustó la proporción y se redondearon algunas aristas para evitar la acumulación de residuos. (Figuras 117, 118 y 119)

Figura 116. Explosión panel eléctrico



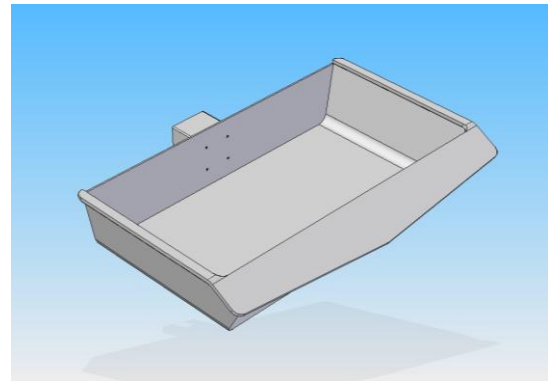
Fuente: Autor.

Figura 117. Panel eléctrico inicial



Fuente: Autor.

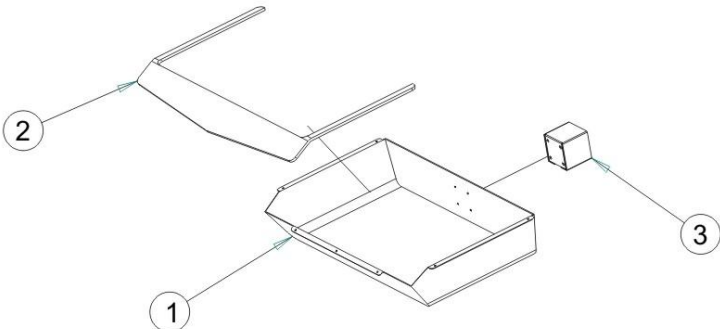
Figura 118. Panel eléctrico final



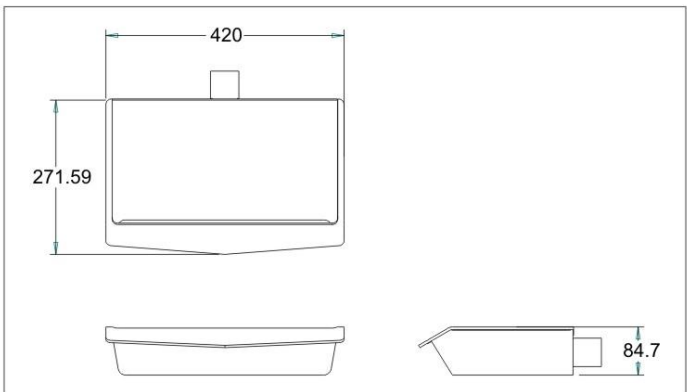
Fuente: Autor.


Figura 119. Dimensiones y Explosión del cajón

Número de elemento	Título	Material	Cantidad
1	principal	acero inox	1
2	tapa	poliestireno	1
3	soporte	acero inox	1



Planos



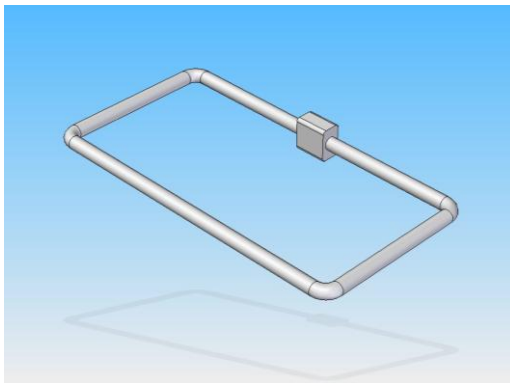
	Descripción: Explosionado	Fecha: 13/08/10
	Equipo: Cajon	Unidades: mm
	Proyecto: UCIM MANTA	Escala:

Fuente: Autor.

Manubrio. Es un accesorio diseñado para controlar el desplazamiento del equipo desde cualquier cara de éste.

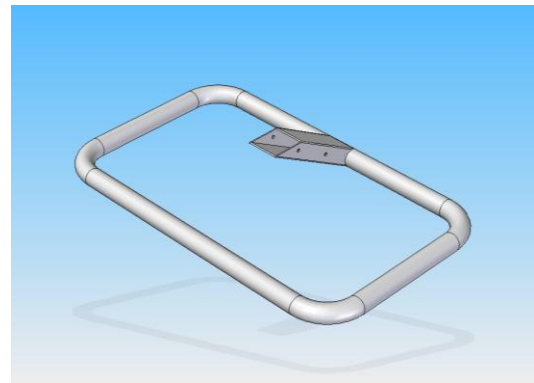
Este fue un elemento que no cambio sustancialmente en esta etapa de diseño, inicialmente era más delgado y no se había definido su sujeción (figura 120), entonces se ajustó la proporción, se aumentó el diámetro del agarre y se definió su sistema de sujeción (figura 121 y 122).

Figura 120. Manubrio inicial



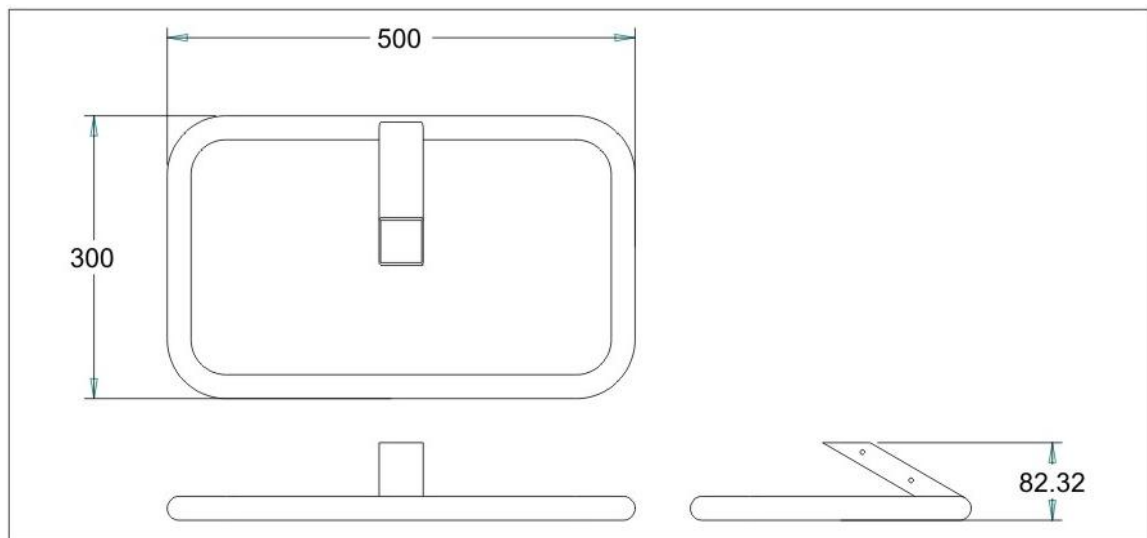
Fuente: Autor.

Figura 121. Manubrio final



Fuente: Autor.

Figura 122. Dimensiones manubrio

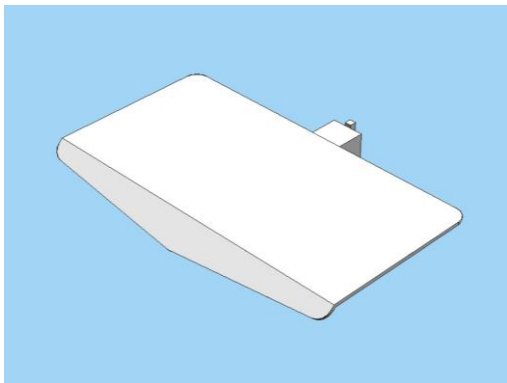


Fuente: Autor.

Superficie. Es un accesorio que permite sobreponer objetos que se estén usando para el tratamiento de un paciente en estado crítico, también se puede usar para la preparación de medicamentos.

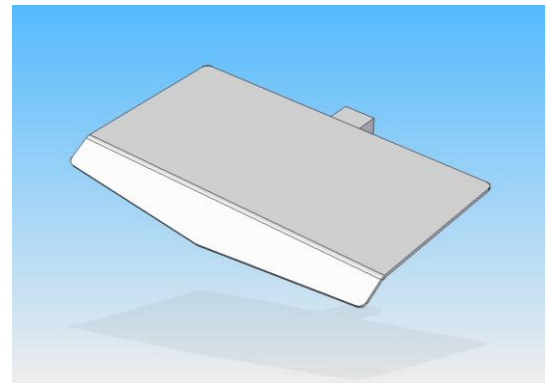
Este es un elemento que no cambio sustancialmente, se ajustó a la proporción del producto y se definió su estructura, se ajusta en un soporte extendido (figuras 123, 124 y 125).

Figura 123. Soporte superficie inicial



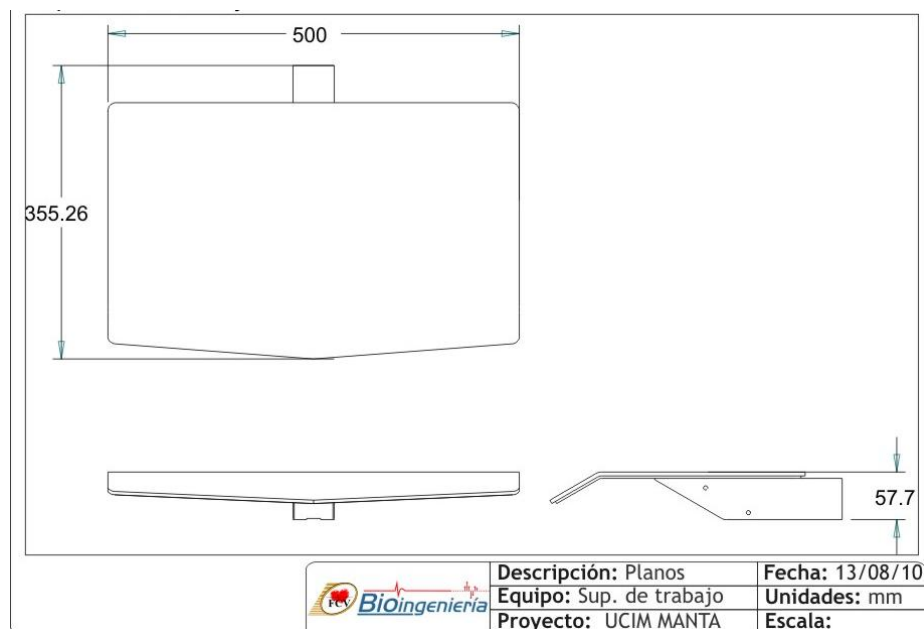
Fuente: Autor.

Figura 124. Soporte superficie final



Fuente: Autor.

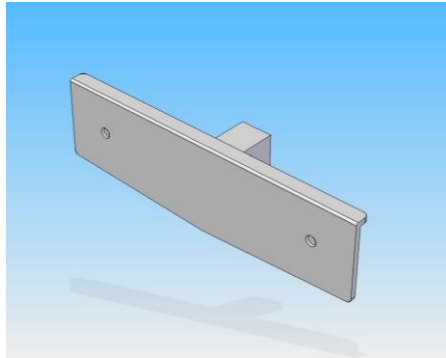
Figura 125. Dimensiones superficie



Fuente: Autor.

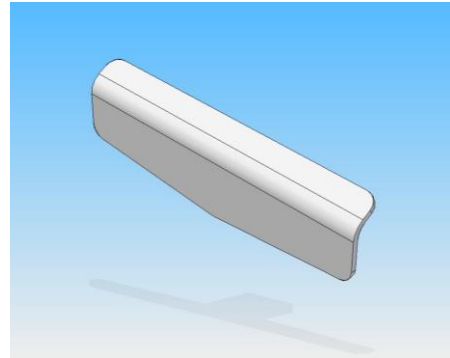
Porta reservorios. Es un accesorio que permite la sujeción de recipientes de succión, los cuales usan el vacío proveniente del panel de gases, la necesidad de este accesorio se descubrió en la observación de campo (figuras 126, 127 y 128).

Figura 126. Porta reservorios inicial



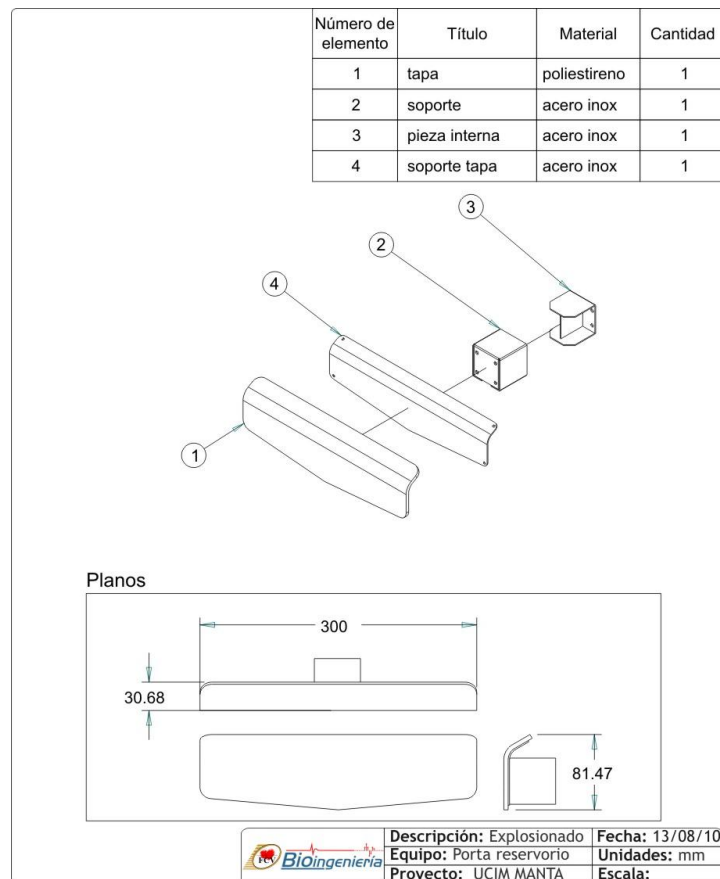
Fuente: Autor.

Figura 127. Porta reservorios final



Fuente: Autor.

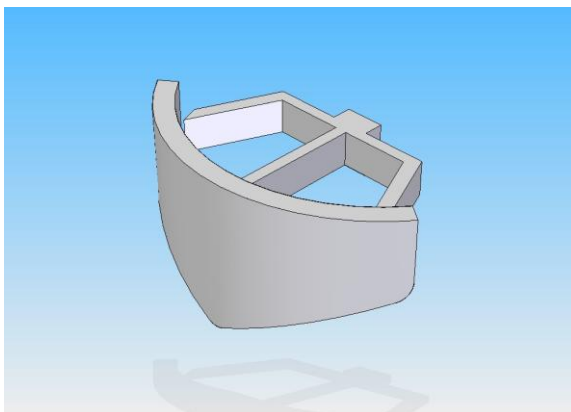
Figura 128. Dimensiones y Explosión del porta reservorio



Fuente: Autor.

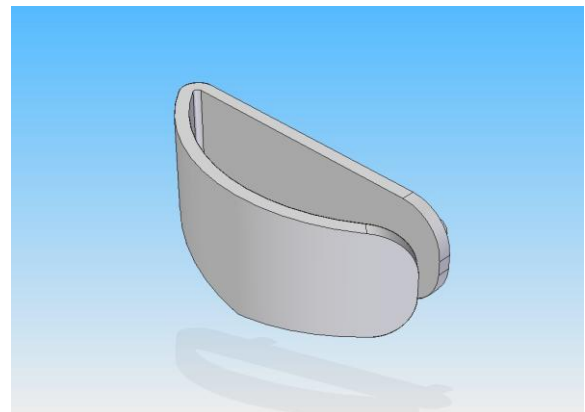
Sujetacables. Es un accesorio diseñado para ordenar los cables de los equipos médicos que hagan parte del producto, de esta manera se mantiene la estética del equipo. Inicialmente el sujetacables se planteaba en dos piezas (figura 129), para el nuevo diseño se unificó en una pieza de poliestireno para reducir piezas y hacer mas practico su ensamble. (Figura 130 y 131)

Figura 129. Sujetacables inicial



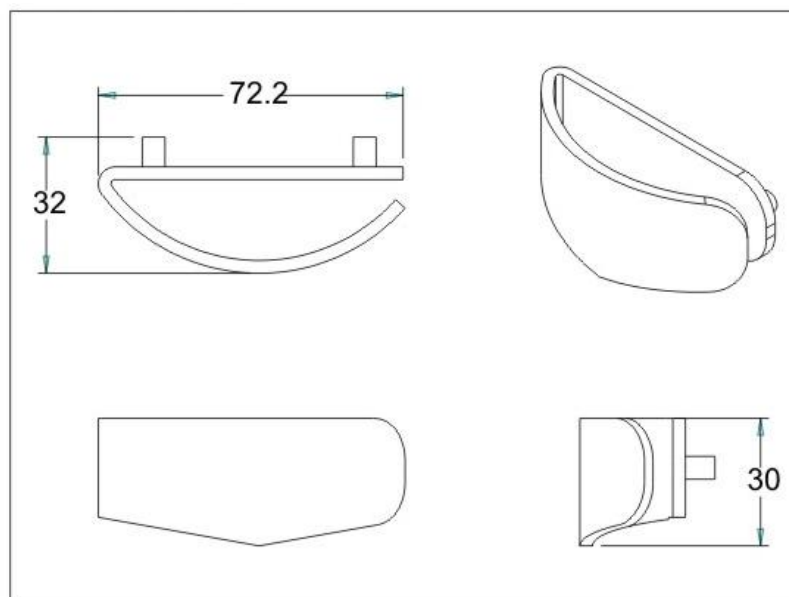
Fuente: Autor.

Figura 130. Sujetacables final



Fuente: Autor.

Figura 131. Dimensiones sujetacables

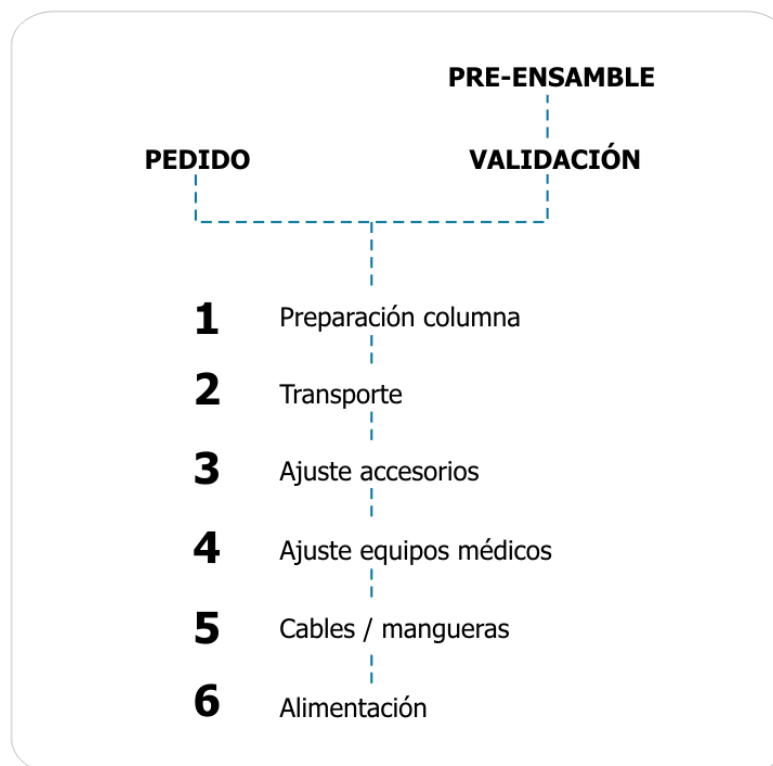


Fuente: Autor.

4.3 ENSAMBLE

El ensamble del equipo se plantea de tal forma que una sola persona lo pueda realizar y que reduzca su tiempo de ensamble con respecto a las UCIM 1200, para esto se usan piezas preensambladas, que en este caso serían los equipos médicos y accesorios que componen el equipo. (Figura 132)

Figura 132. Ensamble del producto



Fuente: Autor.

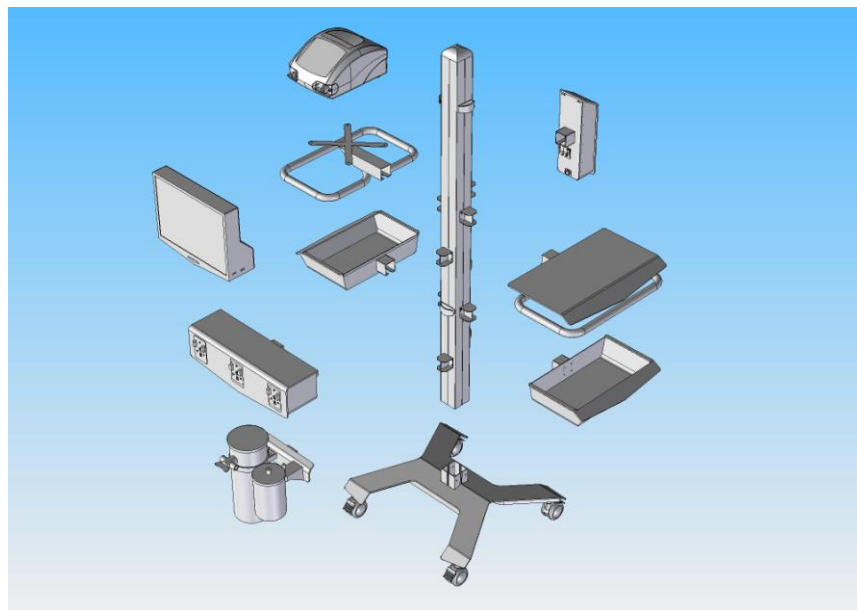
Después de que el cliente pida el equipo a la medida, es decir con los equipos médicos y accesorios que su clínica requiera, y después de validar las piezas que llegan del proveedor de manufactura, comenzaría el proceso de ensamble:

1- Ajustar las piezas internas del soporte general a la columna de aluminio, en las alturas respectivas.

2- Llevar la estructura, equipos médicos y accesorios de la UCIM por separado al sitio de entrega, de esta manera se reduce el volumen y costos de envío del equipo.

3- Ajustar los accesorios en la columna, haciendo coincidir la pieza interna del soporte, fijado en la columna, con la pieza externa del soporte, fijado en el accesorio. (Figura 133)

Figura 133. Vista explosionada producto



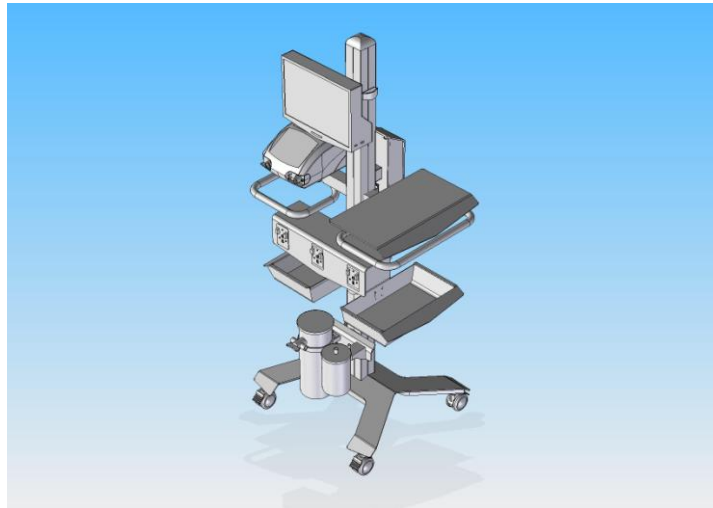
Fuente: Autor.

4- Ajustar los equipos médicos a sus respectivos soportes.

5- Instalar los equipos médicos al panel de gases y eléctrico, pasando los cables y mangueras por los sujetacables. (Figura 134)

6- Alimentar el panel de gases y eléctrico con los suministros de la habitación.

Figura 134. Perspectiva producto



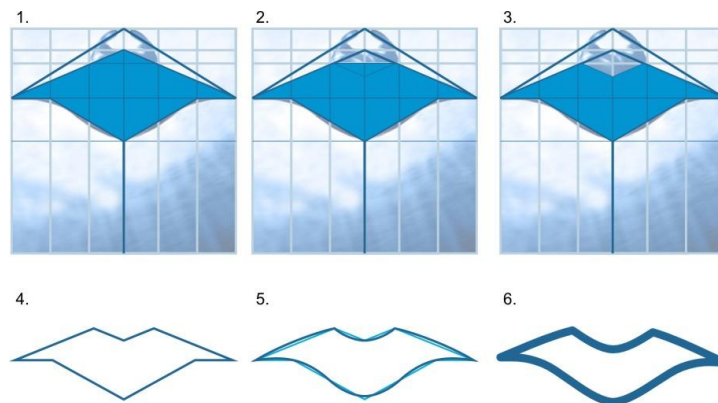
Fuente: Autor.

4.4 ARTES FINALES

En esta etapa se desarrolla el contenido visual del equipo, para crear una identidad del producto e indicar las funciones del equipo.

4.4.1 Marca del producto. Es la imagen con la que se va identificar el producto en el mercado, se inicio con una abstracción geométrica de la manta raya en la cual gradualmente se llega una forma que identifica a éste pez y que también comunica la simetría y flexibilidad del equipo (figura 135).

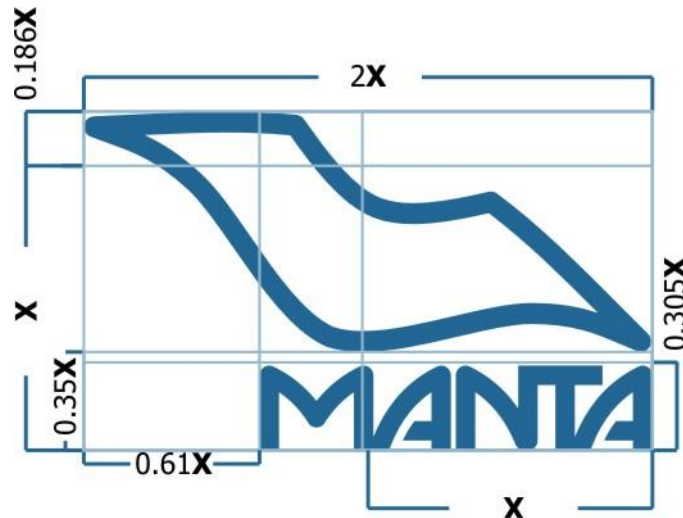
Figura 135. Abstracción geométrica de la manta raya.



Fuente: Autor.

Posteriormente se desarrolla una tipografía coherente con la abstracción de forma, se aplican las proporciones de la manta raya y se interrelacionan estos elementos (figura 136). La visualización final del logotipo y sus variaciones se aprecian en la figura 137.

Figura 136. Proporciones logotipo



Fuente: Autor.

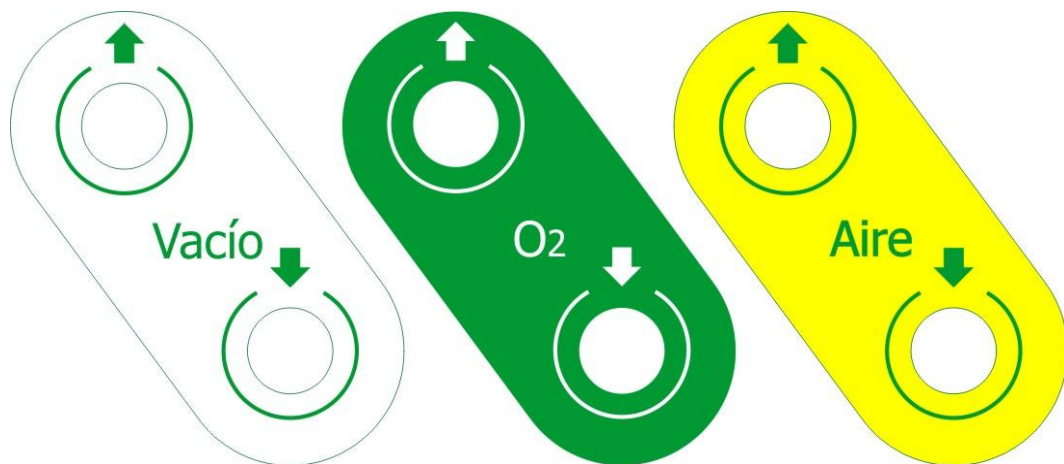
Figura 137. Logotipo Manta



Fuente: Autor.

4.4.2 Etiquetas. Para la mejor comprensión del equipo se requiere diseñar unas etiquetas que indiquen las entradas y salidas de los gases medicinales, los iconos están basados en la norma AAMI de factores humanos (Figura 137).

Figura 138. Etiquetas panel de gases



Fuente: Autor.

5. INGENIERIA DE PRODUCTO

Comprende los trabajos que posibilitan el paso de la fase de diseño a la fase industrial y de producción. Se trata de un proceso iterativo en el que la solución técnica se convertirá progresivamente en una solución fabricable.

5.1 PRUEBAS DE RESISTENCIA

En esta etapa se analiza la resistencia mecánica del producto, por medio de software CAE, para verificar la efectividad del diseño, posteriormente se puede retroalimentar la forma y/o las dimensiones de las piezas analizadas.

Ingeniería asistida por computadora o por ordenador (CAE, del inglés Computer Aided Engineering) es el conjunto de programas informáticos que permiten analizar y simular los diseños de ingeniería realizados con el ordenador, o creados de otro modo e introducidos en el ordenador, para valorar sus características, propiedades, viabilidad y rentabilidad. Su finalidad es optimizar su desarrollo y consecuentes costos de fabricación y reducir al máximo las pruebas para la obtención del producto deseado.¹¹

Se realizaron pruebas a todos los componentes estructurales del equipo los cuales se pueden ver a detalle en los anexos de este documento, a continuación se presenta el análisis realizado para una distribución de UCIM con los siguientes componentes:

- Monitor de signos vitales
- Ventilador mecánico
- Panel eléctrico
- Panel de gases

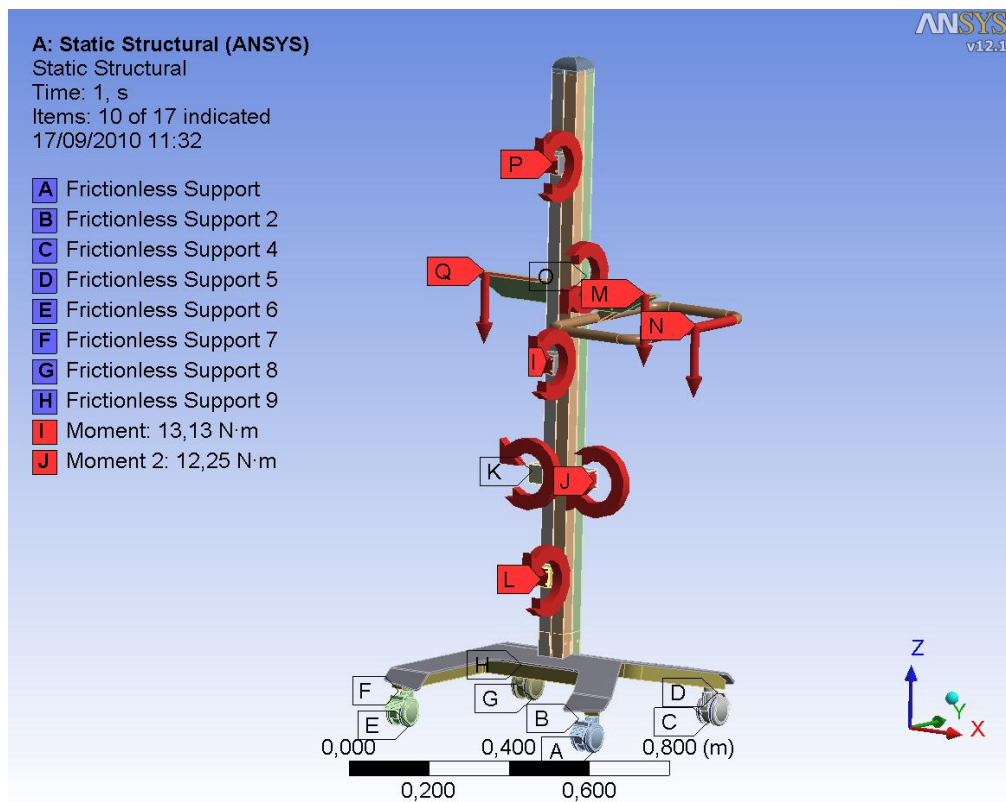
¹¹ GARZON GAITAN CARLOS ALBERTO, Sistemas integrados de información para producción, 2001

- Superficie
- Manubrio
- Almacenamiento
- Succión

Lo primero que se debe hacer es realizar cálculos estáticos de manera manual, los cuales se pueden apreciar en los anexos de este documento, para determinar los momentos que cada componente aplica sobre la estructura.

Posteriormente se importa la geometría al software de análisis y se aplican las fuerzas calculadas en la posición correspondiente y se definen las superficies de apoyo (figura 139).

Figura 139. Aplicación de fuerzas, CAE



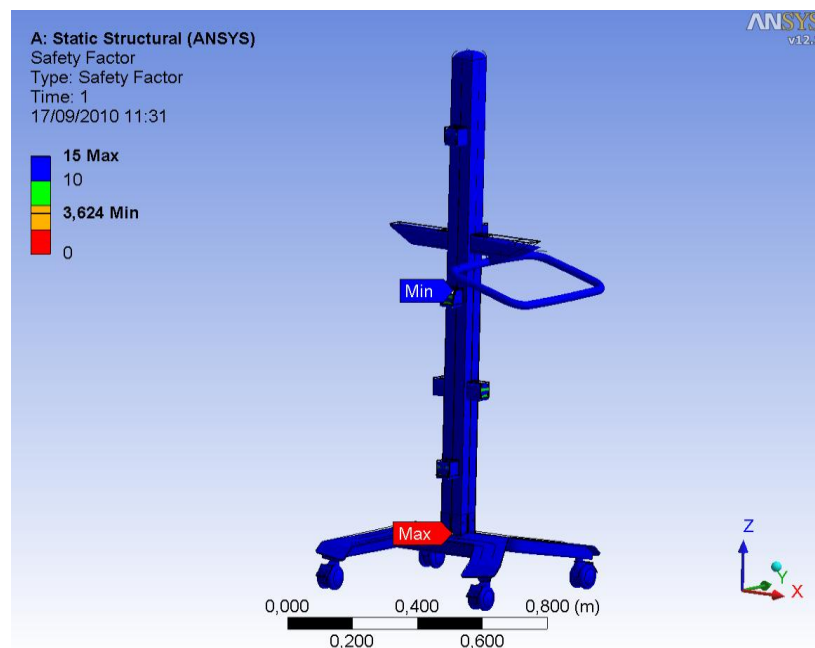
Fuente: Autor.

Después se le da la orden al software de calcular, en este caso, el factor seguridad y la deformación total.

“La máxima carga que puede soportar un elemento estructural o un componente de maquinaria en condiciones normales de uso es considerablemente más pequeña que la carga última. Esta carga mas pequeña se conoce como la *carga permisible*”...”La razón de la carga ultima a la carga permisible se emplea para definir el *factor seguridad*”.¹²

“La selección del factor seguridad que debe usarse en distintas aplicaciones es una de las tareas más importantes de los ingenieros. Por una parte si el factor de seguridad se elige demasiado pequeño, la posibilidad de falla se torna inaceptablemente grande; por otra si se elige demasiado grande, el resultado es un diseño caro o no funcional”.¹²

Figura 140. Factor seguridad, CAE



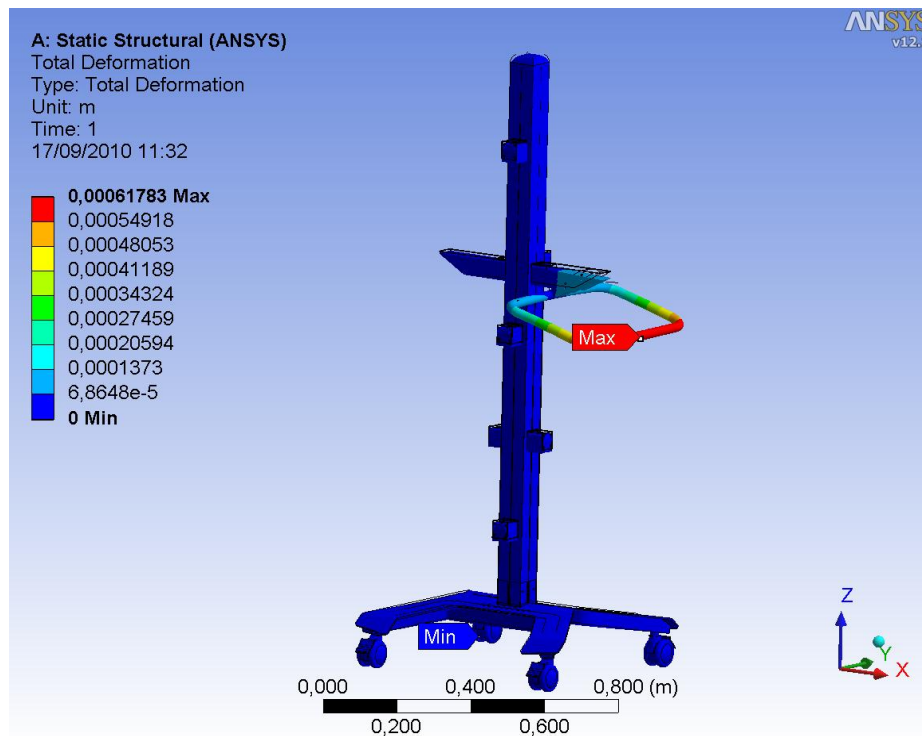
Fuente: Autor.

¹² Mecánica de materiales, tercera edición, Ferdinand p. Beer, Russell Johnston Jr, John Dewolf, Editorial Mc. Graw Hill., 2004.

En la figura 140, se puede apreciar que el factor seguridad mínimo de la estructura es de 3,6 y se encuentra en un pequeño punto de la pieza externa del soporte general, la mayoría de la estructura se encuentra en factor seguridad 15, esto quiere decir que la estructura resiste satisfactoriamente las cargas a soportar y puede soportar más peso de lo esperado, esto es bueno ya que puede resistir equipos médicos de mayor peso.

En la figura 141, se puede apreciar que la deformación máxima es de 0,0006 m ó 0,61 mm y se encuentra en el manubrio, esta distancia es admisible para nuestro diseño y el resto de la estructura presenta deformaciones inferiores.

Figura 141. Deformación total, CAE



Fuente: Autor.

Con el análisis del factor seguridad y la deformación total de las piezas y el conjunto se aprueba el diseño estructural del equipo.

5.2 ESPECIFICACIONES

El diseño de la UCIM Manta está finalizado (Figura 142). En esta etapa se presentan características específicas del producto tales como dimensiones, componentes y características representativas que lo hacen un producto competitivo y altamente comercial.

Figura 142. Perspectivas diseño final

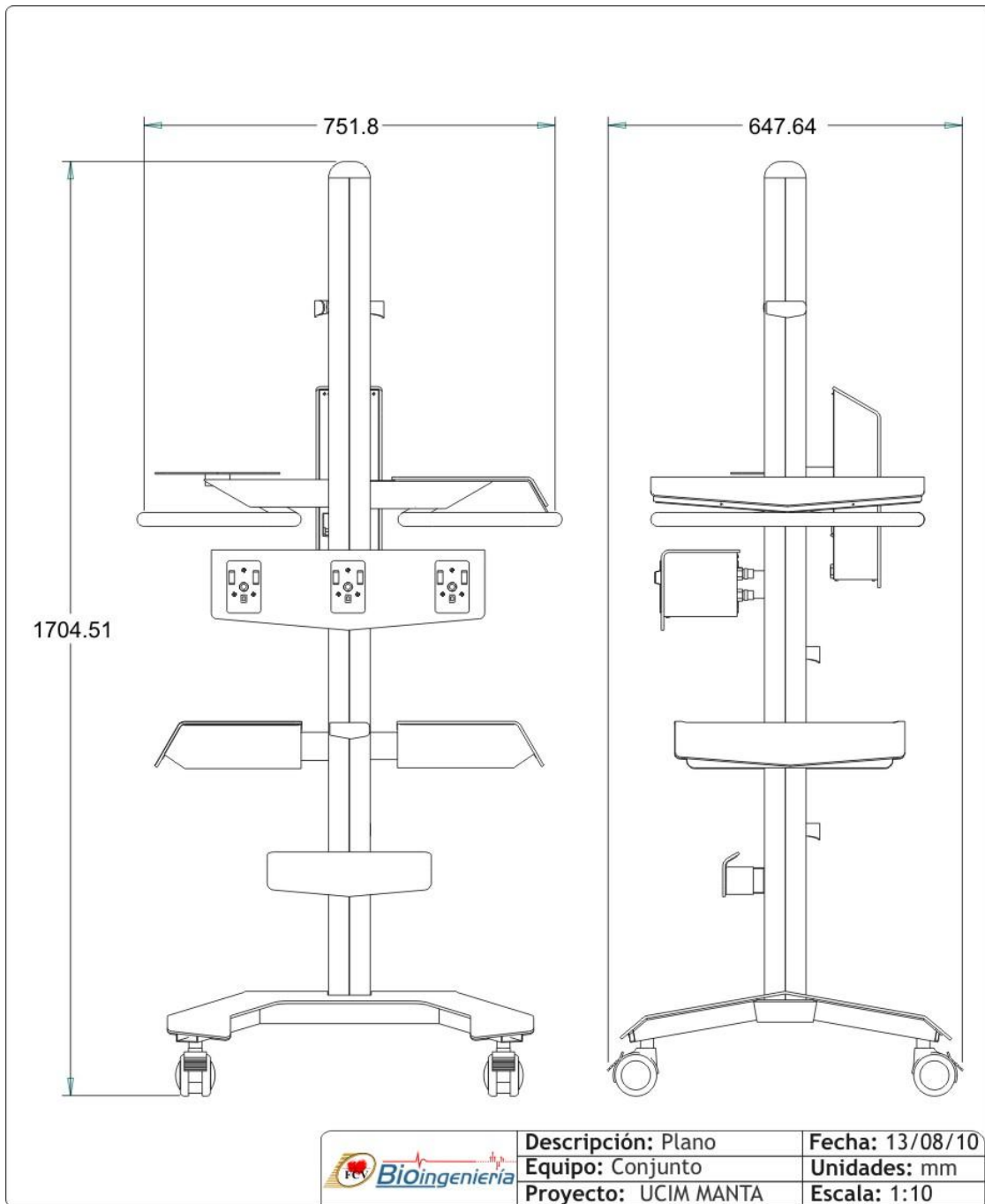


Fuente: Autor.

5.2.1 Dimensiones. Se muestran los planos esquemáticos del equipo para comprender el área que ocupa (Figura 143).

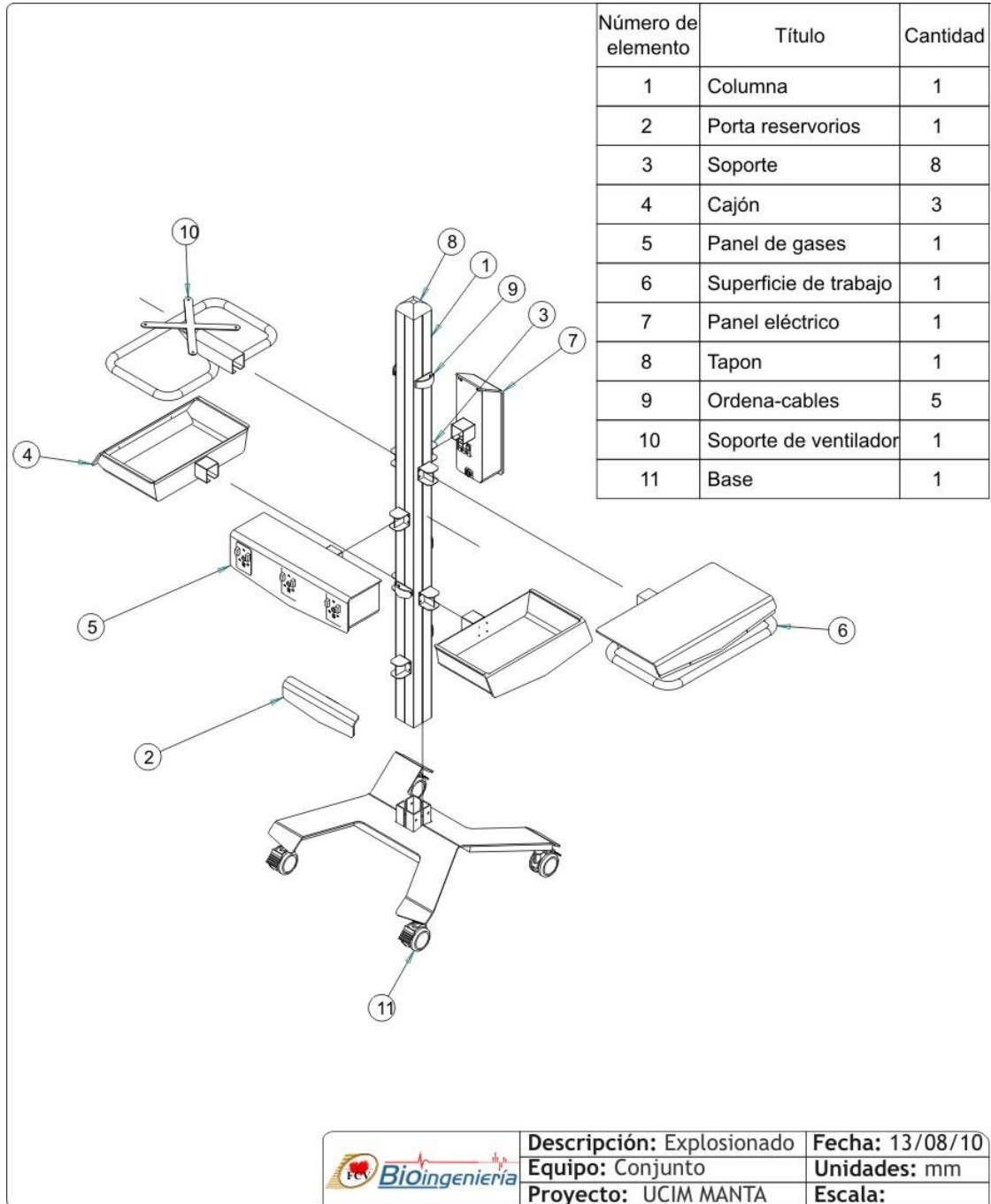
5.2.2 Componentes. Es un diagrama del producto en el cual se muestra, en este caso, los diferentes elementos preensamblados que componen al equipo (Figura 144).

Figura 143. Dimensiones UCIM Manta



Fuente: Autor.

Figura 144. Componentes UCIM manta



Fuente: Autor.

5.2.3 Características. La UCIM manta tiene características representativas que lo hacen un producto competitivo y altamente comercial. Mejora la productividad, abre nuevos mercados y tiene un bajo impacto ambiental.

5.2.3.1 Proceso productivo. El diseño aumenta la productividad del proceso de producción ya que se introduce el concepto de elementos semiacabados o estandarizados, se simplifica el montaje de los componentes del equipo y finalmente se reduce el número de piezas de la estructura.

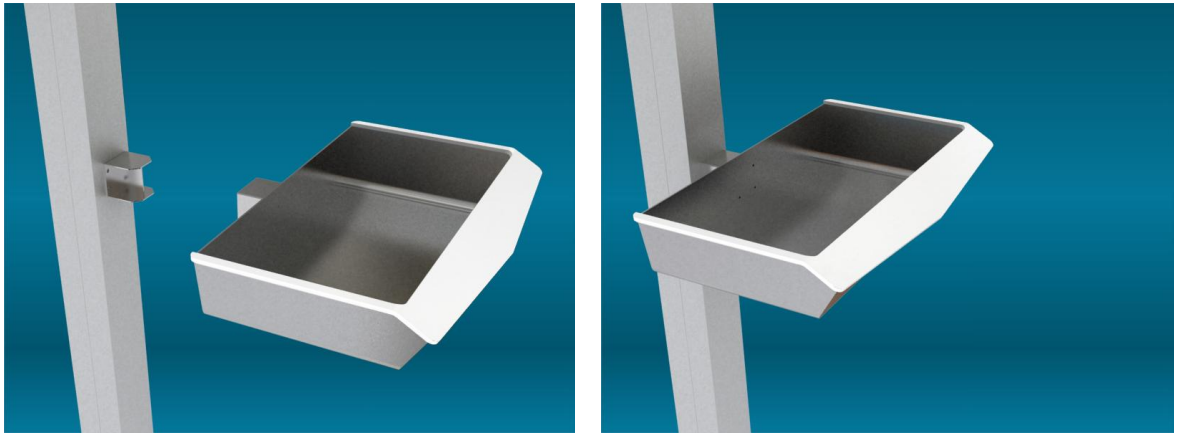
Elementos estandarizados. El equipo se compone de elementos semiacabados ó pre-ensamblados, tal como se puede apreciar en la figura 144, la inclusión de estos elementos no solo facilitan el proceso de montaje, sino que aumentan la gama de productos fabricados adaptándolos a las necesidades del consumidor.

Facilidad de montaje. Los elementos pre-ensamblados tienen la contraparte del soporte ajustado a la columna, y por lo tanto el montaje es de solo dos pasos: introducir el accesorio en su lugar y asegurarlo con un elemento pasante. Este modelo de ensamble fue diseñado para que una sola persona lo pueda realizar, ya que se planea enviar el equipo desarmado para disminuir costos de envío y en el lugar de entrega un técnico de mantenimiento llevaría a cabo el ensamble con solo una llave Bristol y un destornillador. (Figura 145)

Reducción del número de piezas. La estructura se simplifica al máximo, reduciendo la cantidad de piezas y material que lo conforman, consiguientemente, los procesos de fabricación y montaje se simplifican, y se consigue una considerable reducción del peso. (Figura 146)

5.2.3.2 Fortalecimiento de mercado. El equipo se hizo más útil incorporando diferentes accesorios que brindan diferentes funciones, de esta manera se superan las expectativas del cliente y se fortalece el mercado.

Figura 145. Montaje de accesorios



Fuente: Autor.

Figura 146. Paralelo de estructuras



Fuente: Autor.

Cada cliente es diferente, por lo tanto este equipo se diseñó para satisfacer el cliente mas exigente, se logra por la manera de vender el equipo, el concepto de venta es que el cliente tenga la posibilidad escoger los accesorios que quiera incluirle a la estructura del equipo, según las necesidades de su clínica.

La estructura es independiente de los accesorios, por lo tanto se permite diferentes distribuciones para un mismo equipo (figura 147).

Figura 147. Concepto de venta



Fuente: Autor.

Todos los equipos destinados a una UCI deben tener un monitor de signos vitales, un ventilador mecánico, un panel eléctrico, un panel de gases, un manubrio y reservorios, estos elementos se tiene en común en las diferentes distribuciones que se muestran a continuación.

Distribuciones para habitación sencilla. Son configuraciones diseñadas para brindar servicio a un solo paciente, a continuación se muestran dos posibles configuraciones, la distribución 1 cuenta con una superficie de trabajo, un atril pequeño y cajones de acceso rápido (figura 148). La distribución 2 cuenta con un modulo de almacenamiento grande y un atril de mayor capacidad. (Figura 149).

Figura 148. Distribución sencilla 1



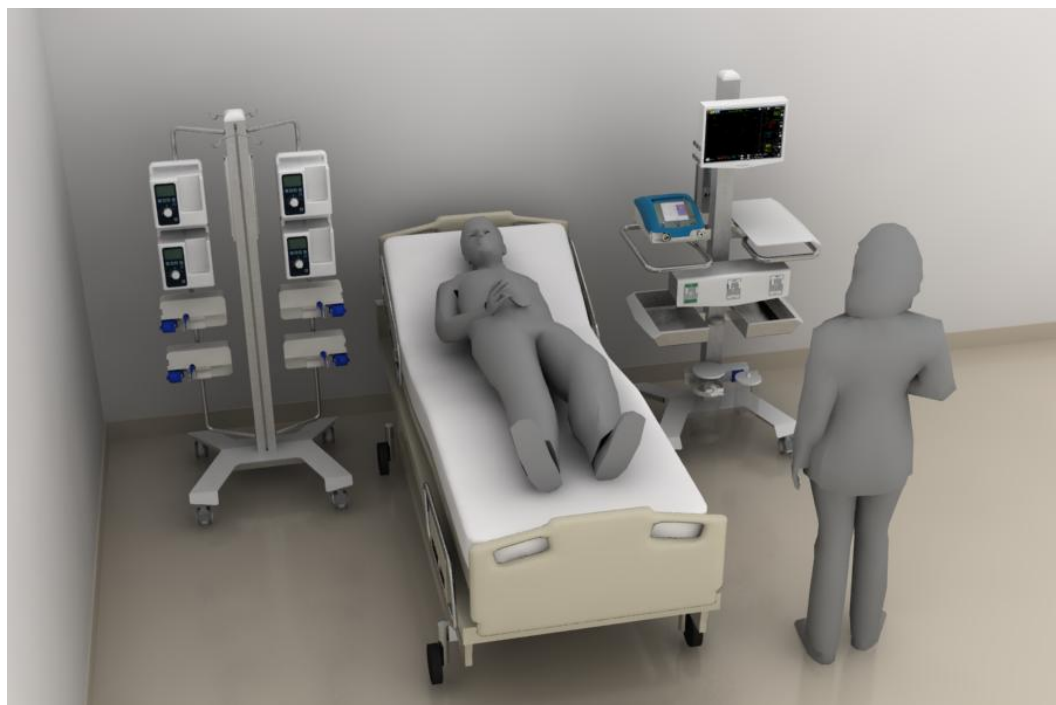
Fuente: Autor.

Figura 149. Distribución sencilla 2



Fuente: Autor.

Figura 150. Distribución habitación sencilla



Fuente: Autor.

En la figura 150, se presenta el equipo brindando servicio en una habitación sencilla.

Distribuciones para habitación doble. Son configuraciones diseñadas para brindar servicio a dos pacientes, ahorrando espacio en la habitación, a continuación se muestra una posible configuración que cuenta con accesorios dobles de monitor de signos vitales, ventilador mecánico, panel de gases, cajón de acceso rápido y reservorios. (Figura 151)

Figura 151. Distribución doble

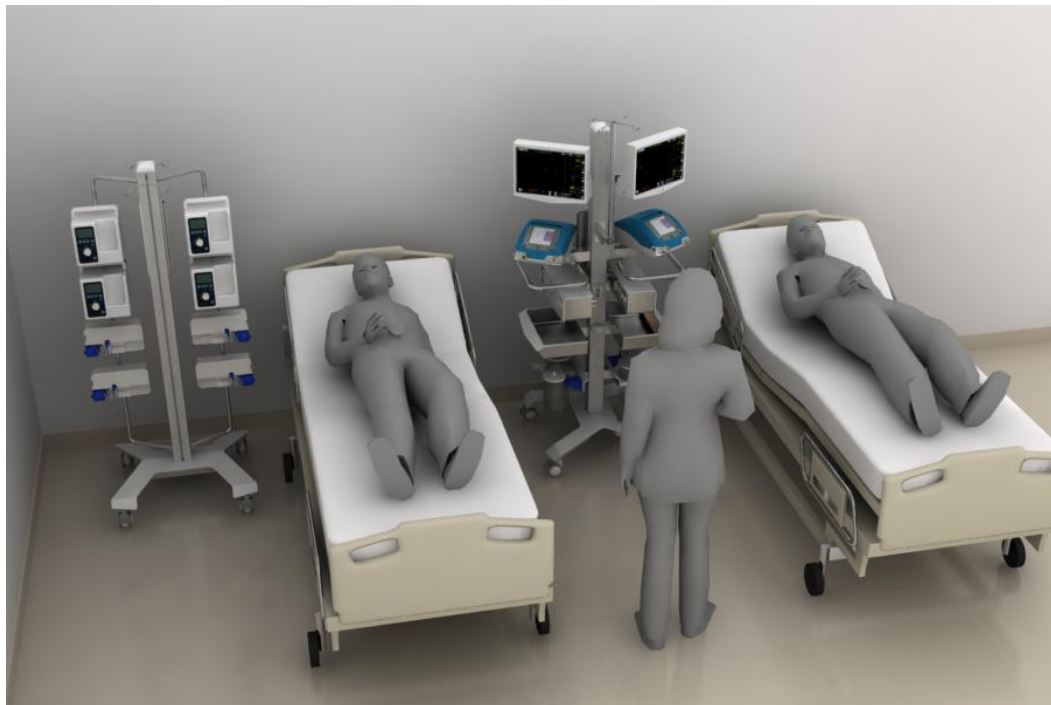


Fuente: Autor.

En la figura 152, se presenta el equipo brindando servicio en una habitación doble.

Estos son ejemplos de las diferentes distribuciones que se pueden lograr con el equipo, la visión es que a mediano plazo se amplíe la carta de accesorios para satisfacer más necesidades clínicas y así conquistar nuevos mercados nacionales e internacionales.

Figura 152. Distribución habitación doble



Fuente: Autor.

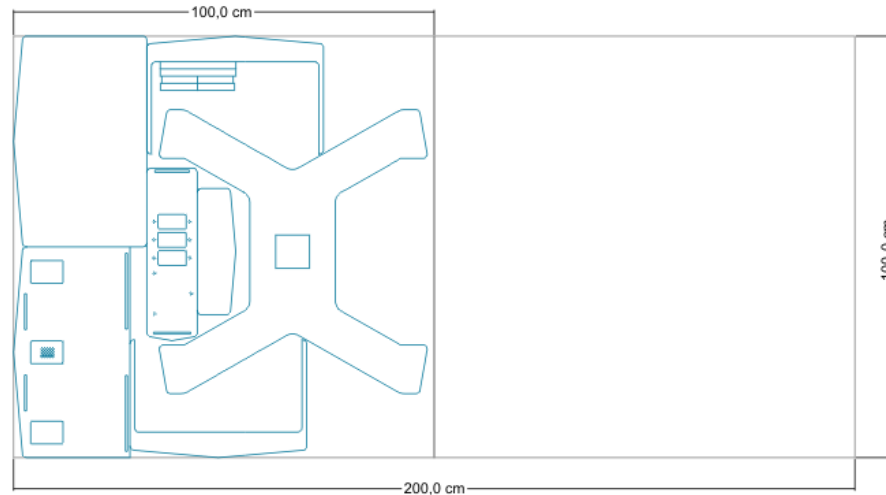
5.2.3.3 Bajo impacto ambiental. El proceso de diseño de la UCIM manta estuvo orientado a lograr un bajo impacto ambiental, se logro por medio de bajo consumo de materias primas, mínima cantidad de embalaje y usando materiales duraderos y reciclables.

Bajo consumo de materias primas. Se llevo a cabo por medio de la minimización de desperdicio de los materiales:

- El perfil de aluminio de 6 metros, se dividió en 4 secciones de igual longitud para la obtención de una columna resistente de 1,5 metros con cero desperdicio.
- Los componentes de poliestireno fueron restringidos al área de media lámina, para permitir la realización de las superficies de dos equipos con una lamina,

por medio de corte láser se minimiza el desperdicio, en la figura 153 se puede apreciar el plano de corte de este material en proporción de la lamina completa.

Figura 153. Líneas de corte del poliestireno



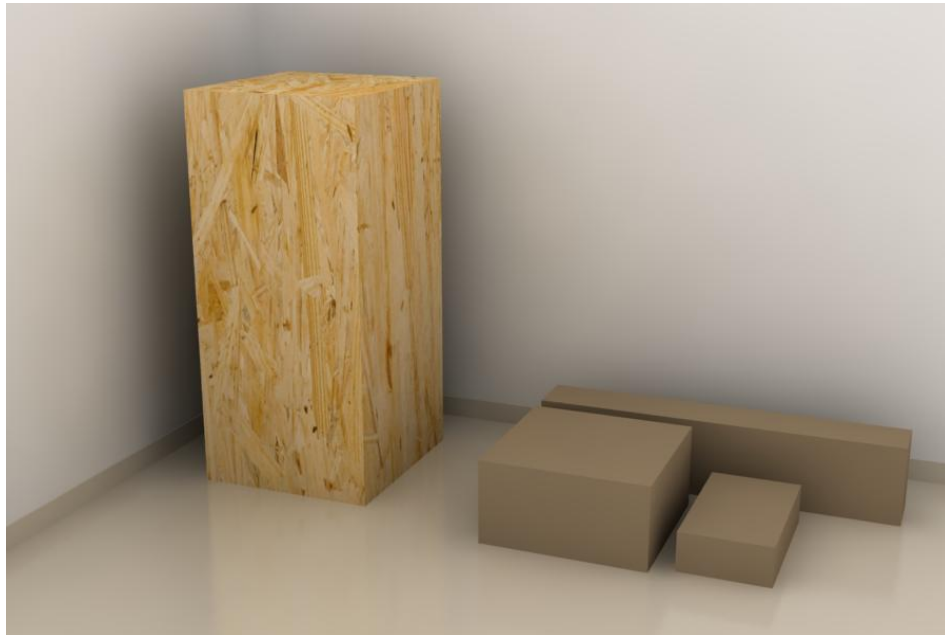
Fuente: Autor.

Mínima cantidad de embalaje. La característica de accesorios externos hace posible cambiar la manera en que se envía un equipo, ya que el embalaje de la UCIM 1200 es un guacal de madera de su mismo volumen, mientras que la UCIM Manta se puede enviar en cajas de cartón. (Figura 154)

Por lo tanto la reducción del volumen del equipo, más adelante se encuentran los datos específicos, conlleva a otros beneficios tales como:

- Reducción en el material de embalaje.
- Reducción en el combustible de transporte
- Minimización de daños ó desajustes causados por las vibraciones.

Figura 154. Comparación volumen de embalaje



Fuente: Autor.

Materiales duraderos y reciclables. El equipo se diseñó para favorecer el ciclo de vida útil lo más largo posible, usando materiales duraderos y al mismo tiempo reciclables:

- Aluminio: no oxidable, no recubrimiento, reciclable.
- Acero inoxidable: no oxidable, no recubrimiento, reciclable.
- Poliestireno: resistente, reciclable.

5.3 COSTOS

Para el análisis de costos se analiza la distribución sencilla 1, mostrada anteriormente, sin equipos médicos (figura 155), se supone que un cliente desea el equipo de ésta manera, ya que posee ventilador pulmonar y monitor de signos vitales.

Los costos están realizados bajo el modelo de Bioingeniería FCV, el cual consiste en la subcontratación de una empresa para la manufactura de los componentes.

Figura 155. Distribución 1 sin equipos médicos



Fuente: Autor.

Se calcula el costo para cada componente individualmente incluyendo: la cotización de la empresa manufacturera y componentes adicionales para su funcionamiento, posteriormente se adiciona el costo de la mano de obra dentro de la empresa y los costos indirectos de fabricación (CIF), de esta manera se calcula el costo unitario del equipo en distribución 1 sin equipos médicos (tabla 22), luego se calcula el precio de venta a mayoristas y público en general, por medio de formulas económicas (figura 156).

El margen de utilidad para el precio al público es de 40% mientras que éste margen para los distribuidores mayoristas es de 25% para permitirles una ganancia del mismo porcentaje y mantener el mismo precio de venta. Comparando con la UCIM 1200, modelo actual del equipo, los costos se reducen un 30%, con mejores materiales y posibilidad de diferentes distribuciones, esto es debido al cambio de concepto en la estructura del equipo.

Tabla 22. Costos de distribución sencilla 1, sin equipos médicos

Tipo	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo parcial	Subtotal
Materiales	Columna	Unidad	1	40.000	40.000	
	Base	Unidad	1	149.882	149.882	
	Tapón de columna	Unidad	1	7.500	7.500	
	Soporte General	Unidad	6	4.284	25.704	
	Soporte General extendido	Unidad	2	7.956	15.912	
	Soporte ventilador Airox	Unidad	1	6.426	6.426	
	Panel de gases	Unidad	1	1.153.358	1.153.358	
	Panel Eléctrico	Unidad	1	197.154	197.154	
	Cajón	Unidad	2	42.258	84.516	
	Manubrio	Unidad	2	37.500	75.000	
	Superficie	Unidad	1	30.775	30.775	
	Porta-succión y canisters	Unidad	1	37.224	37.224	
	Sujetacables	Unidad	4	3.000	12.000	1.835.452
	Mano de obra	mano de obra producción	hora	10	7.582	75.820
CIF		hora	10	12.803	128.030	203.850
Otros	Validación	Unidad	1	91.000	91.000	
	Mercadeo	Unidad	1	9.416	9.416	
	Seguro	Unidad	1	19.444	19.444	
	Manual de usuario	Unidad	1	15.000	15.000	134.860
Costo unidad						2.174.162
Precio de venta a mayorista (utilidad 25%)						2.898.882
Precio de venta al público (utilidad 40%)						3.623.603
* Los precios no incluyen IVA						

Fuente: Autor.

Figura 156. Formulas para costos

$$PV_m = \frac{CU}{1 - MU_m} = \frac{2'174.161}{1 - 0,25} = 2'898.882$$

$$PV_p = \frac{CU}{1 - MU_p} = \frac{2'174.161}{1 - 0,4} = 3'623.602$$

PV = Precio de venta
 CU = Costo unitario
 MU = Margen de utilidad
 X_m = Mayorista
 X_p = Publico

Fuente: Autor.

Para calcular el punto de equilibrio del proyecto, es el nivel de ventas en el cual los ingresos obtenidos son iguales a los costos de producción, dicho de otro modo, es el nivel de ventas en el cual la empresa ni gana ni pierde. Es necesario conocer los costos administrativos del proyecto (tabla 23).

Tabla 23. Costos administrativos

Requerimiento	Tipo	Tiempo (Horas) / Cantidad	V. Total
Desarrollos			
Industrial	Ingeniero	1350	\$16.200.000
Practicante DI	Técnico	1350	\$5.400.000
Licencias	Recurso tecnológico	1350	\$810.000
Equipo de computo	Recurso tecnológico	1350	\$405.000
Subtotal			\$22.815.000
Verificación			
Informe y pruebas de verificación	Configuración	40	\$240.000
Documentación	Informes	40	\$240.000
Subtotal			\$480.000
Validación			
Validación de Metrología	Informes	5	\$30.000
Equipo de computo	Recurso tecnológico	20	\$6.000
Subtotal			\$36.000
Subtotal			\$23.331.000
Modelo funcional			\$1.000.000
Prototipo			\$1.000.000
Transferencia interna 30%			\$6.999.300
Total			\$32.330.300
Valor Hora de desarrollo	\$12.000		
Valor Hora Técnico	\$4.000		
Valor Hora Informes y Config.	\$6.000		
Valor Hora Tecnólogo de Metrología /Producción	\$6.000		
Valor Hora licencia	\$600	valor original/vida útil	
Valor Hora Equipo de computo	\$300	valor original/vida útil	

Fuente: Autor.

Posteriormente se calcula el punto de equilibrio, suponiendo que la mitad de los equipos sean vendidos directamente y la otra mitad por medio de un distribuidor mayorista. Para igualar los costos administrativos del proyecto se requiere una venta de 30 equipos en la modalidad mencionada, las ventas posteriores son ganancia para la empresa (tabla 24).

Tabla 24. Punto de equilibrio



Descripción	Costo	Cantidad	Subtotal
Utilidad con precio al público	1.449.441	15	21.741.616
Utilidad con precio a mayorista	724.721	15	10.870.808
Cantidad de equipos a vender		30	
		Utilidad total	32.612.424
		costo administrativo	32.330.300
		Adicional	282.124
		Costo unidad	2.174.162
Precio de venta a mayorista (utilidad 25%)			2.898.882
Precio de venta al público (utilidad 40%)			3.623.603

Fuente: Autor.

5.4 PARALELO CON LA UCIM 1200

Para mostrar las mejoras del equipo se realiza un paralelo con el modelo anterior, en el cual se analizan diferentes categorías de características. (Tabla 25)

Tabla 25. Paralelo con la UCIM 1200

Características		UCIM Manta	UCIM 1200
Imagen			
De uso	Movilidad	Zona de agarre: 360 grados	Zona de agarre: 90 grados
	Estación de trabajo	Superficie de trabajo: Amplia	Superficie de trabajo: reducida
De función	Concepto	Modular	Integrado
	Servicios	Monitor de signos vitales	Monitor de signos vitales
		Ventilador pulmonar	Ventilador pulmonar
		Panel de gases	Panel de gases
		Panel eléctrico	Panel eléctrico
		Superficie de trabajo	Superficie de trabajo
Almacenamiento grande	Almacenamiento grande		

		Almacenamiento acceso rápido	Atril grande
		Atril grande	Soporte de bala
		Atril pequeño	
		Soporte de bala	
		Soporte de humidificador	
		Soporte canister de succión	
		Ordena cables	
		Lámpara	
		Cámara web	
		Otros	
	Variaciones del producto	Aplica Se ajusta a las necesidades del usuario	Limitado por la estructura Pocas posibilidades de variación
Ergonómicos	Posturas de trabajo	Erguida	Erguida y sedente
	Distribución de sistemas	Flexible Se puede ubicar la posición de los elementos acorde a las características antropométricas del usuario	Rígido La posición de los elementos no varía
De estructura	Materiales	No oxidables y perdurables	Oxidables y degradables
	Peso	Reducción cantidad de material utilizado Reducción numero de partes Peso: 40 kilos	Peso: 90 kilos
	Dimensiones	170*75*65 cm	170*77*70 cm
Técnico productivas	Ensamble	Tiempo estimado: 10 horas Componentes pre-ensamblados	Tiempo estimado: 90 horas Estructura pre-ensamblada Componentes dentro de la estructura
	Soporte técnico	Rápido acceso a componentes Sistemas externos e independientes	Acceso complejo a componentes Sistemas internos y entrelazados
	Transporte	Embalaje en 3 cajas. Dimensiones: 70*68*35 cm 157*23*34 cm 37*63*17 cm Volumen: 0,328 metros cúbicos	Embalaje de equipo en guacal. Dimensiones: 172*79*84 cm Volumen: 1,15 Metros cúbicos.

De mercado	Exportación	Sistemas tipo accesorio, Posibilidades de elección para el cliente.	Sistemas internos, Posibilidad de elección limitada para el cliente.
		Referencia de normas internacionales	No aplica
	Costo de fabricación	\$ 2.100.000	\$ 3.100.000
Formal - estéticas	Estética	Estilo moderno acorde en contexto medico.	Estética pobre
	Limpieza	Superficies fáciles de limpiar	superficies fáciles de limpiar
Impacto ambiental		Menor peso, reducción del consumo de materias primas.	No aplica
		Aprovechamiento del formato del material, minimizar desperdicios.	No aplica
		reducción en el volumen para transportar	No aplica
		reducción del material de embalaje	No aplica

Fuente: Autor.

5.5 MODELO FUNCIONAL

El alcance planteado para este proyecto fue llegar a un modelo funcional de un sistema de asistencia y monitoreo para pacientes en la unidad de cuidados intensivos, que incluye modelo funcional de panel eléctrico, panel de gases, superficie de trabajo y sistemas de sujeción.

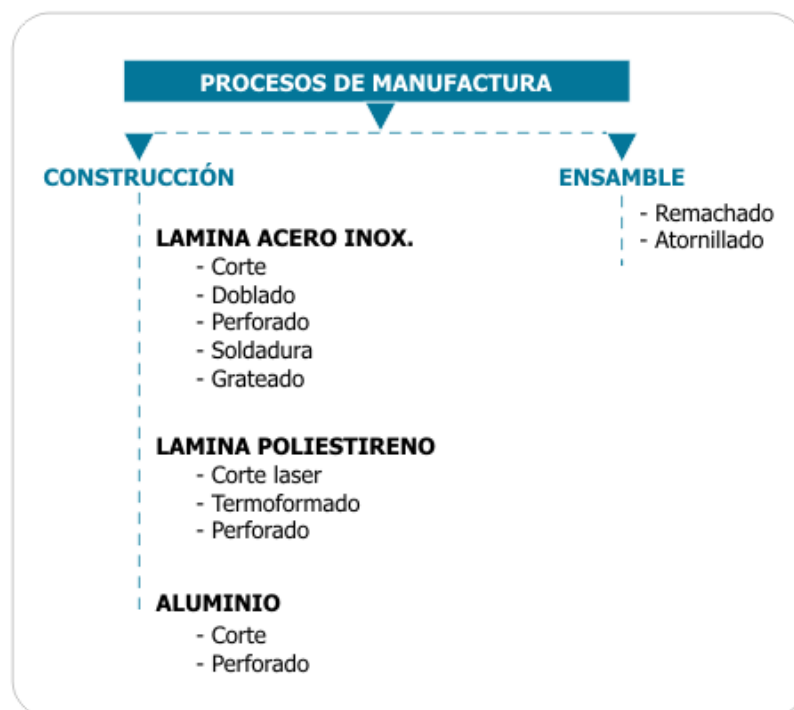
5.5.1 Definición de Materiales. Para construir el modelo funcional se decide usar los materiales reales del producto los cuales son: aluminio, acero inoxidable y poliestireno, y si fuera necesario se podrían usar materiales equivalentes para piezas inyectadas o de precio elevado, ya que lo importante es la apariencia del modelo.

La mayoría de las piezas del modelo funcional se realizaron con el material real del producto, a excepción de estructura de la base, la superficie, el porta-succión y el soporte del ventilador, que deberían construirse en acero inoxidable, pero el

tipo de perfiles y platinas para su construcción no se consiguieron por menos de un tramo (6 metros), lo cual era demasiado material para nuestra necesidad, por lo tanto se decidió realizarlos en acero hot roed y posteriormente se aplicó una pintura plateada para simular el acero inoxidable.

5.5.2 Construcción. Dependiendo la forma y tipo de material de las piezas se definieron diferentes procesos de manufactura (figura 157), se aclara que estos procesos son exclusivos para la construcción del modelo funcional ya que para la fabricación del producto se pueden plantear procesos diferentes que optimicen el tiempo y los costos.

Figura 157. Procesos de manufactura



Fuente: Autor.

Se realizaron los procesos de manufactura para cada pieza según fuera necesario, y posteriormente se preensamblaron los diferentes componentes del equipo, a continuación se muestran fotografías del modelo funcional terminado.

Estructura. Está compuesta por la base y la columna, también lleva ajustado el tapón de ésta última, sujetacables y las piezas interna del soporte general de cada accesorio (figura 158).

Figura 158. Foto Estructura



Fuente: Autor.

Accesorios. Para la construcción del modelo funcional se decide realizar un ejemplar de cada accesorio, ya que con esto sería suficiente para mostrar el potencial del equipo (figuras 159 a 164).

Figura 159. Foto panel de gases



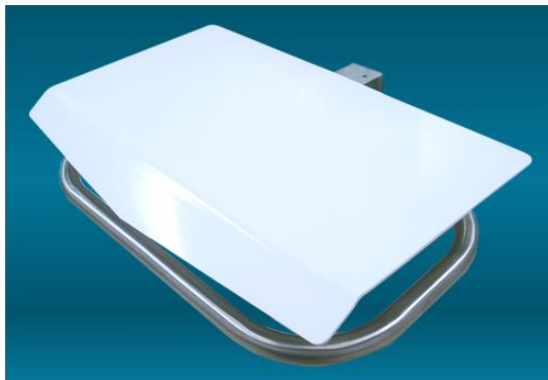
Fuente: Autor.

Figura 160. Foto panel eléctrico



Fuente: Autor.

Figura 161. Foto superficie con manubrio



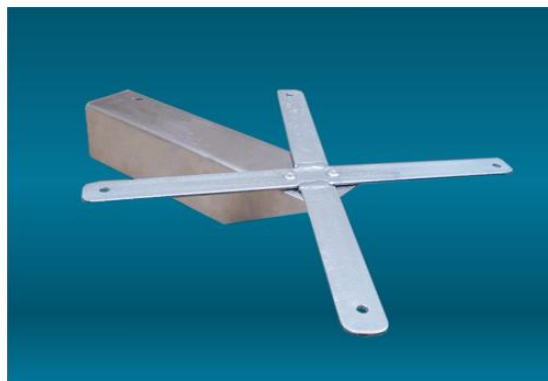
Fuente: Autor.

Figura 162. Foto cajón



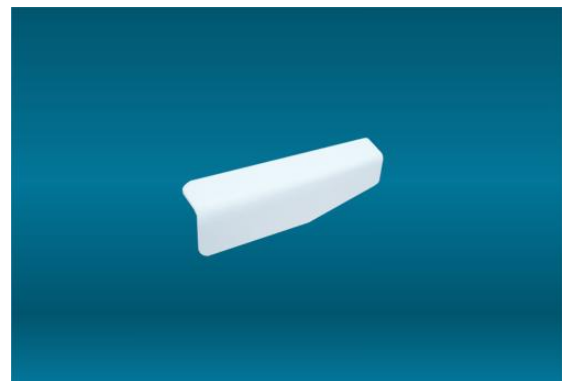
Fuente: Autor.

Figura 163. Foto soporte de ventilador



Fuente: Autor.

Figura 164. Foto porta-reservorio

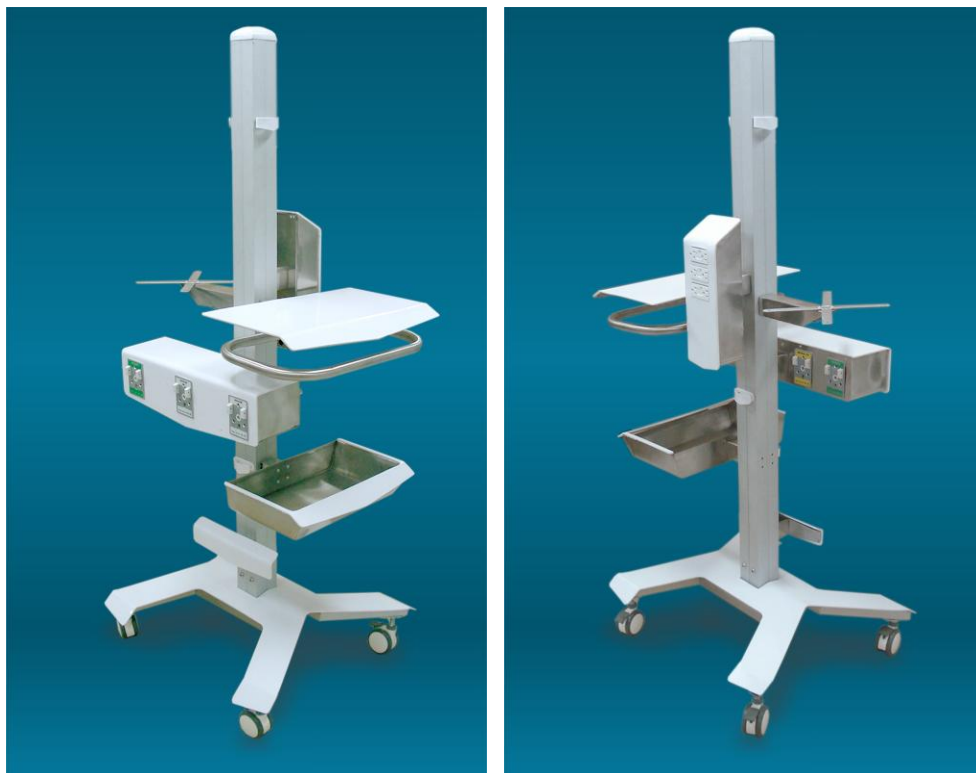


Fuente: Autor.

Resultado. Este proyecto finaliza en un modelo funcional de “manta”, una unidad de cuidados intensivos móvil, a continuación se muestra el modelo funcional terminado (figura 165).

5.5.3 Comprobación del modelo. En esta etapa se socializó el modelo funcional a los usuarios primarios y secundarios para confirmar que el equipo satisface sus necesidades y obtener sugerencias para mejorar el diseño.

Figura 165. Foto modelo funcional



Fuente: Autor.

Muestra. Participaron 12 personas en dos sesiones, se intentó entrevistar a los mismos usuarios que han colaborado con las anteriores comprobaciones de diseño (tabla 26).

Tabla 26. Muestra comprobación de modelo funcional

#	Sesión	Nombre	Área
1	CTE	Diego Serrano	Producción
2		Wilmer Alexis Niño	Producción
3		Miguel angel ruiz	Producción
4		javier rubiano	Producción
5		Erwing Parra	Metrología
6		Cesar Luis Calderón	Metrología
7		Norberto Rodríguez Prada	Soporte CTE
8	IC	Jocabeth sanabria	UCI pediátrica
9		Maiter alarcon	UCI pediátrica
10		Maria constanza blanco	UCI pediátrica
11		Jinet farias	UCI pediátrica
12		Eliana prada	UCI pediátrica

Fuente: Autor.

Registro fotográfico. Imágenes de las sesiones realizadas a médicos y enfermeras, personal de producción (figura 166).

Figura 166. Comprobación de modelo funcional



Fuente: Autor.



Fuente: Autor.

Datos obtenidos. Se generó una tabla donde se incluyen las apreciaciones de los usuarios respecto a cada sistema en específico, además de los aspectos del equipo que más gustaron (tabla 27). Estos datos se tienen en cuenta para mejorar el diseño del equipo en etapas previas a su producción.

Tabla 27. Datos obtenidos comprobación de modelo funcional

Componente	Recomendaciones
Base	usar ruedas mas grandes
	las ruedas de caucho son más suaves
	no dejar el poliestireno sin estructura, ya que se puede romper.
Estructura	el peso del ventilador varia, tener en cuenta para su centro de masa
	reforzar estructura de los accesorios para que no vibren al ser usados
	se pueden pasar cables por dentro de la columna
Cajón	se podrían usar tapas, para evitar el ingreso de sustancias no deseadas
	puede subir un nivel
Panel de gases	podría tener un indicador de presión
	puede bajar un nivel
Superficie	evitar caídas de elementos
Panel eléctrico	podría tener más tomas eléctricas

Lo que gusta	el concepto de modularidad
	los materiales
	método de ensamble
	reducción de espacio para el transporte
	su bajo peso

Fuente: Autor.

5.5.3.1 Sugerencias de mejora

En base a las recomendaciones de los usuarios y en el análisis heurístico de los diseñadores, se plantean las siguientes sugerencias para mejorar el diseño del equipo:

- Se pueden usar ruedas de mayor diámetro, para lograr una apariencia más estable y mejorar su maniobrabilidad.
- Reforzar estructura de los accesorios para que no vibren al ser usados y lograr un producto de mayor confiabilidad, una solución podría ser usar un calibre mayor de los materiales.
- La estructura de la base se podría hacer por fundición de aluminio, ya que le daría peso en la parte inferior del producto, bajando su centro de masa y reduciendo los procesos de manufactura de su construcción.
- Los sujetacables y el tapón deben ser piezas plásticas inyectadas.
- Las piezas internas del soporte general pueden hacerse por fundición de aluminio, esto podría aumentar la rigidez de la estructura.

6. OTROS DESARROLLOS REALIZADOS

En la práctica empresarial se determinó un horario laboral el cual destinaba media jornada en la realización de la nueva UCIM y en la jornada restante se destinaba para actividades varias en el área de diseño y desarrollo de Bioingeniería FCV. De los múltiples desarrollos realizados por los dos practicantes, se nombraran los más representativos.

6.1 DESARROLLOS INDUSTRIALES

Corresponden al diseño de productos industriales, como diseño herramientas, diseño de carcasas, componentes, accesorios médicos y Modificaciones a los productos existentes.

6.1.1 MSV Home Care. El Monitor de signos vitales Home Care es un Monitor de signos vitales portátil de uso domestico, el cual permite una conexión a través de redes de datos e Internet para prestar servicios de consultas medicas online, este proyecto se está desarrollando en conjunto con el CNT (Centro nacional de telemedicina FCV).

Se realizaron reuniones entre el grupo de diseño y desarrollo de Bioingeniería y los ejecutivos del CNT donde se concretaron los objetivos y alcances del proyecto, luego se realizaron otras reuniones donde se definieron los requerimientos del proyecto, los correspondientes al área de diseño y desarrollo son

- Debe ser portátil.
- Debe contener módulos de adquisición de parámetros fisiológicos, tarjetas de internas, tarjetas de conectividad y baterías.
- Debe permitir la conectividad por medio de Internet o redes de datos.
- Debe tener un estilo formal estético, moderno y coherente en un contexto medico.

- Debe poder conectarse a un equipo de cómputo externo.
- Debe ser fácil de limpiar.
- Debe estar construido con materiales resistentes a la corrosión.
- Diseño del software.
- Diseño de interfaz.

Se diseñaron diferentes alternativas conceptuales, las cuales fueron socializadas con el grupo de ejecutivos de telemedicina y se selecciono el siguiente concepto formal. (Figura 167)

Figura 167. MSV Home Care.

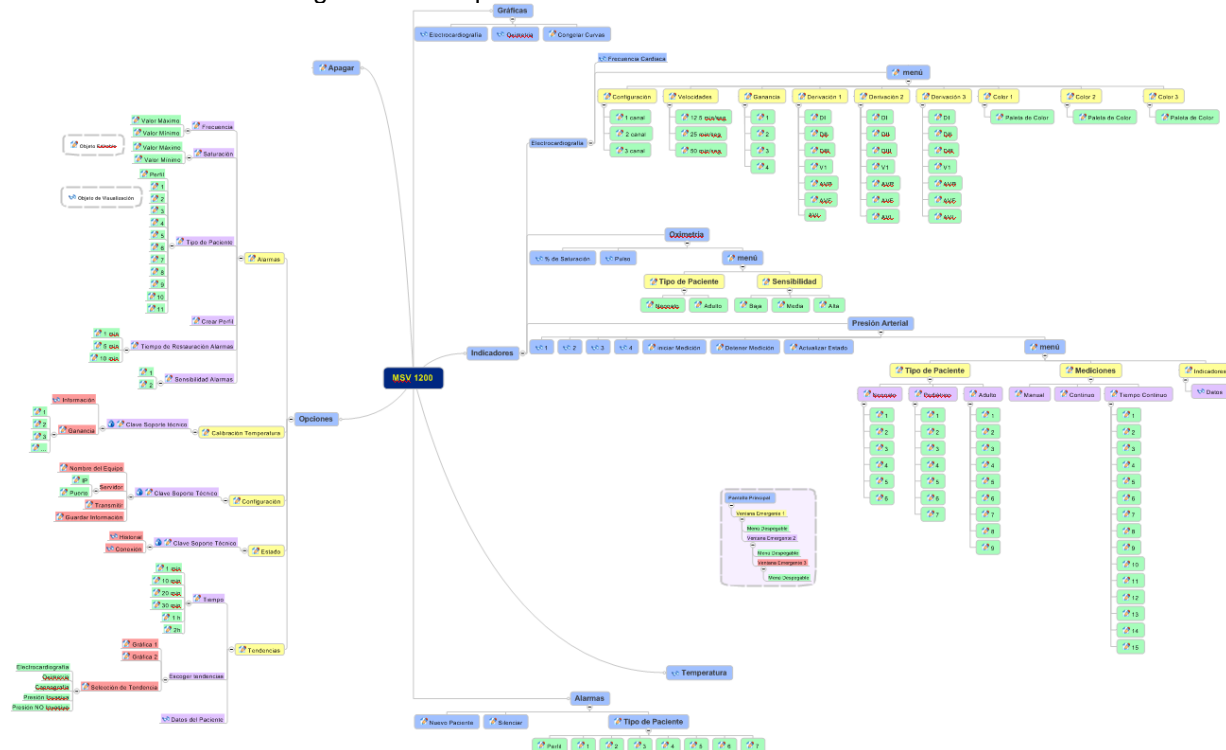


Fuente: Autor

Se está diseñando en detalle los cada componente de la carcasa para posibilitar el armado con los componentes electrónicos, la carcasa esta propuesta para ser

construida en inyección de plástico, también se está diseñando la arquitectura de información para el software, esta arquitectura muestra la secuencia de uso de la interfaz del monitor y a sido comprobada con métodos de usabilidad aplicados a usuarios. (Figura 168)

Figura 168. Arquitectura software MSV Home Care.



Fuente: Autor

Actualmente se está desarrollando satisfactoriamente el diseño de este proyecto y se estima que estará finalizado para principio de año del 2011.

6.1.2 Modificaciones UCIM 1200. Aunque se está diseñando una nueva versión para este equipo, se han realizado modificaciones y mejoras a la UCIM 1200, estos cambios obedecen a la cambio de los dispositivos médicos que esta contiene, como el ventilador pulmonar, la pantalla, hardware, etc.

Para una nueva producción de estos equipos se requirió la utilización de un nuevo

ventilador pulmonar, una nueva pantalla con tecnología touch y la reubicación de diferentes componentes, este cambio implicó realizar modificaciones estructurales en la UCIM 1200.

Se realizó una reunión con el jefe de Producción de bioingeniería el cual presentó los nuevos equipos a utilizar, y se definieron los requerimientos para las modificaciones requeridas.

- Se deben realizar los cambios necesarios en la estructura de la UCIM 1200 para realizar el montaje de la nueva pantalla Touch.
- Se deben realizar los cambios necesarios en la estructura de la UCIM 1200 para realizar el montaje del nuevo ventilador pulmonar Arios Supportair.
- Se deben realizar los cambios necesarios en la estructura de la UCIM 1200 para reubicar el botón de encendido del ventilador hacia la tapa frontal.
- Las modificaciones realizadas deben evitar en la medida de lo posible comprometer la resistencia estructural de la UCIM 1200.
- Se deben registrar todas las modificaciones realizadas en un documento técnico, para que el proveedor pueda ajustar sus procesos a los nuevos requerimientos.

Estos cambios se llevaron a cabo por medio de herramientas de diseño CAD, realizando un modelado 3d a detalle de los nuevos dispositivos, ubicándolos en el modelo 3d existente de la UCIM 1200, y reubicando los otros componentes. Luego se hicieron los cambios en el modelado 3d necesarios para el montaje de los nuevos dispositivos, seguidamente se generaron los planos correspondientes y se enviaron al proveedor para la producción de las nuevas UCIM 1200.

Terminada esta actividad, ya se realizó la producción de 40 nuevos equipos de UCIM 1200 los cuales ya comercializaron. (Figura 169)

Figura 169. Modificaciones UCIM 1200



Fuente: Autor

6.1.3 Tallímetro. Se trata de un instrumento empleado para la medición de la estatura o bien de la longitud de niños o adultos. Este dispositivo, a su vez, cuenta con tres partes fundamentales: la base, el tablero y tope móvil.

Este desarrollo nace como necesidad por parte de la unidad pediátrica del Instituto del Corazón FCV, quienes requerían 5 tallímetros para utilizar en su área.

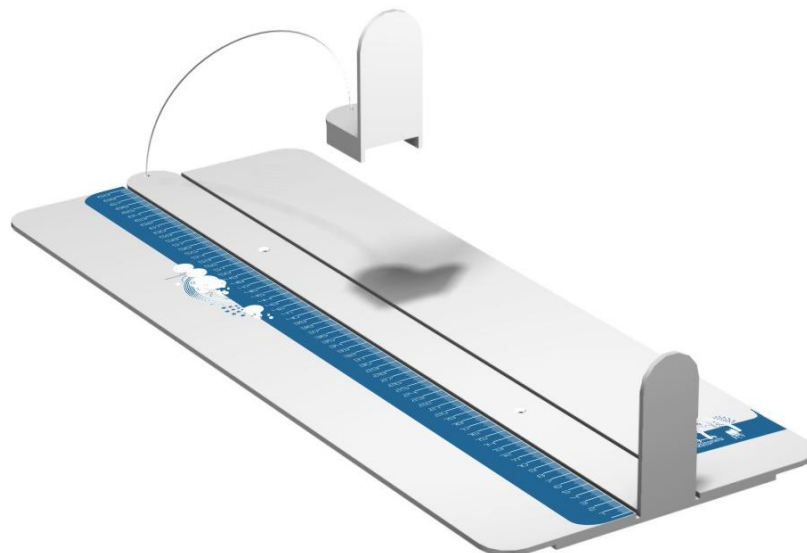
Se realizó una reunión con el grupo de enfermeras de la unidad pediatra, donde se hicieron las especificaciones de cómo debía funcionar el tallímetro y de

cómo sería construido, teniendo esta información de procedió a realizar un diseño que cumpliera estos requerimientos:

- Debe estar diseñado para que pueda ser utilizado sobre una mesa de trabajo (horizontalmente).
- Debe ser portátil.
- Debe ser fácil de limpiar.
- Debe estar construido con materiales no degradables.
- Deben diseñarse dos versiones, una me mida hasta 70 centímetros y otra que mida hasta 1 metro.
- No debe causar molestias al paciente durante el procedimiento.

Se realizo un modelo 3d del diseño propuesto y se hizo una socialización con el grupo de expertos de la unidad pediatria, donde se dio aprobación a la construcción del producto. (Figura 170)

Figura 170. Tallímetro



Fuente: Autor

El tallímetro está construido can lamina de poliestireno de 3 Mm. de espesor, cortando con láser cada parte y luego uniéndolas con pegante de poliestireno

(tolueno), después se imprimió en papel adhesivo plastificado la regla y se adhirió al tallímetro. En la actualidad los tallímetros están siendo usados en la UCI pediatra del IC.

6.1.4 Soporte para desfibrilador. El desfibrilador es un dispositivo médico portátil que diagnostica y trata los paros cardiorrespiratorios, restableciendo un ritmo cardíaco efectivo eléctrica y mecánicamente. La desfibrinación consiste en emitir un impulso de corriente continua al corazón, despolarizando simultáneamente todas las células miocárdicas, pudiendo retomar su ritmo eléctrico normal u otro eficaz.

Este desarrollo es requerido para mejorar procedimientos que los médicos deben realizar al utilizar este dispositivo, ya que los desfibriladores con los que cuenta actualmente la FCV tienen una pantalla horizontal, obligando a que el médico descuide al paciente para poder observar la información que se muestra la pantalla.

Se realizó una reunión con la jefe de soporte técnico del IC, a quien los doctores ya le había hecho el requerimiento, allí se hicieron las especificaciones de cómo debía funcionar el soporte y de cómo sería construido, teniendo esta información de procedió a realizar un diseño que cumpliera estos requerimientos:

- Debe estar diseñado para ser utilizado sobre un carrito de paro.
- Debe poder ubicar la pantalla del desfibrilador a 35°.
- Debe ser portátil.
- Debe ser fácil de limpiar.
- Debe estar construido con materiales no degradables.
- Debe estar diseñado para evitar en la medida de lo posible la voladura o caída del equipo que soporta.

Se realizó un modelo 3d del diseño propuesto y se hizo una socialización con la Jefe de soporte técnico del IC, donde se dio aprobación a la construcción del producto. (Figura 171)

El soporte para desfibrilador está construido con lamina de acero inoxidable de 1,5 Mm. de espesor, se realizó un desarrollo el cual fue cortado y doblado, creando la forma propuesta. En la actualidad el soporte para desfibrilador está siendo usado en el Instituto del Corazón FCV (Figura 172).

Figura 171. Soporte para desfibrilador.



Fuente: Autor

Figura 172. Desfibrilador sobre su soporte.



Fuente: Autor

6.2 DESARROLLOS GRÁFICOS

Corresponden al diseño de productos gráficos, ya sean impresos o digitales, como diseño marca, documentos comerciales, publicitarios, manuales, entre otros.

6.2.1 Creación de marca. Bioingeniería FCV está en la búsqueda de crear nuevos mercados y lograr un posicionamiento en la industria Colombiana por esto ve la necesidad de mejorar su imagen corporativa, debido a esto el departamento comercial de Bioingeniería FCV requirió la creación de una nueva marca para sus productos.

Anteriormente los productos de Bioingeniería FCV estaban registrados bajo la marca “FCV Electronics”, (Figura 173) debido es necesario desvincular a los

productos de Bioingeniería FCV de la Fundación Cardiovascular de Colombia “FCV” nace el requerimiento de cambiar el nombre y logo de la marca.

Figura 173. FCV Electronics.



Fuente: Autor

Se organizaron reuniones con la Gerencia y el grupo de Diseño y Desarrollo de Bioingeniería FCV para definir las expectativas de la nueva marca:

- Debe ser fácil de recordar y de pronunciar.
- No debe tener más de tres sílabas.
- Debe tener una connotación tecnológica.
- Debe tener una connotación médica.
- Debe estar acorde con los objetivos de mercado.
- No debe parecerse a otra marca del mismo mercado.
- Debe Evitar connotaciones negativas.

Luego se organizaron reuniones donde utilizando métodos de creatividad se generaron numerosas alternativas para el nombre de la nueva marca, después se fueron descartando las alternativas menos gustosas o que no cumplían las expectativas, finalmente se escogió el nombre “BIONIK” para la nueva marca de los productos de Bioingeniería FCV.

Después de diseñaron alternativas para el logo, basándose en las mismas expectativas propuestas para el nombre de la marca (Figura 174).

Figura 174. Alternativas Logo Bionik



Fuente: Autor

Final mente se realizó una reunión con la gerencia de Bioingeniería FCV donde se eligió el nuevo logo (Figura 175).

Figura 175. Logo Bionik medical devices.



Fuente: Autor

El logo símbolo es una línea gruesa que describe un recorrido lineal en perspectiva y abruptamente zigzaguea para después continuar con su rumbo original, esta línea representa una señal de electrocardiografía, puede interpretarse como el pulso o la señal de vida de una persona evolucionando

satisfactoriamente, el logo símbolo representa el enfoque humanista de la marca.

La tipografía utilizada es sencilla y limpia, compuesta por líneas gruesas que se doblan creando las letras, la tipografía representa el aspecto tecnológico de la marca. Actualmente el logo se encuentra registrado en la cámara de comercio y es utilizado en la documentación de la empresa.

6.2.2 Documentos comerciales. Con el cambio de marca de los productos de Bioingeniería FCV, se crea la necesidad de actualizar todos los documentos y fichas comerciales de la empresa.

Esta actividad no consistió en solo remplazar el logo de las fichas comerciales anteriores (figura 176), ya que después de una inspección a estas fichas se observo que el estilo visual era pobre, la diagramación era desordenada, la información técnica no era correspondiente y la información comercial no era atractiva para el cliente.

Figura 176. Anterior ficha comercial UCIM 1200.



Unidad de Cuidado Intensivo Móvil UCIM 1200

Ficha Técnica

UCIM 1200

La Unidad de Cuidado Intensivo Móvil UCIM 1200 integra los equipos de monitoria necesarios, en una Unidad de Cuidados Intensivos para la atención de pacientes en estado crítico permitiendo la adecuación de cualquier espacio para prestar asistencia y monitorear al paciente. El sistema cuenta con monitores continuos, presencial y remoto de signos vitales, servo-ventilación electrónica y suministro continuo de gases medicinales.

1 Pantalla LCD
2 Ventilador Electrónico
3 Monitor de Signos Vitales
4 Atril porta sueros
5 Teclado y Mouse
6 Salida de Gases
7 Cajones Multitubo

Características Físicas y Técnicas

Dimensiones	Materiales
Altura: 1.70 m Ancho: 0.77 m Profundidad: 0.69 m Peso: 90 Kg	Estructura en Cold Roll Calibre 18, acabado en pintura electrostática color gris nube y blanco. Bandejas y frentes de cajoneras en madera termolaminada
Características Eléctricas	Características Neumáticas
Voltaje de Alimentación: 115-125 Vac Frecuencia: 60 Hz Corriente: 1.6 A Potencia: 200 W Puesta a tierra: - 5 D UPS QPCOM: 650/800/1000 VA 115V 60 Hz	Tomas de aire: Tipo chemetron (Amarillo) Toma de vacío: Tipo chemetron (Blanco) Toma de O ₂ : Tipo chemetron (Verde) Cheque de retención mecánico para O ₂ Cheque de retención mecánico para Vacío Cheque de retención mecánico para Aire Presión nominal: 60 PSI
Requerimientos Técnicos	
• Condiciones Ambientales de Funcionamiento: Temperatura +10°C a +40°C Humedad Relativa 15 a 60%, no condensada	• Condiciones Ambientales de Almacenamiento: Temperatura 5°C a +40°C Humedad Relativa 15 a 60%, no condensada

Las características técnicas del equipo UCIM 1200 están sujetas a alteraciones sin previo aviso, debido al constante proceso de evolución tecnológica a que los mismos son sometidos.

Bioingeniería
Fabricación, distribución, soporte técnico, venta de partes, componentes, refacciones consumibles y accesorios.

Oficina: Centro Tecnológico Empresarial
Cra. 5 # 6-33 Floridablanca, Santander, Colombia
Tel Fax: (57 7) - 6497304
Correo: e-mail: bioingenieria@fcv.org
http://bioingenieriafcv.blogspot.com

Fuente: Autor

Se creó un nuevo estilo de diseño para los documentos comerciales, que muestra los productos más atractivos, con un lenguaje claro, ampliando la información comercial, actualizando la información técnica e incluyendo más contenido gráfico.

Las nuevas fichas comerciales están compuestas por una portada, una página que enseña las características más importantes del producto, luego se describen brevemente cada sistema del equipo, los servicios extra que se pueden aplicar al producto, las dimensiones globales del equipo, la información técnica de funcionamiento, accesorios y los datos de contacto (figura 177). Actualmente ya se realizaron las fichas comerciales de todos los equipos médicos que comercializa la empresa.

Figura 177. Muestra de ficha comercial UCIM 1200

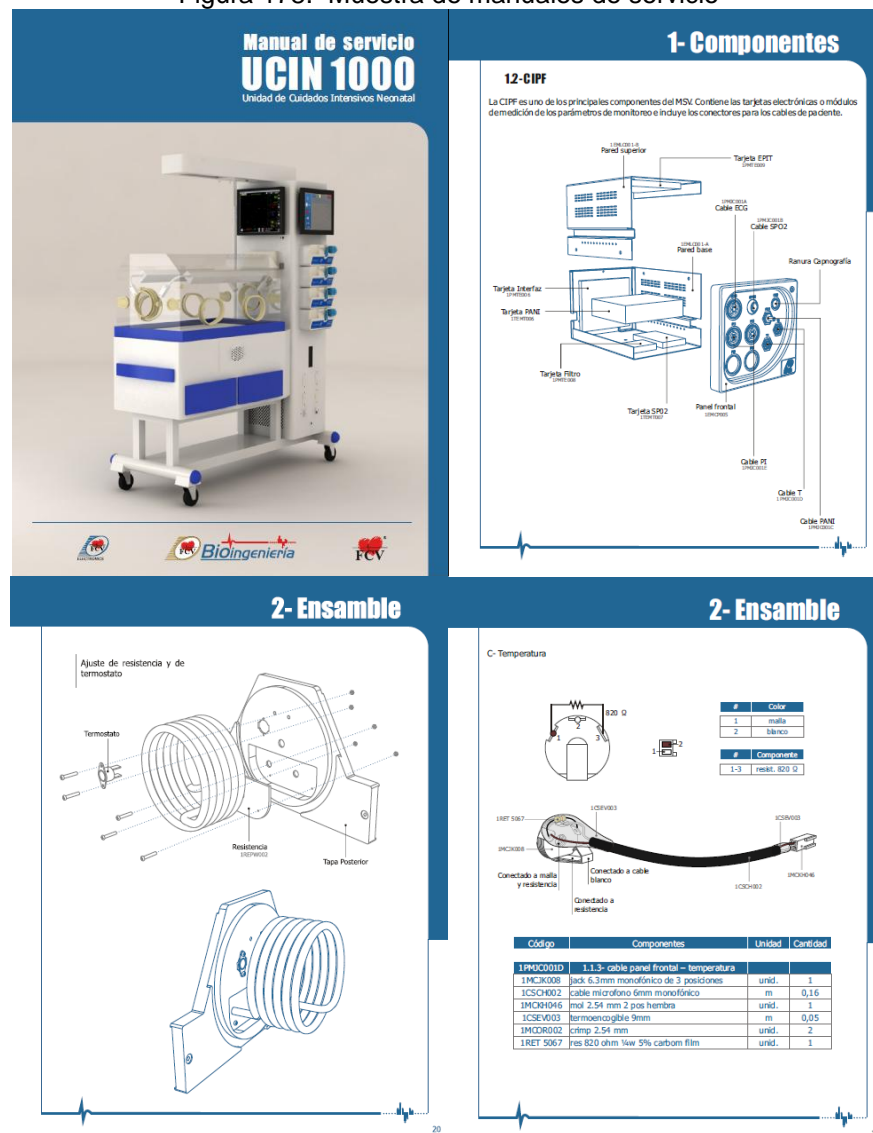


Fuente: Autor

6.2.3 Manuales. Cada equipo médico diseñado por Bioingeniería FCV requiere de manuales que expliquen su funcionamiento y su ensamble. Para este desarrollo fue necesario el diseño de un formato para cada tipo de manual que incluye la portada y parámetros de diagramación. Se realizaron manuales de servicio y de usuario de los siguientes equipos: Monitor de signos vitales 1200, Unidad de cuidados intensivos móvil 1200, Modulo de incubadora neonatal integrada 1000 y la Unidad de cuidados intensivos neonatal 1000.

6.2.3.2 Manuales de servicio. Son aquellos que explican el ensamble de los equipos, es dirigido al personal de producción de la empresa. Está compuesto por diagramas de fácil comprensión, para su realización fue necesario el modelado CAD de los equipos por medio del cual se dibujaban los diagramas, para su posterior edición en software de manejo vectorial. (Figura 178) En la tabla 28 se presentan el número de páginas de cada manual de servicio.

Figura 178. Muestra de manuales de servicio



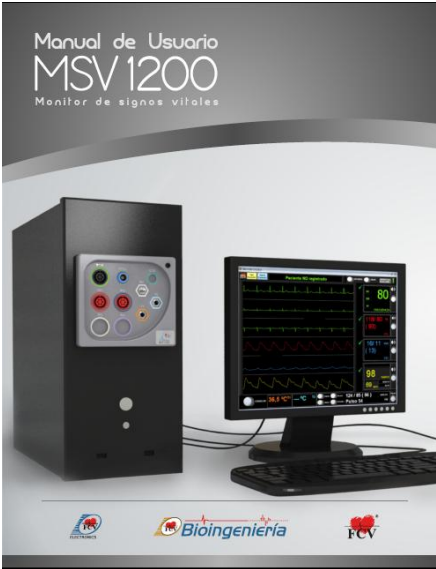
Fuente: Autor

Tabla 28. Manuales de servicio

Equipo	Paginas
MSV 1200	66
UCIM 1200	76
MINI 1000	97
UCIN 1000	87

Fuente: Autor

Figura 179. Muestra de manuales de usuario

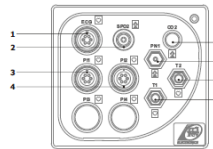


Manual de Usuario
MSV 1200
Monitor de signos vitales

Bioingeniería FCV

5- Controles y componentes

Conectores CIPP



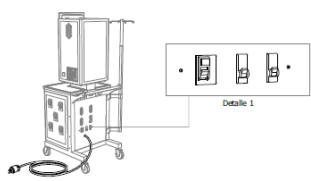
- (1) Electrocardiografía (ECG) de 3 derivaciones. Permite visualizar hasta 3 curvas simultáneamente y escoger entre DL, DII, DIII, Va, aVR, aVL, aVF. Cuatro (4) niveles de ganancia y tres (3) velocidades de visualización: 12.5 mm/s, 25 mm/s y 50 mm/s. Rango de medición de frecuencia cardíaca de 0-350 bpm y posee Protección contra descargas de desfibrilador.
- (2) Oximetría (SpO2) marca Mindray (China). Modos de medición: adulto y neonato. Medición de Saturación de oxígeno (%) y pulso (bpm). Rangos de medición de 0-100% y 25-250 bpm.
- (3)(4) Presión Invasiva (PI1 y PI2). 2 canales de medición, compatible con transductores marca NELLCOR. Permite la visualización de las 2 curvas de presión de forma separada o traslapadas. Medición de sistólica, diastólica y media en mmHg. Rango de medición de presión de 0-250 mmHg.
- Opcional: almacenamiento del trazo de presión invasiva y visualización de trazos almacenados en una pantalla adicional.
- (5)(6) Temperatura (T1 y T2). 2 canales de medición de temperatura. Sensores marca YSI. Rango de medición de 25-45 °C.
- (7) Presión arterial no invasiva (NMI) marca Mindray (China). Modos de medición: adulto, pediátrico y neonato. Método oscilométrico. Cálculo de presiones sistólica, diastólica, media y pulso. Modo de medición manual y automático. Rango de medición de 10-270 mmHg y 40-240 bpm.
- (8) Capnografía (CO2) marca Oridion (Israel). Modos

14

6- Ensamble e Instalación

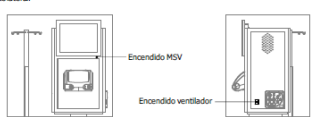
Instale el equipo distante de otros equipos que generen campos magnéticos fuertes como equipos radiológicos, sistemas de aire acondicionado y otros.

Para comenzar la instalación y encendido de la UCi móvil se debe conectar el mueble a una toma de energía eléctrica de 115- 120Vac, el conector se encuentra en la parte posterior del mueble.



Detalle 1

Después de tener el mueble energizado y con los interruptores en la posición correcta, hacia arriba (detalle 1), se enciende el MSV con el pulsador localizado en la parte frontal y el ventilador con el pulsador localizado en la parte lateral.



Encendido MSV
Encendido ventilador

En la parte posterior del panel superior se encuentran los avisos de emergencia y precauciones en el manejo de la UCi Móvil así como los datos de tensión y frecuencia a los cuales debe operar; en su interior tiene el equipo de cómputo que controla la UCi con todos sus componentes, board, disco duro, etc. y el monitor de signos vitales con una fuente médica independiente; todo protegido y regulado por la UPS que se encuentra en la parte baja del mueble.

15

4- Especificaciones técnicas

4.1- Electrocardiografía	
Entrada	5-derivas: RA, LA, RL, LL y VL
Selección de derivas	7-derivas: I, II, III, aVR, aVL, aVF, V1
Visualización ondas de ECG	1 - 3 canales
Selección de ganancia	X1, x2, x3, x4
Velocidad del trazo	12.5mm/s, 25mm/s, 50mm/s
Rango de Frecuencia cardíaca	30bpm - 300bpm
Precisión	+/- 1bpm
Resolución	15pm
Protección	Alta tensión 4000V AC voltaje de aislamiento del electrobistur y desfibrilación.
Ancho de banda	0.5Hz - 49Hz
Rango de alarma	30bpm - 300bpm
alarma	Audibles y visuales

4.2- Oximetría	
Rango de Medida	0 - 100%
Resolución	1%
Precisión	70 - 100% +/- 2% Adulto (Sin Movimiento) 70 - 100% +/- 3% Neonato (Sin Movimiento) 70 - 100% +/- 3% Adulto/Pediátrico/Neonatal (Con Movimiento) 0 - 69% Sin Especificar
Rango de alarma	0 - 100%
Frecuencia de pulso	Rango: 18 - 254bpm Resolución: 1bpm Precisión: +/- 3bpm (sin movimiento) +/- 5bpm (con movimiento)

4.3- NIP	
Método	Oscilométrico
Modos de operación	Manual o Continuo
Unidad de medida	mmHg
Tipo de Medida	Sistólica, Diastólica, Media y frecuencia cardíaca
Rangos de Medida	Adulto: 10 - 270mmHg Pediátrico: 10 - 200mmHg Neonatal: 10 - 130mmHg
Frecuencia cardíaca	40 - 240 bpm
Resolución	1mmHg
Precisión en la medida de la	Error medio <+/- 5%
Alarma	No

11

Fuente: Autor

6.2.3.1 Manuales de usuario. Son aquellos que explican el funcionamiento de los equipos, es dirigido a las personas que van a usarlos. Está compuesto por diagramas de fácil comprensión, su contenido es manejado a una tinta para su impresión masiva. Para su realización fue necesario el modelado CAD de los equipos por medio del cual se dibujaban los diagramas, para su posterior edición en software de manejo vectorial. (Figura 179). En la tabla 29 se presentan el número de páginas de cada manual de servicio.

Tabla 29. Manuales de servicio

Equipo	Paginas
MSV 1200	32
UCIM 1200	37

Fuente: Autor

7. CONCLUSIONES

Se plantean las conclusiones del proyecto, donde se señalan los resultados que encontrados durante todo el proceso de diseño.

Se definieron los requerimientos de diseño basados en el cumplimiento de las normas y se identificaron las necesidades los usuarios, por medio de aproximaciones contextuales preguntando a los usuarios acerca de sus experiencias y preferencias respecto a la UCIM 1200.

La distribución espacial de los componentes del sistema fue definida por medio de una retícula antropométrica basada en los requerimientos establecidos para este proyecto.

Se planteó una solución funcional del producto, diseñando un esquema general del equipo basado en las necesidades de los usuarios y la distribución espacial de los componentes.

Se diseño un modelo conceptual inicial del producto, basado en los requerimientos establecidos para este proyecto, las normas antropométricas y conceptos formal-estéticos.

Los usuarios aprobaron el modelo conceptual, por medio de socializaciones virtuales del producto.

Se comprobó la resistencia mecánica del modelo conceptual, por medio de software de ingeniería asistida por computador.

Los usuarios aprobaron el modelo funcional por medio de una socialización física del producto.

Se definió el precio de venta del producto siguiendo el modelo de costos utilizado por la empresa.

Se diseñó un sistema que integra los componentes de una columna UCI para brindar asistencia y monitoreo a pacientes en la unidad de cuidados intensivos de la Fundación Cardiovascular de Colombia, como resultado de un proceso metodológico de diseño.

Se diseña un sistema de sujeción de accesorios que reduce el tiempo de ensamble considerablemente.

Se diseña un equipo que puede adaptarse a diferentes necesidades clínicas, por medio de accesorios externos que brindan diferentes funciones al equipo.

Se logra una minimización los desperdicios de materia prima en el proceso constructivo.

Se logra disminuir el peso y volumen del equipo considerablemente, por medio de la minimización de piezas en la estructura.

Se logra aumentar el ciclo de vida del producto, por medio de utilización de materiales resistentes a la corrosión.

Observaciones

- Se debe mejorar la estructura de los elementos, basándose en el análisis del modelo funcional, para evitar la vibración de éstos al ser manipulados.

- Se puede mejorar la maniobrabilidad del equipo usando ruedas de mayor diámetro.
- Se puede mejorar la estabilidad del equipo, incrementando el peso de la base para un centro de masa cercano al piso.

BIBLIOGRAFIA

AAMI. 2010 ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF MEDICAL INSTRUMENTATION. Human factors engineering, Design of medical devices [United States] ANSI/AAMI HE75:2009

IVAÑES GIMENO JOSE MARIA. La gestión del diseño en la empresa. Mc Graw Hill, Madrid, Año 2000.

EASTMAN KODAK COMPANY. Ergonomic design for people at work: The design of jobs, including work patterns, hours of work, manual materials handling tasks, methods to evaluate job demands, and the physiological basis of work. New York (NY): John Wiley & Sons, 2004.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Anthropometric sourcebook, Vol. III: Annotated bibliography of anthropometry. NASA Reference Publication 1024. Washington (DC): National Aeronautics and Space Administration, Scientific and Technical Information Office, 1978.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. MAN-SYSTEMS INTEGRATION STANDARDS. NASA-STD-3000A. Houston (TX): Lyndon B. Johnson Space Center, 1989.

MARADEI M. FERNANDA, ESPINEL C. FRANCISCO M., PEÑA ASTRID A. Datos antropométricos para el diseño, región nororiental colombiana, Bucaramanga 2008, primera edición, Grupo de ergonomía producto y significado, División de publicaciones UIS.

BEER FERDINAN P, JOHNSTON JR RUSSEL, DEWOLF JOHN; mecánica de materiales, tercera edición, , Editorial Mc. Graw Hill., 2004.

MORALES LEONARDO, CASTELLANOS VILMA, RUIZ ALEJANDRA, *Biónica: Guía de observación analítica*, Grupo de investigación DiiN, Universidad de los Andes, Facultad de Arquitectura y Diseño, 2008.

DICCIONARIO DE LA REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, Vigésima segunda edición [online]. Madrid España [Fecha de consulta 16 de octubre 2010] disponible en Internet: <http://www.rae.es/rae.html>

RODRIGUEZ GERARDO MGE, *Manual de diseño industrial; curso básico' uam-a gg* [online] tercera edición [México] Ediciones G. Pili. S.A. de C.V. [Fecha de consulta 17 de octubre 2010] disponible en Internet: <http://www.slideshare.net/moygp/manual-de-diseo-industrial>

DISEÑO INDUSTRIAL, GUÍA METODOLÓGICA [online] Asturias España [Fundación Prodiotec] fecha de consulta 17 de octubre de 2010. Disponible en Internet: <http://www.prodiotec.com/esp/02/publicaciones.html>

EL PROCESO CONSTRUCTIVO EN LOS CENTROS SANITARIOS, Grupo JG [online] primera edición [España] Edicions UPC, 2006 [Fecha de consulta 16 de octubre 2010] disponible en Internet: http://books.google.com.co/books?id=GhpXGAmh170C&pg=PA114&dq=los+gases+medicinales&hl=en&ei=nTS6TlyjGoO78gawx5SWDw&sa=X&oi=book_result&ct=book-preview-link&resnum=4&ved=0CDQQuwUwAw#v=onepage&q=los%20gases%20medicinales&f=false

GARZON GAITAN CARLOS ALBERTO, *Sistemas integrados de información para producción* [online] primera edición [Bogota, Colombia] Universidad Nacional de Colombia, enero 2001 [Fecha de consulta 16 de octubre 2010] disponible en Internet: http://books.google.com.co/books?id=egBNhDmPOvkC&pg=PA70&dq=ingenieria+asistida+por+computadora+CAE&hl=en&ei=5ze6TL_dKoGB8gaXteyiDw

&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CC0Q6AEwAQ#v=onepage&q
&f=false

MATWEB, Material property data [Automation Creations, Inc. of Blacksburg, Virginia] Fecha de consulta: 01 de octubre 2010, disponible en Internet: <http://www.matweb.com/>

ANEXOS

Anexo A. Información de la empresa

Nombre. Fundación Cardiovascular de Colombia (FCV)

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 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 hemodinámica 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.

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”

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”

Descripción. 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.

La FCV a través de su instituto del corazón Floridablanca esta catalogada como una de las cinco mejores IPS del país, en un nivel de excelencia, tras obtener la primera acreditación en salud de Colombia.

Su experiencia a nivel administrativo y medico científico se comparte en otras ciudades como santa marta, Ibagué y Manizales, donde la FCV actúa como administradora delegada de importantes clínicas al tiempo que la población de otros 13 departamentos recibe atención en salud por telemedicina en especialidades como cardiología neurología, radiología y cuidado intensivo, entre otras

Unidades Estratégicas de Negocio (UEN). La FCV es una Institución que ha venido evolucionando de una forma rápida en el tiempo y hoy se consolida como una organización empresarial que cuenta con 12 Unidades Estratégicas de Negocio como son:

- FCV Instituto del Corazón
- FCV Productos Hospitalarios
- FCV Instituto de Investigaciones
- FCV Soft Software Factory
- FCV Administración Hospitalaria
- FCV Comercializadora
- FCV Eventos y Mercadeo
- FCV Bioingeniería
- FCV Contac Center
- FCV Telemedicina
- Instituto del Corazón de Ibagué
- Instituto del Corazón Santa Marta

Organigrama



www.fcv.org

UEN Bioingeniería

Reseña histórica. El grupo de Bioingeniería de la FCV fue creado en diciembre de 2003 con un equipo multidisciplinario orientado a la investigación, innovación y al desarrollo tecnológico de productos y procesos en el campo de la salud para dar solución a problemas propios apoyados en el talento y producción nacional construyendo capacidad de competencia internacional.

A partir del año 2005, Bioingeniería comienza el desarrollo de productos y en el 2007 se crea el área de producción para la fabricación de varios de los productos que en ese momento habían finalizado las etapas de diseño. A su vez se crea el área de soporte técnico principalmente para dar soporte a los equipos fabricados e instalados en el instituto del corazón de Bucaramanga.

Misión. FCV Bioingeniería es una unidad empresarial de negocios de la Fundación Cardiovascular de Colombia que 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.

Visión. En el 2020 la unidad empresarial FCV Bioingeniería será reconocida en el país como una entidad desarrolladora y productora de equipos médicos confiables y competitivos, con un alto componente de innovación tecnológica

Propósito. Diseñar y construir equipos biomédicos que resuelvan problemas relevantes del sector salud en el orden tecnológico, obtenido mediante el desarrollo de un protocolo de investigación que cumpla con los estándares de calidad establecidos.

Objetivo del proceso. Proponer, diseñar y ejecutar proyectos de innovación y desarrollo tecnológico que permitan solucionar problemas en el área de la salud, especialmente en los campos de la instrumentación biomédica, la electrofisiología, el tele-diagnóstico, la automatización y el procesamiento de las señales.

Políticas:

- Los proyectos de investigación, innovación y desarrollo tecnológico que se planean y ejecutan en FCV Bioingeniería deben contribuir al desarrollo científico y a la solución de problemas relevantes en el sector salud.

- Diseñar y desarrollar proyectos que conduzcan a obtener productos comercializables.

- Todos los proyectos de Diseño y Desarrollo deben estar enmarcados en un protocolo de estricto cumplimiento.

Todos los productos obtenidos de los proyectos de Diseño y Desarrollo deben ser validados antes de entrar en etapa de producción.

- El gerente de la UEN debe reportar por escrito a la Dirección General de Operaciones y Dirección Ejecutiva de la FCV, con copia a la oficina jurídica, las situaciones anormales que se presenten en la ejecución del contrato y que pongan en riesgo el cumplimiento del mismo y que afecte los intereses de la FCV.

- Ningún funcionario de la Institución o tercero está autorizado para recibir dinero en efectivo en nombre de la FCV.

Anexo B. Propiedades de los materiales

Propiedades del aluminio comercial

Physical Properties	Metric	English
Density	2.70 g/cc	0.0975 lb/in ³
Mechanical Properties	Metric	English
Modulus of Elasticity	70.0 GPa	10200 ksi
Poissons Ratio	0.330	0.330
Shear Modulus	26.0 GPa	3770 ksi
Electrical Properties	Metric	English
Electrical Resistivity	0.00000500 ohm-cm	0.00000500 ohm-cm
Thermal Properties	Metric	English
Heat of Fusion	390 J/g	168 BTU/lb
CTE, linear	24.0 $\mu\text{m}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$	13.3 $\mu\text{in}/\text{in}\cdot^{\circ}\text{F}$
	@Temperature 0.000 - 100 $^{\circ}\text{C}$	@Temperature 32.0 - 212 $^{\circ}\text{F}$
Specific Heat Capacity	25.0 $\mu\text{m}/\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$	13.9 $\mu\text{in}/\text{in}\cdot^{\circ}\text{F}$
	@Temperature 250 $^{\circ}\text{C}$	@Temperature 482 $^{\circ}\text{F}$
Thermal Conductivity	190 W/m-K	1320 BTU-in/hr-ft ² - $^{\circ}\text{F}$
Melting Point	620 - 650 $^{\circ}\text{C}$	1150 - 1200 $^{\circ}\text{F}$
Solidus	620 $^{\circ}\text{C}$	1150 $^{\circ}\text{F}$
Liquidus	650 $^{\circ}\text{C}$	1200 $^{\circ}\text{F}$
Component Elements Properties	Metric	English
Aluminum, Al	87.0 - 100 %	87.0 - 100 %

www.matweb.com

Propiedades del Acero inoxidable AISI 304

Physical Properties	Metric	English
Density	8.00 g/cc	0.289 lb/in ³
Mechanical Properties	Metric	English
Hardness, Brinell	123	123
Hardness, Knoop	138	138
Hardness, Rockwell B	70	70
Hardness, Vickers	129	129
Tensile Strength, Ultimate	505 MPa	73200 psi
Tensile Strength, Yield	215 MPa	31200 psi
Elongation at Break	70.0 %	70.0 %
Modulus of Elasticity	193 - 200 GPa	28000 - 29000 ksi
Poissons Ratio	0.290	0.290
Charpy Impact	325 J	240 ft-lb
Shear Modulus	86.0 GPa	12500 ksi
Electrical Properties	Metric	English

Electrical Resistivity	0.0000720 ohm-cm	0.0000720 ohm-cm
	@Temperature 20.0 °C	@Temperature 68.0 °F
	0.000116 ohm-cm	0.000116 ohm-cm
	@Temperature 650 °C	@Temperature 1200 °F
Magnetic Permeability	1.008	1.008
Thermal Properties		
	Metric	English
E, linear	17.3 µm/m-°C	9.61 µin/in-°F
	@Temperature 0.000 - 100 °C	@Temperature 32.0 - 212 °F
	17.8 µm/m-°C	9.89 µin/in-°F
	@Temperature 0.000 - 315 °C	@Temperature 32.0 - 599 °F
	18.7 µm/m-°C	10.4 µin/in-°F
	@Temperature 0.000 - 650 °C	@Temperature 32.0 - 1200 °F
Specific Heat Capacity	0.500 J/g-°C	0.120 BTU/lb-°F
	@Temperature 0.000 - 100 °C	@Temperature 32.0 - 212 °F
Thermal Conductivity	16.2 W/m-K	112 BTU-in/hr-ft ² -°F
	@Temperature 0.000 - 100 °C	@Temperature 32.0 - 212 °F
	21.5 W/m-K	149 BTU-in/hr-ft ² -°F
	@Temperature 500 °C	@Temperature 932 °F
Melting Point	1400 - 1455 °C	2550 - 2651 °F
Solidus	1400 °C	2550 °F
Liquidus	1455 °C	2651 °F
Component Elements Properties		
	Metric	English
Carbon, C	<= 0.080 %	<= 0.080 %
Chromium, Cr	18.0 - 20.0 %	18.0 - 20.0 %
Iron, Fe	66.345 - 74.0 %	66.345 - 74.0 %
Manganese, Mn	<= 2.0 %	<= 2.0 %
Nickel, Ni	8.0 - 10.5 %	8.0 - 10.5 %
Phosphorous, P	<= 0.045 %	<= 0.045 %
Silicon, Si	<= 1.0 %	<= 1.0 %
Sulfur, S	<= 0.030 %	<= 0.030 %

www.matweb.com

Propiedades del Poliestireno

Physical Properties	Metric	English
Density	1.03 - 1.04 g/cc	0.0372 - 0.0376 lb/in ³
Water Absorption	0.0300 - 0.0500 %	0.0300 - 0.0500 %
Linear Mold Shrinkage	0.00300 - 0.00700 cm/cm	0.00300 - 0.00700 in/in
Melt Flow	2.30 - 6.50 g/10 min	2.30 - 6.50 g/10 min
Mechanical Properties	Metric	English
Hardness, Rockwell M	40.0 - 74.0	40.0 - 74.0
Tensile Strength, Ultimate	18.6 - 50.9 MPa	2700 - 7380 psi
Tensile Strength, Yield	20.0 - 34.0 MPa	2900 - 4930 psi

Elongation at Break	2.00 - 70.0 %	2.00 - 70.0 %
Flexural Modulus	1.62 - 2.94 GPa	234 - 426 ksi
Flexural Yield Strength	29.4 - 91.6 MPa	4270 - 13300 psi
Izod Impact, Notched	0.198 - 1.40 J/cm	0.370 - 2.62 ft-lb/in
Electrical Properties		English
Electrical Resistivity	1.00e+16 ohm-cm	1.00e+16 ohm-cm
Dielectric Strength	17.7 - 21.7 kV/mm	450 - 550 kV/in
Thermal Properties		English
Deflection Temperature at 1.8 MPa (264 psi)	75.0 - 93.0 °C	167 - 199 °F
Vicat Softening Point	97.0 - 105 °C	207 - 221 °F
Flammability, UL94	HB	HB
Processing Properties		English
Processing Temperature	190 - 274 °C	374 - 525 °F
Mold Temperature	10.0 - 60.0 °C	50.0 - 140 °F

www.matweb.com

Anexo C. Pruebas CAE componentes

Cálculos parte 1

CÁLCULOS

→ PRUEBAS CAE:

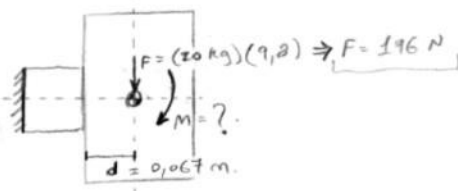
- FORMULAS:
 - $F = m \cdot a \quad [kg \cdot \frac{m}{s^2}] = [N]$
 - $F = m \cdot g$
 - simbo $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$
 - $m = F \cdot d$
- ANALISIS de PIEZAS:

I) SOPORTE CUBO:

A) RESISTENCIA normal:

→ se ANALIZA con el componente de mayor peso, en este caso sería el panel de GASES. (PG)

$W_{PG} = 20 kg$



$F = (20 kg)(9,8) \Rightarrow F = 196 N$

$M = ?$

$d = 0,067 m$

• $m = F \cdot d \Rightarrow m = (196 N)(0,067 m)$

$m = 13,13 [N \cdot m]$

B) RESISTENCIA maxima:

→ se ANALIZAN diferentes pesos para DETERMINAR el maximo seguro, el minimo valor del factor SEGURIDAD será ser: $n = 1$.

→ RESISTE 100 kg?

• $m = (100 kg)(9,8)(0,067)$

$m = 65,66 [N \cdot m] \rightarrow NO$

→ RESISTE 80 kg?

• $m = (80 kg)(9,8)(0,067)$

$m = 52,52 [N \cdot m] \rightarrow NO$

→ RESISTE 70 kg?

• $m = (70 kg)(9,8)(0,067)$

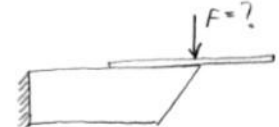
$m = 45,96 [N \cdot m] \rightarrow NO$

→ RESISTE 65 kg?

• $m = (65 kg)(9,8)(0,067)$

$m = 42,68 [N \cdot m] \rightarrow SI$

II) SOPORTE VERTICAL:



A) RESISTENCIA normal:

$W_{vnt} = 7 kg$

• $F = (7 kg)(9,8)$

$F = 68,6 [N]$

B) RESISTENCIA maxima:

→ RESISTE 60 kg?

$F = (60 kg)(9,8)$

$F = 588 [N] \rightarrow NO$

→ RESISTE 50 kg?

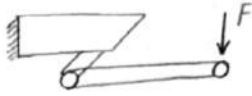
$F = (50 kg)(9,8)$

$F = 490 [N] \rightarrow SI$

Fuente: Autor.

Cálculos parte 2

III BARRANDA:



(A) RESISTENCIA NORMAL:

$W_{\text{mano}} = 20 \text{ kg}$
 $F = (20 \text{ kg})(9,8)$
 $F = 196 \text{ N}$

(B) RESISTENCIA MAXIMA:

→ RESISTE 80 kg?
 $F = (80 \text{ kg})(9,8)$
 $F = 784,8 \text{ N} \rightarrow \text{NO}$

→ RESISTE 50 kg?
 $F = (50 \text{ kg})(9,8)$
 $F = 490 \text{ N} \rightarrow \text{SI}$

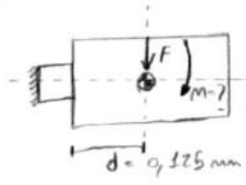
IV DISTRIBUCIÓN UCIM Tipo I:

- COMPONENTES:
 - ✓ Ventilador
 - Monitor
 - Panel eléctrico
 - ✓ Panel gases
 - Superficie
 - ✓ BARRANDA
 - Almacenamiento (x2)
 - Succión

→ DEFINIR LAS FUERZAS:

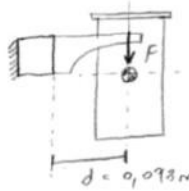
- SUPERFICIE:
 - $F = (20 \text{ kg})(9,8)$
 - $F = 196 \text{ N}$

- ALMACENAMIENTO:



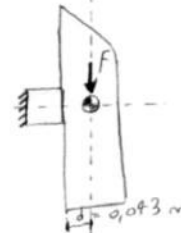
$W_{\text{caso}} = 10 \text{ kg}$
 $d = 0,125 \text{ m}$
 $M = (10 \text{ kg})(9,8)(0,125 \text{ m})$
 $M = 12,25 \text{ [N.m]}$

- SUCCIÓN:



$W_{\text{succion}} = 10 \text{ kg}$
 $d = 0,098 \text{ m}$
 $M = (10 \text{ kg})(9,8)(0,098 \text{ m})$
 $M = 9,6 \text{ [N.m]}$

- PANEL ELECTRICO:

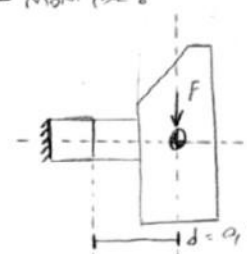


$W_{\text{pe}} = 10 \text{ kg}$
 $d = 0,043 \text{ m}$
 $M = (10 \text{ kg})(9,8)(0,043 \text{ m})$
 $M = 4,2 \text{ N.m}$

Fuente: Autor.

Cálculos parte 3

MONITOR :



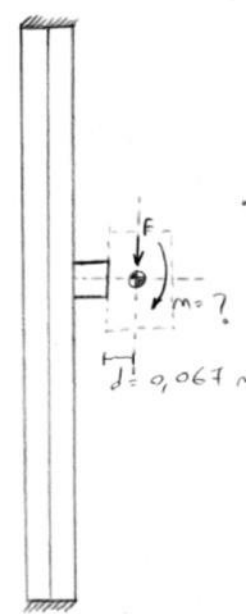
$W_{monitor} = 10 \text{ kg}$

$d = 0,083 \text{ m}$

$M = (10 \text{ kg}) (9,8) (0,083 \text{ m})$

$M = 8,13 \text{ N.m}$

Columna :



$W_{p.c} = 20 \text{ kg}$

$d = 0,067 \text{ m}$

$m = ?$

RESISTENCIA MAXIMA :

→ RESISTE 80 kg?

$M = (80 \text{ kg}) (9,8) (0,067)$

$M = 52,52 \text{ [N.m]}, \rightarrow \text{Si}$

* TAMBIEN SE NOTA QUE LA RESISTENCIA DEL "SOPORTE CUBO" SE AUMENTA CON LA FLEXIBILIDAD DEL ALUMINIO.

→ RESISTE 2000 kg?

$M = (2000 \text{ kg}) (9,8) (0,067)$

$M = 1313,2 \text{ [N.m]}, \rightarrow \text{Si}$

→ RESISTE 6.000 kg?

$M = (6000 \text{ kg}) (9,8) (0,067 \text{ m})$

$M = 3939,6 \text{ [N.m]}, \rightarrow \text{Si}$

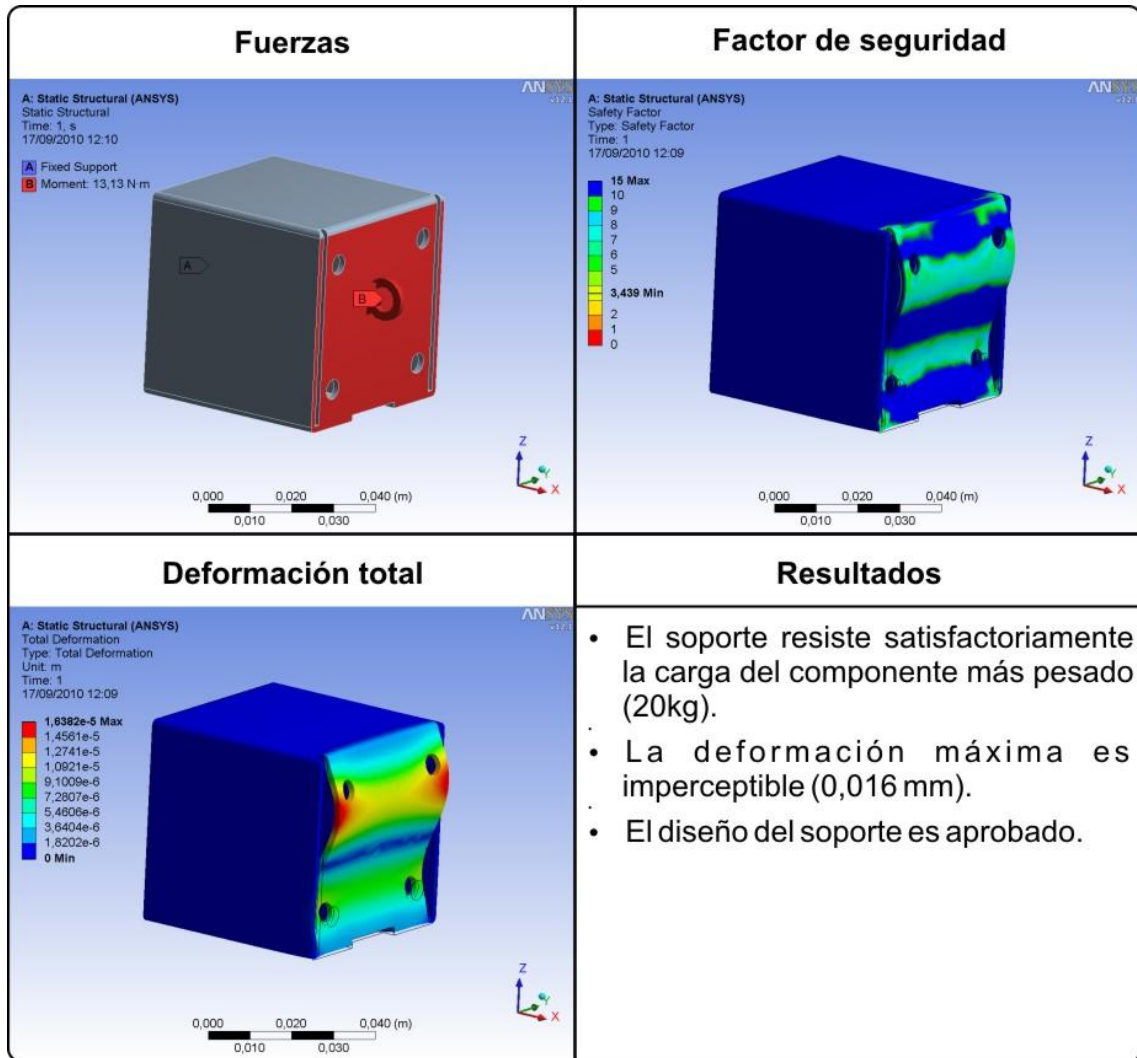
RESISTENCIA NORMAL.

$M = (20 \text{ kg}) (9,8) (0,067 \text{ m})$

$M = 13,13 \text{ [N.m]}$

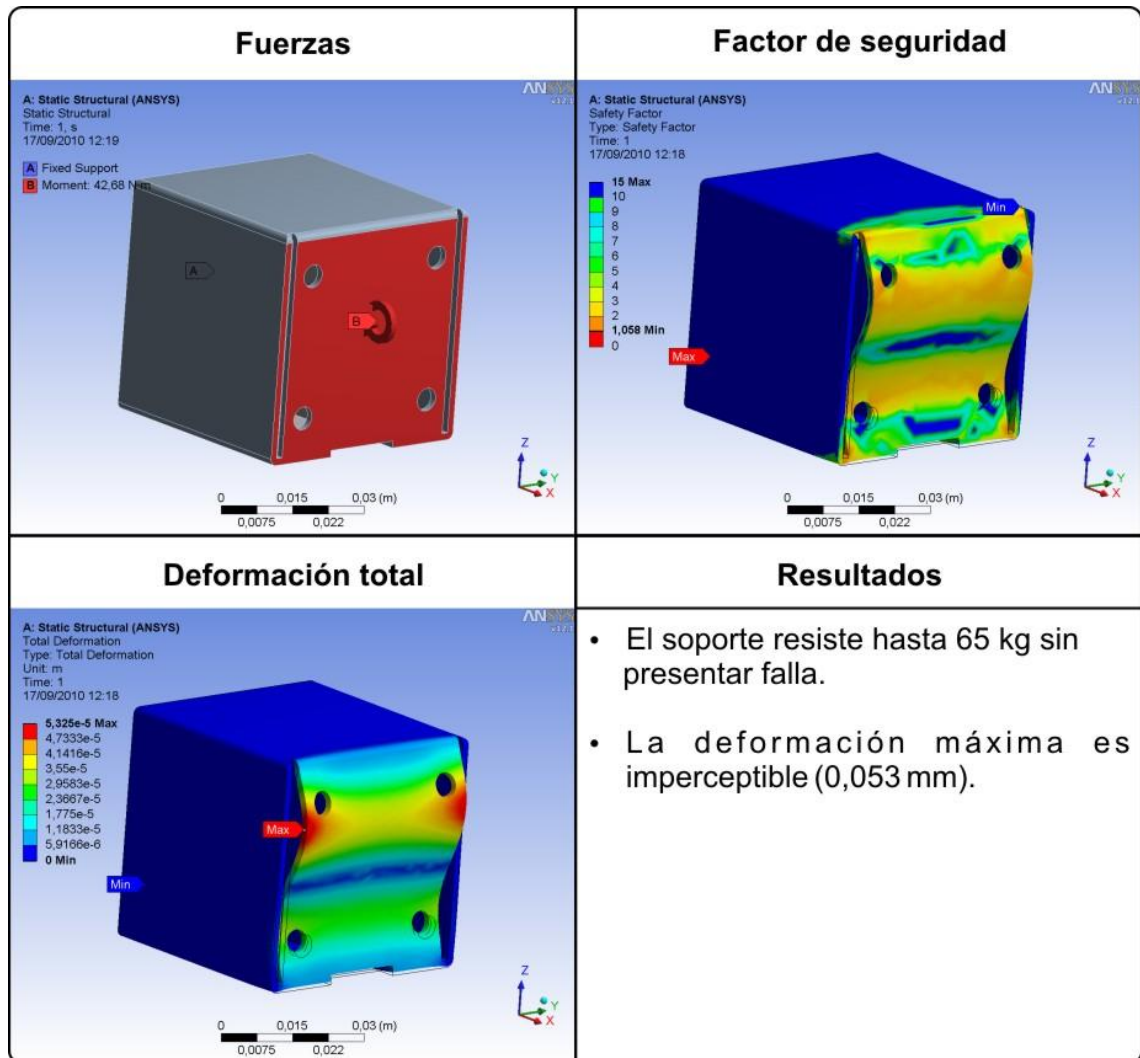
Fuente: Autor.

Simulación soporte Cubo Resistencia Normal



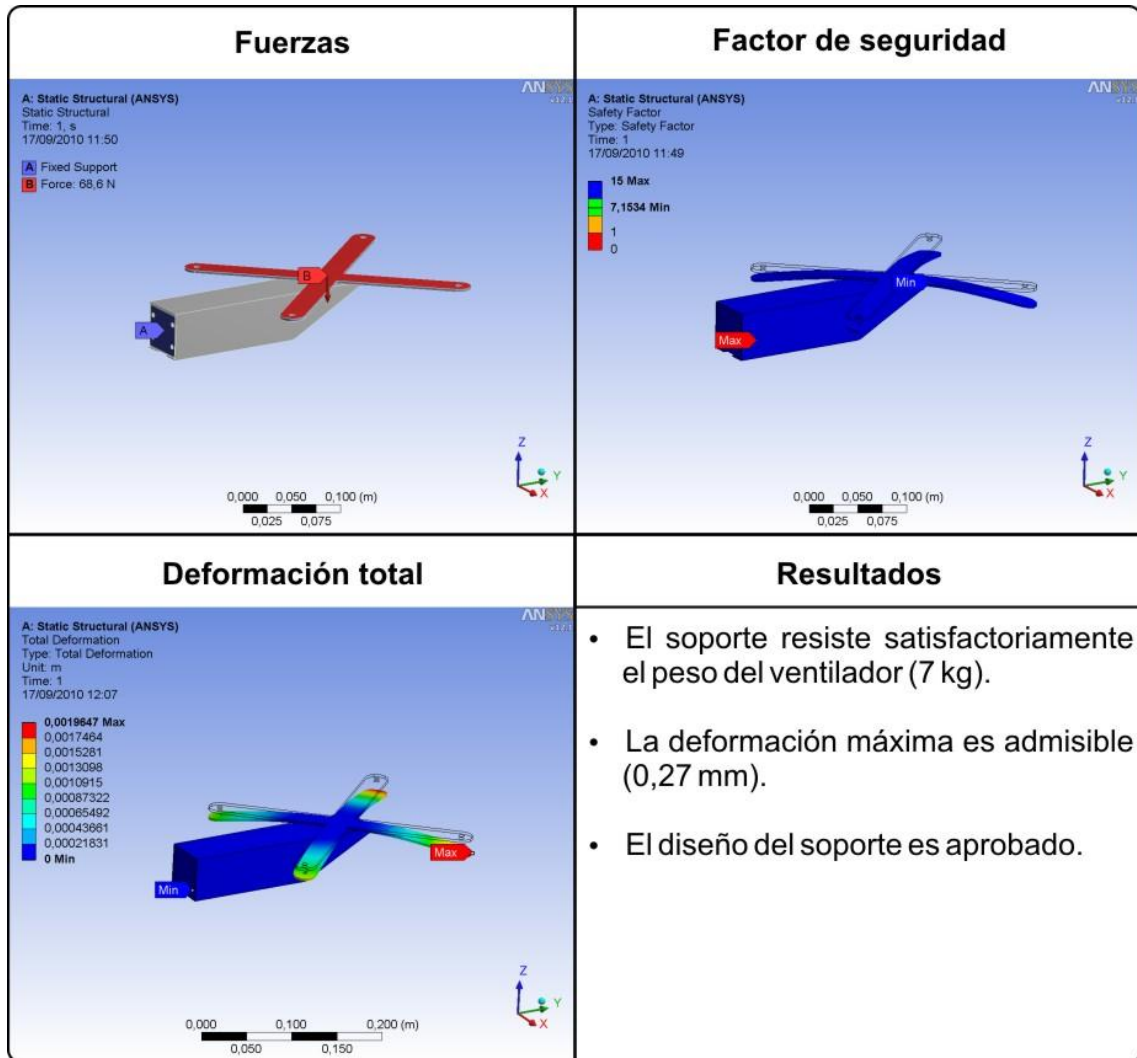
Fuente: Autor.

Simulación soporte Cubo Resistencia Máxima



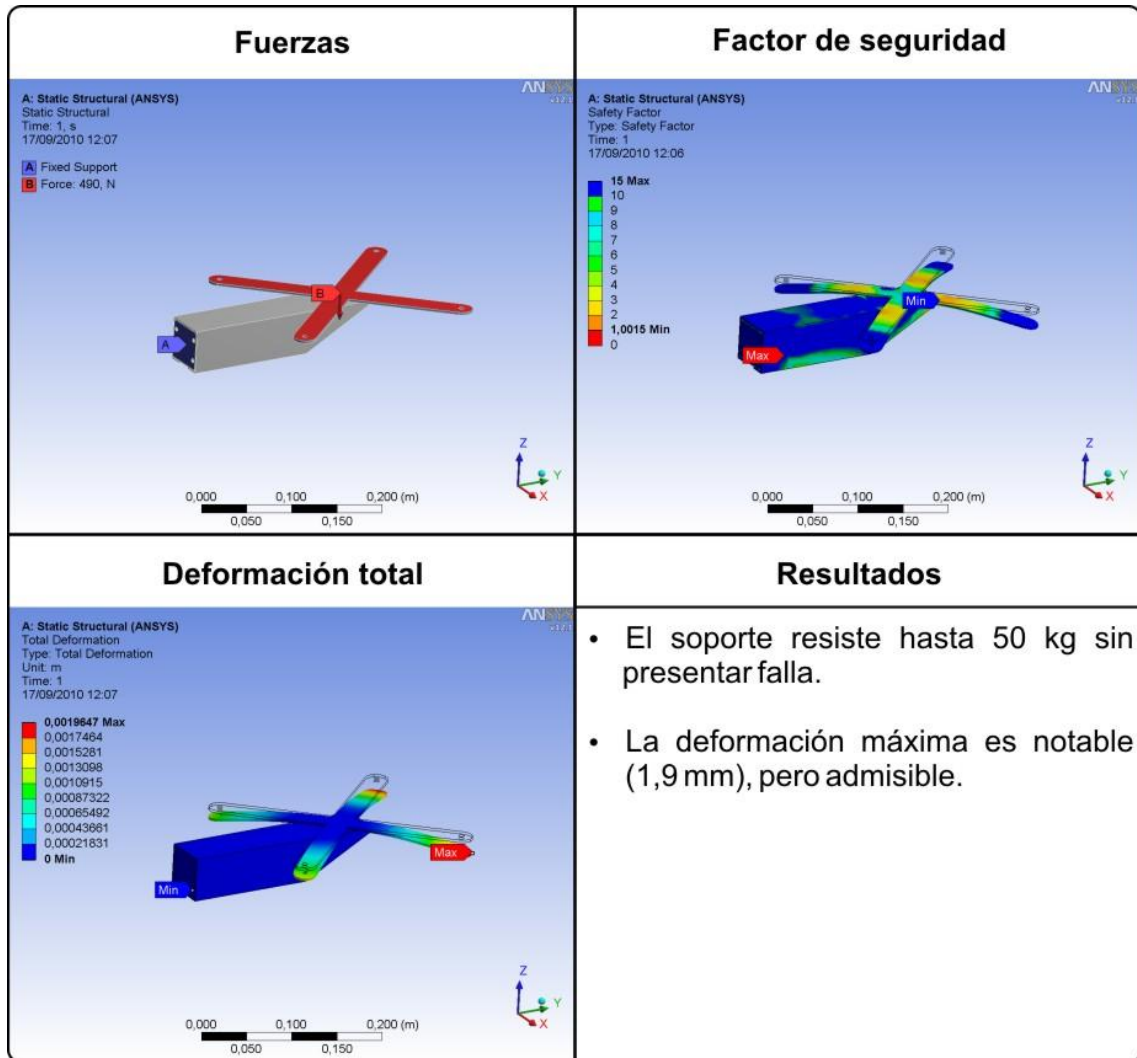
Fuente: Autor.

Simulación Soporte ventilador Resistencia Normal



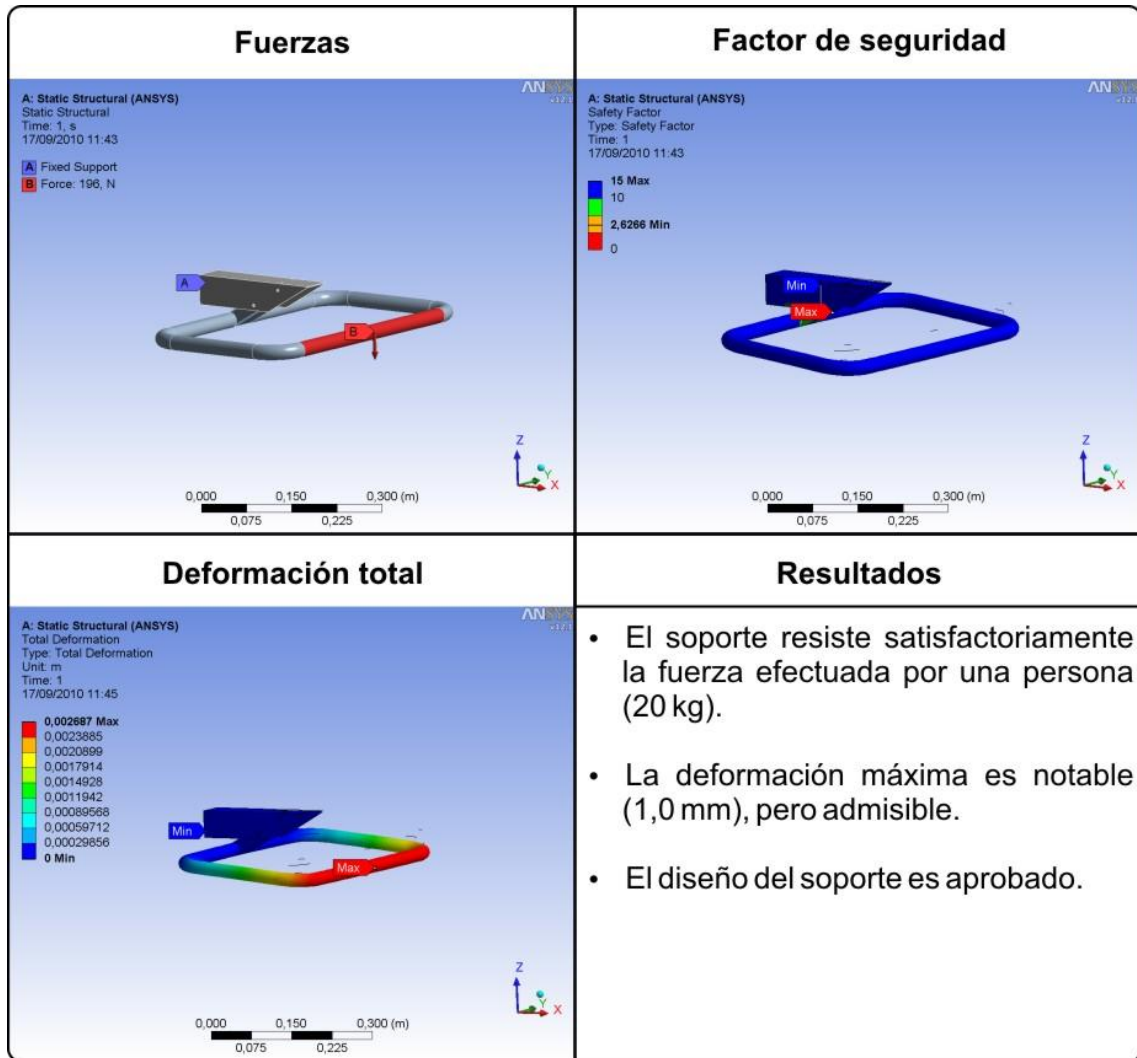
Fuente: Autor.

Simulación Soporte ventilador Resistencia Máxima



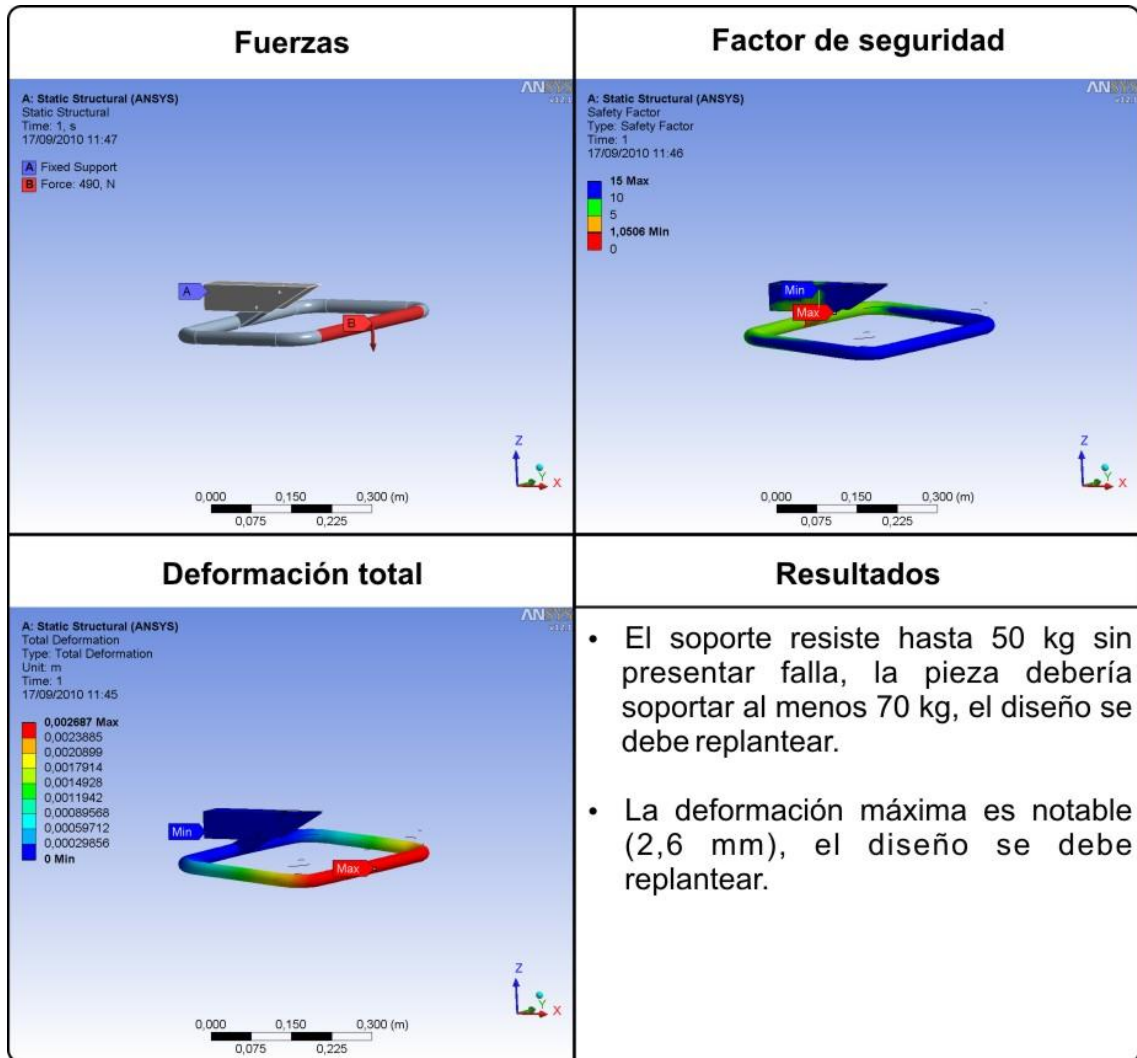
Fuente: Autor.

Simulación manubrio resistencia normal



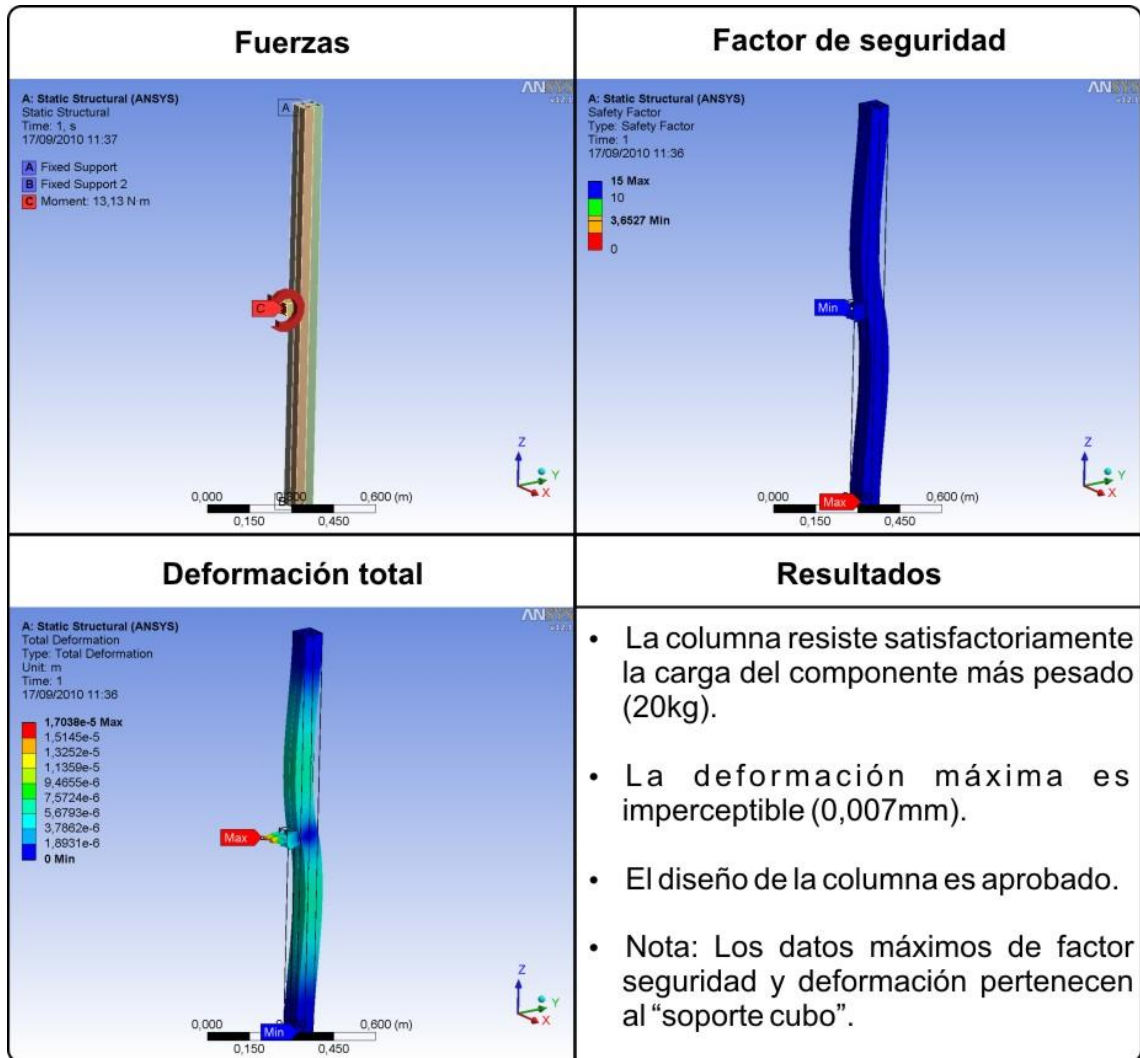
Fuente: Autor.

Simulación manubrio resistencia máxima



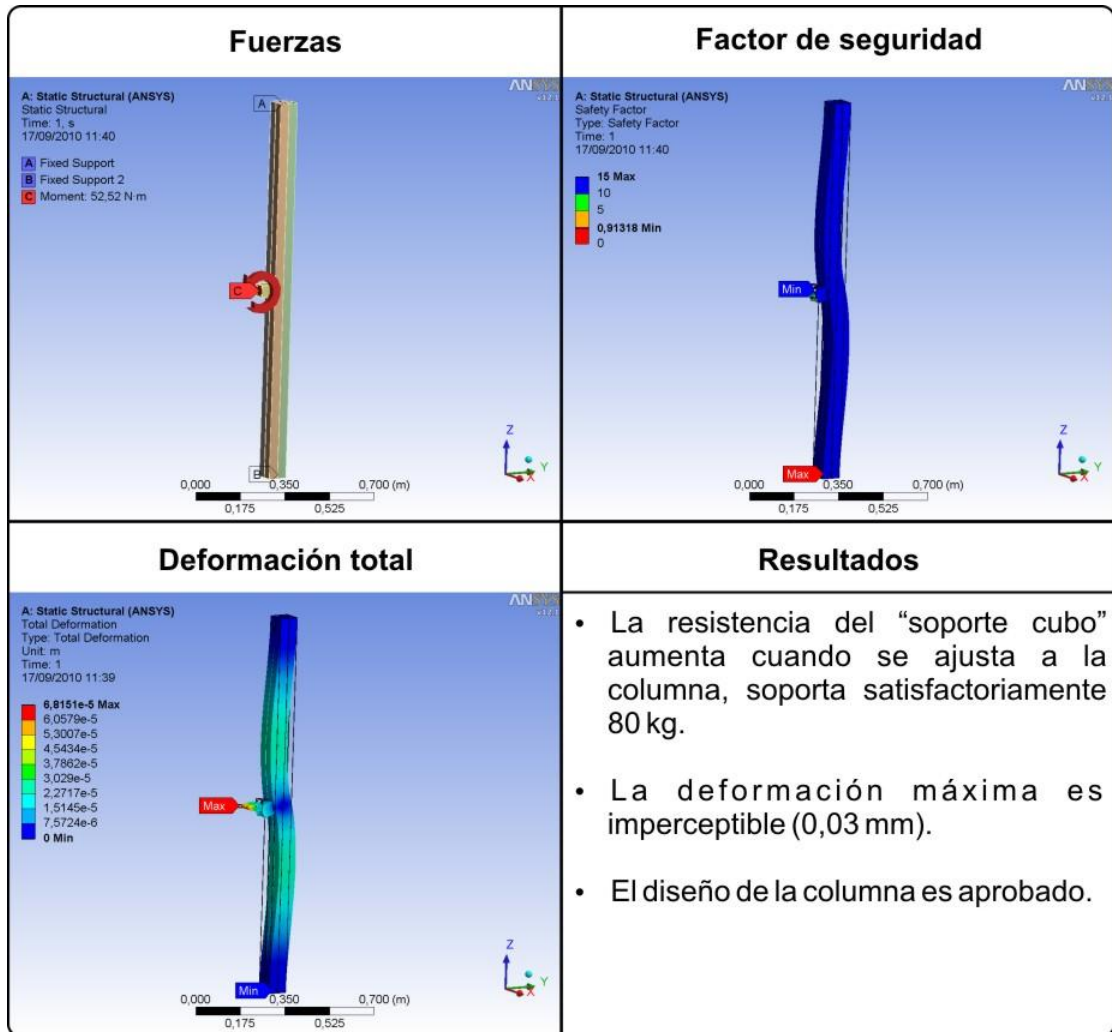
Fuente: Autor.

Simulación Columna Resistencia Normal



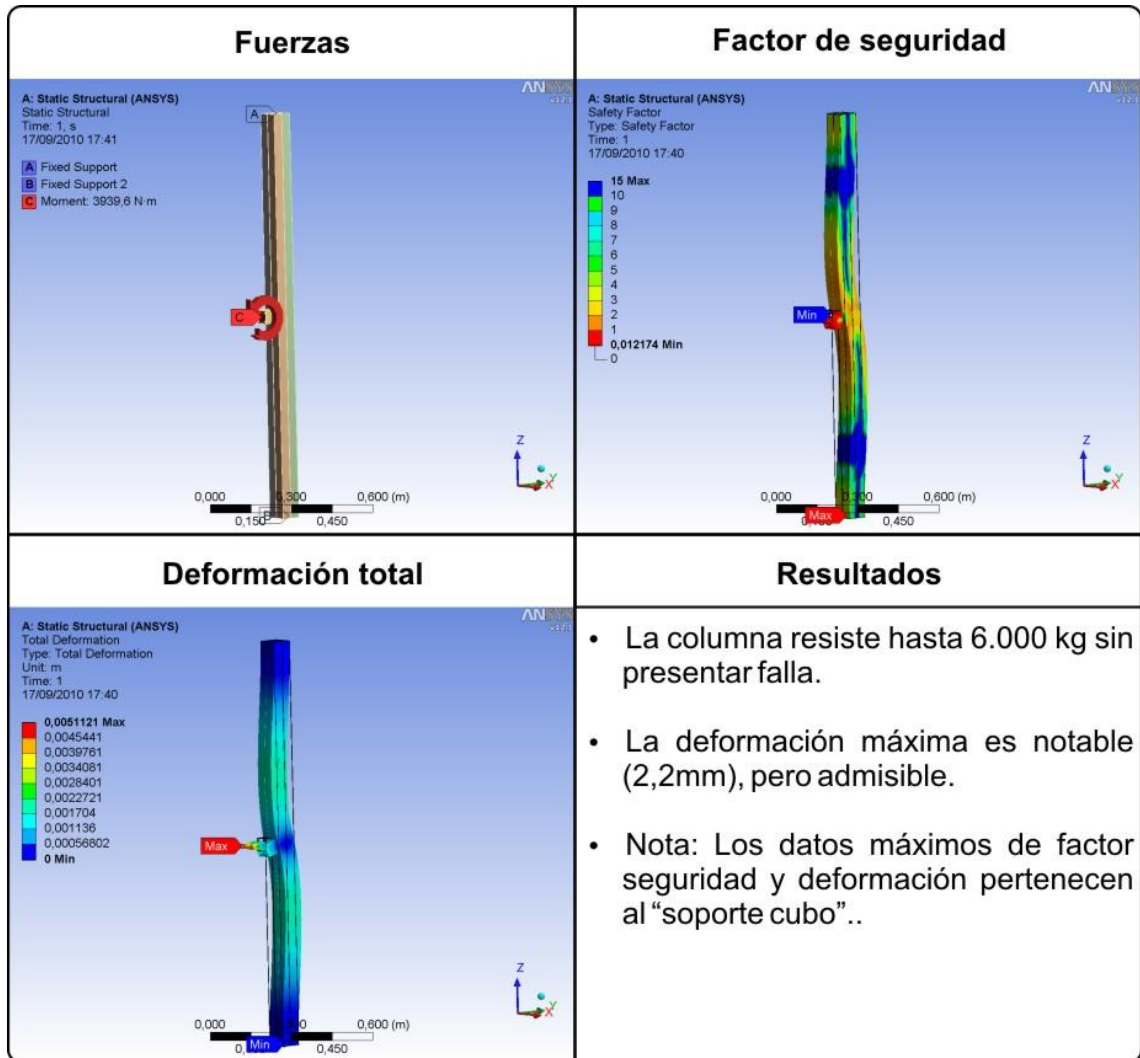
Fuente: Autor.

Simulación Columna Resistencia Máxima 1



Fuente: Autor.

Simulación Columna Resistencia Máxima 2



Fuente: Autor.