

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO CONCURRENTES DE UN DISPOSITIVO TÉRMICO PARA DISMINUIR LA HIPOTERMIA EN EL RECIÉN NACIDO (ATÉRMINO Y PRETÉRMINO)

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por La Bachiller:
Caldeira Marquez, Gladys
para optar al Título
de Ingeniero Mecánico

Caracas, 2003

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO CONCURRENTES DE UN DISPOSITIVO TÉRMICO PARA DISMINUIR LA HIPOTERMIA EN EL RECIÉN NACIDO (ATÉRMINO Y PRETÉRMINO)

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Ing. Víctor Othman Falcón

TUTOR CIENTÍFICO: Dr. Rafael Godoy

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por La Bachiller:
Caldeira Marquez, Gladys
para optar al Título
de Ingeniero Mecánico

Caracas, 2003

Dedicatoria

- A mis padres, hermanos y abuelos porque me han brindado su amor.
- A mi esposo por todo su Amor, y porque me enseñó a tener fortaleza y a vencer cualquier problema aunque estos sean de gran magnitud.
- A mi única tía, que es como mi segunda mamá, por todo su amor y apoyo incondicional.
- A toda mi familia.

Reflexión

En la vida no es importante ser, tener
ni parecer; lo importante es
hacer, construir y desarrollar.

Agradecimientos

- A Dios y la Virgen, por iluminarme y guiarme en el mejor camino.
- A la Universidad Central de Venezuela, por permitir ser parte de ella.
- Al profesor Víctor Othman Falcón, por sus consejos y apoyo académico para la elaboración de este trabajo.
- Al Dr. Rafael Godoy, por su gran aporte, colaboración, interés y preocupación por el éxito de este proyecto.
- A todo el personal médico y de enfermería, del Hospital Universitario, por brindarme el apoyo incondicional para la realización de las pruebas, y en especial al Dr. Oscar Reinoza por su valiosa ayuda.
- A la empresa Afelplast, C.A. por facilitarme sus instalaciones para la construcción de parte del dispositivo, y en especial a Sr. Rafael Morales, pues sin su valiosa ayuda fuera más difícil lograr la realización de este proyecto.
- A la empresa Ceramic-Cover de Venezuela, por aportar su colaboración en material e información de uno de los materiales utilizados en este proyecto.
- A la empresa Caivet, C.A. por facilitar el apoyo y aporte de un equipo utilizado para la realización de una de las pruebas.
- A mis amigos, en especial a José Adarmes por su valiosa colaboración y apoyo incondicional y a Hector Troya por estar conmigo dándome el apoyo necesario.
- A todas aquellas personas que han contribuido de una u otra forma, en la elaboración de este proyecto.

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
RESUMEN.....	viii

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

1 Introducción.....	2
1.1 Antecedentes.....	4
1.2 Planteamiento de la Necesidad del Proyecto.....	6
1.3 Objetivos.....	8
1.3.2 Objetivo General.....	8
1.3.2 Objetivos Específicos.....	8

CAPITULO II: FUNDAMENTOS SOBRE LA TERMORREGULACIÓN EN EL RECIÉN NACIDO

2.1. Aspectos Clínicos.....	10
2.2. Temperatura y Humedad en el Recién Nacido.....	12
2.2.1 Temperatura.....	12
2.2.2 Humedad.....	12
2.3. Hipotermia Pediátrica.....	13
2.4. Mecanismo de Transmisión de Calor.....	14
2.5. Termorregulación en el Recién Nacido.....	15
2.5.1. Las pérdidas de Calor en los Recién Nacidos.....	16
2.5.2. La Producción de Calor en los Recién Nacidos.....	17

2.5.3. Ambiente Térmico.....	18
2.5.4. Efectos del Ambiente Térmico en el Recién Nacido.....	19
2.5.5. Balance Calórico en el Recién Nacido.....	20
2.5.6. Termorregulación.....	21
2.5.7. Fisiopatología del Enfriamiento.....	23
2.5.8. Sintomatología.....	24
2.5.9. Efectos Desfavorables.....	24
2.5.10. Factores no Térmicos que Influyen en la termorregulación.....	26
2.6. Prevención y Tratamiento sobre la Hipotermia.....	26

CAPITULO III: PROCESO DE DISEÑO

3.1. Metodología del Diseño.....	30
3.1.1. Restricciones Preliminares.....	30
3.1.2. Método de Diseño.....	30
3.2. Marcha Analítica de Diseño.....	31
3.3. Selección del Tipo de Calentamiento para el Dispositivo.....	49
3.3.1. Análisis Morfológico.....	51
3.3.2. Parámetros de Evaluación.....	51
3.3.3. Escala de Evaluación.....	52
3.3.4. Matriz de Evaluación.....	52
3.3.5. Análisis y Resultado de la Matriz de Evaluación.....	53
3.4. Evaluación del Tiempo de Calentamiento del Dispositivo en el Microondas..	53

CAPITULO IV: CONSTRUCCIÓN Y COSTOS

4.1. Construcción del Dispositivo.....	58
4.2. Costos.....	70
4.2.1. Costo del Troquel.....	70
4.2.2. Costo del gorro.....	71

CAPITULO V: RESULTADOS

5.1. Procedimiento de Medición de las Pruebas Realizadas.....	73
5.3. Gráficas y Análisis.....	74
5.4. Análisis de los Resultados.....	83
CONCLUSIONES.....	85
RECOMENDACIONES.....	86
BIBLIOGRAFÍA.....	89
ANEXOS.....	93
ANEXO A.....	94
ANEXO B.....	97
ANEXO C.....	103
ANEXO D.....	107
ANEXO E.....	115
ANEXO F.....	116
ANEXO G.....	118
ANEXO H.....	128
ANEXO I.....	137
ANEXO J.....	139

Figura 2.1.	Distintos mecanismos de pérdidas de calor en el recién nacido.	15
Figura 3.1.	Etapas de transición del gel.	34
Figura 3.2.	Uniones de gel.	35
Figura 3.3.	Equipo Datatrack 3000.	37
Figura 3.4.	Gráfica de temperatura Vs tiempo, de las cuatro muestras	38
Figura 3.5.	Gráfico de temperatura Vs tiempo de las muestra B y D.	39
Figura 3.6.	Representación de las prop. mecánicas de los polímeros reales.	44
Figura 3.7.	Dibujo esquemático de la Idea A.	49
Figura 3.8.	Dibujo esquemático de la Idea B.	50
Figura 3.9.	Dibujo esquemático de la Idea C.	50
Figura 3.10.	Dibujo esquemático de la Idea D.	51
Figura 4.1.	Representación del patrón de diseño.	60
Figura 4.2.	Perspectiva isométrica de la esfera en el prog. Mechanical Destktop.	61
Figura 4.3.	Representación de la forma de los troqueles.	63
Figura 4.4.	Compresa del gorro A, Compresa del gorro B.	65
Figura 4.5.	Fabricación Final de la compresa Individual.	65
Figura 4.6..	Máquina de Radio frecuencia.	67
Figura 4.7.	Confección del gorro.	69
Figura 4.8.	Diseño final del gorro.	70
Figura 5.1.	Equipo de medición, Termocupla tipo K y Pirómetro.	74
Figura 5.2.	Gráfica de temperaturas axilares promedio vs tiempo.	75
Figura 5.3.	Gráfica de temperaturas rectales promedio vs tiempo.	76
Figura 5.4.	Gráfica de variaciones de temperaturas axilares (gorro A).	77
Figura 5.5.	Gráfica de variaciones de temperaturas rectales (gorro A).	78
Figura 5.6.	Gráfica de variaciones de temperaturas axilares (gorro B).	79
Figura 5.7.	Gráfica de variaciones de temperaturas rectales (gorro B).	80
Figura 5.8.	Gráfica de temperaturas vs tiempo con gorro A y gorro B.	81
Figura 5.9.	Gráfica de la desviación estándar de temperatura de los gorros A y B	82

Tabla 3.1.	Propiedades físicas de la fibra de algodón	48
Tabla 3.2.	Matriz de evaluación.	52
Tabla 3.3.	Cuadro de pruebas de calentamiento para gorro A.	55
Tabla 3.4.	Cuadro de pruebas de calentamiento para gorro B.	56
Tabla 4.1.	Crecimiento de los recién nacidos (año 1995)	59
Tabla 4.2.	Materiales, herramientas y equipos para la construcción de los troqueles.	62
Tabla 4.3.	Especificaciones de la maquina de radio frecuencia.	67
Tabla 4.4.	Materiales, instrumentos y equipos para la confección del gorro.	68
Tabla 4.5.	Costos para la construcción de los tres troqueles.	70
Tabla 4.6.	Costo de fabricación por gorro.	71

Caldeira M., Gladys.

**DISEÑO CONCURRENTE DE UN DISPOSITIVO TÉRMICO PARA
DISMINUIR LA HIPOTERMIA EN EL RECIÉN NACIDO
(ATÉRMINO Y PRETÉRMINO)**

Tutor Académico: Ing. Víctor Othman Falcón,

Tutor Científico: Dr. Rafael Godoy. Tesis.

Caracas, U.C.V., Facultad de Ingeniería. Escuela de Mecánica. 2003, n° pag. 139

Palabras clave: Dispositivo, Térmico, Hipotermia, Recién Nacidos, Diseño.

Este trabajo especial de grado tiene como objetivo diseñar y construir un dispositivo térmico que permita el aporte y disminución de la pérdida de calor en la región craneana de los recién nacidos, con miras a disminuir la posibilidad de **HIPOTERMIA** y de mantener la temperatura entre los valores de 36,5 a 37 °C. El dispositivo térmico consiste en un gorro de bebé diseñado con materiales no nocivos para la salud. Su diseño está basado principalmente en la construcción de unas compresas rellenas de un gel seleccionado en base a sus propiedades térmicas entre las que se destaca la de absorber una cierta cantidad de calor y mantener la temperatura el mayor tiempo posible. Inicialmente se seleccionaron los materiales más adecuados de acuerdo a aquellas características susceptibles de ser utilizadas en el dispositivo. Luego se desarrolló la configuración del dispositivo por conveniencia geométrica. Se selecciona el tipo y el tiempo de calentamiento más adecuado para el dispositivo, con miras a facilitar su utilización. Por último se evaluó el funcionamiento del dispositivo con los recién nacidos a través de la realización de pruebas experimentales en vivo para determinar el ciclo de operación, obteniéndose resultados satisfactorios durante su operación y manejo.

CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

1.1 INTRODUCCIÓN

Si en gran medida la disminución de las tasas de mortalidad infantil neonatal se ha debido a la aparición del cuidado intensivo neonatal y por lo tanto del tratamiento especializado de los problemas relacionados con el recién nacido y la inmadurez. En este sentido, la vertiginosa evolución de la tecnología va a impactar aún más en el futuro manejo de estos pacientes. Es evidente que la tecnología ayudará a conocer de manera más clara el estado fisiológico y la respuesta a la enfermedad y a los tratamientos.

En los recién nacidos (RN) de muy bajo peso de nacimiento, es decir 1500 gramos ó menos, ¹ las consecuencias de la hipotermia dan lugar a una secuela de situaciones que en organismos tan pequeños pueden y causan desenlaces fatales con mucha frecuencia. El conocimiento de estas secuelas dio origen al uso de la incubadora produciéndose un gran cambio en la atención de los prematuros. En la termorregulación intervienen dos mecanismos: la producción endógena de calor y la pérdida de calor al ambiente. En los niños prematuros ambos mecanismos operan adversamente pues se conoce que el breve desarrollo de sus sistemas metabólicos origina deficiencias en la producción de calor mientras que son fácilmente susceptibles a perder calor hacia el ambiente pues tienen grandes zonas del cuerpo directamente expuestas sin la protección natural que aportan el cabello y las capas de grasa bajo la piel.

Intentar mantenerlos en un ambiente lo más parecido al "útero materno", favoreciendo su desarrollo físico y emocional, justifica el desarrollo de un plan de cuidados integrales para mantener a éstos recién nacidos en un "estado de equilibrio".

¹ Fuente <http://www.imbiomed.com.mx/Tabasco/Stv08n1/St0021-02.pdf>

De todas las partes expuestas del cuerpo de estos recién nacidos, es la cabeza la que requiere mayor cuidado pues es la superficie de piel más expuesta y de mayor extensión, en donde se encuentran las ramificaciones del nervio Trigémino a niveles frontal y parietal, cuya función es la de percibir la temperatura de estas zonas. Las sensaciones térmicas recibidas darán origen a una serie de reacciones fisiológicas complejas a nivel sistémico que someten al organismo del recién nacido a exigencias cuya respuesta dependerá del grado de consolidación de sus mecanismos metabólicos, vale decir poco desarrollados a esta temprana edad. Para resolver esta situación y utilizando la experiencia popular de madres y abuelas, se ha pensado en el desarrollo de un gorro térmico que es un dispositivo dirigido a proporcionar estabilidad en la temperatura de la cabeza, simplicidad y seguridad en su utilización, inocuidad y bajo el marco de costos razonables.

Es importante destacar que el realizar mediciones sistemáticas de temperaturas en los Recién Nacidos durante las primeras horas que siguen al nacimiento con y sin la utilización de un dispositivo (gorro térmico) innovador, es de mucha importancia para la investigación de este proyecto, ya que el progreso de la medicina se basa en la investigación, la cual, en último término, tiene que recurrir muchas veces a la experimentación en seres humanos. El dispositivo a diseñar debe ser de carácter no invasivo, y de ningún tipo de riesgo.

El objetivo del análisis es conocer más de cerca el problema y clarificar todo lo que se conoce acerca del mismo.

El ámbito de la ingeniería de manufactura incluye muchas actividades y responsabilidades que depende del tipo de operación que se realizan. La planeación de procesos implica determinar los procesos de manufactura más adecuados y el orden en el cual se deben realizarse para producir un producto determinado, que se especifica en la ingeniería de diseño. El objetivo es desarrollar un diseño del producto

que no solo cumpla con los requerimientos funcionales y de rendimiento, sino que también pueda producirse a costos razonables, con un mínimo de problemas técnicos en el tiempo más corto posible y con la mayor calidad.

1.2 ANTECEDENTES

Las muertes neonatales precoces se asocia con los recién nacidos de bajo peso (RNBP) o prematuros, que son los índices predictivos más importantes de la mortalidad infantil por su asociación a mayor riesgo de morbilidad, mortalidad y secuelas neurológicas.²

De allí el reto de los obstetras, neonatólogos y enfermeras en la búsqueda de tecnologías apropiadas para ofrecer una mejor atención que repercutirá en una mejor calidad de vida de este grupo de pacientes de alto riesgo.

A fines del siglo XIX ³ los primeros neonatólogos se dieron cuenta que la mortalidad del prematuro se asociaba al enfriamiento; ha pasado más de un siglo y uno de los grandes problemas en las unidades de atención inmediata sigue siendo cómo lograr una temperatura neutra ambiental. Los prematuros sufren problemas especiales que les dan desventaja en el mantenimiento de la temperatura.

Es importante la anticipación en la atención de prematuros (coordinación del obstetra con el neonatólogo) para evitar secuelas en el futuro; hay que tener en cuenta que de una buena atención en los primeros minutos de vida de todo recién nacido (RN) dependerá su pronóstico.

² Fuente [http:// www.imbiomed.com.mx/Tabasco/Stv08n1/St0021-02.pdf](http://www.imbiomed.com.mx/Tabasco/Stv08n1/St0021-02.pdf)

³ Información extraída de la pagina: <http://www.imbiomed.com.mx/Tabasco/Stv08n1/St0021-02.pdf>

El feto desarrolla sus capacidades dentro de un refugio de excepcionales características. La temperatura que lo rodea (37 °C) es perfecta y la luz apenas existe. Mientras dura la vida intrauterina permanece recogido y se siente abrigado.

Pero este paraíso no dura eternamente, antes o después, llega el momento de dejarlo atrás. El día del nacimiento es la fecha clave.

En el momento en que el recién nacido irrumpe en el mundo, experimenta un cambio de temperatura muy considerable, la luz y los ruidos también le resultan molestos. Nacer es una experiencia traumática, sin embargo, todas las complejas emociones que siente el bebé provocan una reacción benéfica sobre su organismo; por ejemplo, el frío desencadena el proceso respiratorio.

Los médicos saben lo difícil que resulta para los pequeños superar estas primeras horas, por eso en los últimos años, están cambiando muchas cosas en los hospitales del todo el mundo.

La clínica antroposófica Filder, situada en Filderstadt, en Alemania, es uno de los centros más atentos y sus costumbres son muy especiales. La primera norma es que a todos los bebés nacidos en este hospital se les coloca un gorrito de lana tejido por las propias enfermeras. No se trata de un mero capricho, ya que la cabeza es la parte del cuerpo por la que más calor pierden los neonatos.

Los recién nacidos son particularmente susceptibles a la hipotermia porque su área de superficie cefálica es grande comparada con su volumen corporal, lo cual contribuye a la pérdida de calor; carecen de aislamiento; pues tienen pocos tejido graso y no tienen masa corporal suficiente que asegure la inercia térmica que les permitiría producir y conservar el calor. Por otra parte, dependen de las personas que los atienden para mantenerse abrigados y secos. La atención del recién nacido incluye

mantenerlo caliente, secándolo inmediatamente después del parto y postergando el baño hasta que la temperatura se haya estabilizado.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los recién nacidos se clasifican por su edad gestacional en recién nacidos a término (cuya edad gestacional calculada a partir del primer día del último período menstrual es entre 38 a 41 semanas, y sucede en la mayoría de los casos) y pretérmino (cuya edad gestacional calculada a partir del primer día del último período menstrual es menor de 37 semanas completas). La información de edad gestacional es menos confiable que la del peso al nacer.

Independientemente de su edad gestacional los recién nacidos son muy sensibles a los cambios de temperatura, es por esta razón que cualquier mecanismo que se pueda utilizar para conservar la homeostasis térmica será de gran utilidad.

Hay varios motivos para que el recién nacido desarrolle una excesiva pérdida de calor. En primer lugar, la superficie de exposición del neonato es mucho mayor que la de los adultos comparado con la masa corporal. En segundo lugar, los neonatos muy pequeños tienen una capacidad mucho menor para almacenar las reservas térmicas.

La respuesta homeotérmica al ambiente frío se inicia con la sensación de la temperatura. La fisiología tradicional identifica dos lugares sensibles a la temperatura: el hipotálamo y la piel. La sensación del frío por la piel del neonato desencadena una respuesta adaptada al frío que se produce antes que los sensores centrales del hipotálamo lleguen a enfriarse. Algunos investigadores creen que en el neonato los receptores del frío se localizan en la piel, mientras que los receptores del calor se encuentran en el hipotálamo. Sin embargo, es probable que ambos sensores

estén integrados, ya que la respuesta sensorial al frío es inhibida por el sensor central de hipertermia y viceversa. La sensación periférica del frío por la piel es importante teleológicamente, dado que la detención precoz de la pérdida de calor permite al lactante dar una respuesta a tiempo para mantener la temperatura central.

Un recién nacido a término tiene un peso promedio de 3,500 kg, una talla de 50 cm y una circunferencia cefálica de 35 cm. La relación entre su circunferencia cefálica y su talla evidencia que la circunferencia cefálica corresponde al 70 % de su superficie corporal, lo cual condiciona que una gran área de su organismo esté expuesta a los mecanismos de pérdida de calor: conducción, convección, radiación y evaporación.

La hipotermia es el descenso de la temperatura por debajo de los 36,5 grados centígrados (36,5 °C). El mayor riesgo de hipotermia se observa en el recién nacido, sobre todo si es prematuro, debido a que su superficie cutánea es grande en relación con su peso y que su centro termorregulador no es capaz de regular bien la temperatura (por eso es la necesidad de incubadora).

Los aspectos más cruciales de la atención esencial al recién nacido son el calor y la respiración. Colocar a los bebés sobre una superficie tibia y secarlos al nacer, contribuye a mantener la temperatura corporal y a prevenir la hipotermia.

El recién nacido menor de 1000 gramos es incapaz de adaptarse al ambiente, es el ambiente el que debe adaptarse a sus capacidades para darle apoyo.

Actualmente se desarrollan nuevas alternativas de aparatos seguros y eficaces que puedan utilizarse en lugar de una bolsa de agua tibia. De este hecho surge la necesidad de diseñar un dispositivo que atienda la necesidad de proveer protección en

la superficie cutánea del recién nacido para que cuando se encuentre en exposición al frío evite así su enfriamiento corporal.

Todo esfuerzo que se realice, para disminuir la incidencia de hipotermia en estos recién nacidos estará justificado, pues la hipotermia es la principal causa de dificultad respiratoria en los recién nacidos, que puede condicionar incluso su ingreso a las unidades de Terapia Intensiva Neonatal.

1.4 OBJETIVOS

Objetivo General:

Diseñar un dispositivo y su proceso de fabricación que permita el aporte de calor y disminuya la pérdida del mismo en la región craneana de los recién nacidos.

Objetivos Específicos:

- Determinar el estado de desarrollo de dispositivos similares existentes.
- Determinar los materiales y sus características susceptibles de ser utilizados en el dispositivo.
- Diseñar el dispositivo tomando en consideración el proceso de fabricación de manera de alcanzar la mejor relación de costo / producto.
- Fabricar el dispositivo.
- Efectuar pruebas que permita evaluar el comportamiento térmico del dispositivo.

CAPÍTULO 2

*FUNDAMENTOS SOBRE LA
TERMORREGULACIÓN EN EL RECIÉN NACIDO*

2.1 ASPECTOS CLÍNICOS

1. ¿Por qué no sudan los lactantes prematuros?

Los lactantes con edad gestacional menor de 30 semanas probablemente no sudan debido al desarrollo y diferenciación incompleta de las glándulas sudoríparas. En lactantes a término, de los cuales se tienen más datos, la respuesta de sudación máxima a estímulos térmicos equivale a un tercio de la que hay en los adultos, pese a que la densidad de glándulas sudoríparas es seis veces mayor.

2. ¿Experimentan estremecimientos los neonatos en algunas circunstancias?

Es incierto si los neonatos tienen o no estremecimientos. Algunos informes mencionan que se observan escalofríos solo a temperaturas menores de 22 a 24 °C. La generación de calor en los recién nacidos ocurre principalmente mediante termogénesis sin estremecimientos, por medio de actividad muscular y metabolismo de la grasa parda.

3. ¿Cómo mantiene la grasa parda caliente a los lactantes?

Los lactantes sometidos a frío dependen principalmente de mecanismos químicos para conservar la temperatura corporal. Cuando se les coloca en un ambiente frío, se activa el sistema nervioso simpático y se liberan noradrenalina y hormonas tiroideas. Estas hormonas inducen la lipólisis de las reservas de grasa parda, que se localiza sobre todo en las regiones de la nuca intraescapular, axilar, perirrenal, mediastínica y pararraquídea. Los triglicéridos de los depósitos de grasa parda se desdobl原因 en ácidos grasos y glicerol, que entran a las abundantes mitocondrias y generan el calor. La combustión de ácidos grasos en la grasa parda está regulada por una proteína no acoplada.

4. ¿Cuáles son los signos de lesiones por hipotermia en neonatos?

Estas ocurren principalmente en los de bajo peso al nacer. Las características de este síndrome incluyen alimentación deficiente, letargo y piel fría al contacto, relacionadas con temperaturas menor igual a 32,2 °C. Pese a la presencia de color rojo brillante en la piel, que es secundaria a la disociación disminuida de oxihemoglobina, estos lactantes tienen cianosis periférica central. Las respiraciones son superficiales, irregulares, y a veces, con gruñidos. También puede ocurrir bradicardia en función de grado de disminución de la temperatura. Otros signos comprenden depresión del sistema nervioso central (SNC) con menor reactividad, distensión abdominal con vomito y edema de la piel, incluida la cara, que puede evolucionar a esclerema. Las alteraciones metabólicas coexistentes incluyen acidosis metabólica, hipoglucemia, hiperpotasemia y azoemia.

5. ¿Cuáles son los mejores procedimientos para calentar un lactante hipotérmico?

Es tema de debate considerable si resulta preferible el recalentamiento rápido o lento, sin que se haya realizado buenos estudios con testigos para responder a esta interrogante. Una estrategia general consistiría en colocar el lactante en un ambiente cálido para prevenir pérdidas adicionales. Esto puede lograrse de mejor manera si se pone al paciente en una incubadora calentada por convección a 36 °C con un estudio térmico para disminuir las pérdidas por radiación y humedad incrementada a fin de reducir las pérdidas por evaporación. En estas condiciones, la temperatura del aire será aproximadamente igual al ambiente de la incubadora. La temperatura atmosférica debe vigilarse junto con la cutánea, la cual no debe exceder a la rectal en más de 1 °C. Si la temperatura del paciente no se estabiliza o disminuye, hay que elevar la temperatura de la incubadora a 37 °C y vigilar al paciente durante 15 minutos, caso de que todavía no haya mejoría, ha de aumentarse la temperatura a 38

°C. Si se requiere un ambiente de más de 38 °C, se ha de colocar una lámpara de calor o fomentera (manta térmica) sobre la incubadora para aumentar el calor de sus paredes y lograr el efecto buscado.

2.2 TEMPERATURA Y HUMEDAD EN LOS RECIÉN NACIDOS

2.2.1 Temperatura.

En los grandes prematuros, el metabolismo del tejido adiposo pardo y la producción de calor están muy disminuidos. Son propensos a sobrecalentamiento debido a su escaso aislamiento, limitada capacidad de sudoración y gran área de superficie.

El sobrecalentamiento aumenta las pérdidas de agua, la frecuencia respiratoria y cardiaca, la tasa metabólica y por tanto el consumo de oxígeno (O₂).

La hipotermia produce letárgica e intolerancia digestiva. Si persiste provoca apnea, bradicardia, acidosis y distrés respiratorio; en condiciones extremas aparecen signos de shock y coagulación intravascular diseminada (C.I.D.) La producción de calor obliga al consumo de O₂, el tono motor y la actividad están disminuidas.

2.2.2 Humedad.

En el Recién Nacido de muy bajo peso, las pérdidas de agua por evaporación están muy aumentadas por el escaso desarrollo de su epidermis; las consecuencias de las altas pérdidas de agua son: deshidratación, desbalance de líquidos y electrolitos, lesión del estrato córneo superficiales y posible absorción percutánea de tóxicos.

2.3 HIPOTERMIA PEDIÁTRICA

Las especies homeotérmicas requieren una temperatura corporal interna constante para preservar la función fisiológica y metabólica normal. Bajo circunstancias normales, la temperatura corporal central humana se conserva dentro de 0,4° C de su punto de ajuste (37° C).

Cuando la temperatura interna se desvía mucho de lo normal, se deteriora la función metabólica y puede sobrevenir la muerte.

Se entiende por hipotermia al estado producido por la reducción de la temperatura central por debajo de los 36° C.

Esta es mucho más frecuente entre los niños de bajo peso. Tanto los bebés pretérmino como los delgados para su edad gestacional tienen escasa grasa subcutánea y un centro termorregulador deficiente. La causa más frecuente es el calentamiento por defecto, pero la hipotermia puede también presentarse en casos de lesiones obstétricas intracraneal e infecciones.

El recién nacido permanece letárgico y se alimenta deficientemente. Puede parecer frío al tacto y puede apreciarse un ligero edema y cianosis de manos y pies. En los casos graves puede desarrollarse el síndrome de **“lesión a frigore”**. Además de la letárgica, rechazo del alimento y una temperatura descendente, se desarrolla un edema generalizado con endurecimiento y rigidez de los miembros. La cara y las extremidades están sorprendentemente rojas mientras que el resto del cuerpo está pálido. Se desarrolla hipoglucemia, insuficiencia renal o hemorragia pulmonar.

Debido a que los recién nacidos tienen poca grasa corporal, son extremadamente vulnerables a los efectos del frío. Por lo tanto siempre hay que mantenerlos abrigados adecuadamente.

2.4 MECANISMOS DE TRANSMISIÓN DEL CALOR.

El buen manejo del ambiente térmico es un aspecto fundamental en el cuidado del recién nacido, especialmente del prematuro. Para comprender las medidas que se deben tomar debemos recordar las cuatro formas a través de las cuales el recién nacido puede transferir calor al ambiente.

Convección: se debe al movimiento del aire alrededor del organismo. Si el ambiente frío que rodea al cuerpo se renueva constantemente, se puede mantener un elevado gradiente térmico y acelerarse la pérdida de calor. Ej.: aire frío que se mueve sobre piel; oxígeno frío sobre cara y mucosa respiratoria, etc.

Conducción: Pérdida de calor hacia la materia en contacto directo con el cuerpo (aire, agua, metales). Resulta despreciable debido a la baja conductividad térmica del aire, sin embargo pueden perderse cantidades considerables de calor en dirección a colchones o mantas frías. La pérdida de calor se ve afectada por el flujo sanguíneo periférico, gradiente de temperatura entre la piel y el entorno inmediato y la conductividad del material circundante. Ej.: calor transmitido desde neonato a superficies más frías con las cuales contacta (balanza, pañal).

Evaporación: Se produce como consecuencia de grandes desplazamientos de moléculas desde un medio líquido a un medio gaseoso. La evaporación por la piel y el tracto respiratorio es un mecanismo importante de pérdida de calor. La evaporación se acelera respirando gases secos, a través de la piel húmeda, por movimientos del aire o por pérdida de la integridad cutánea.

Radiación: pérdida que se produce en dirección a la superficie más próxima sin que influya en ella la temperatura del aire del entorno. Es proporcional a la diferencia de la temperatura entre el cuerpo radiante y la superficie. Aumenta con la

vasodilatación periférica. Ejemplo: Transferencia de calor desde piel hacia pared fría de incubadora.

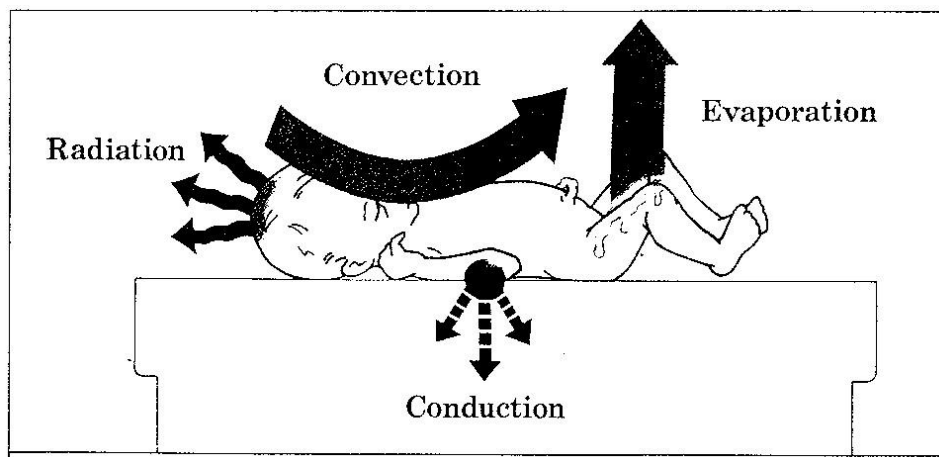


Figura 2.1: Distintos mecanismos de pérdidas de calor en el recién nacido ⁴

2.5 TERMORREGULACIÓN EN EL RECIÉN NACIDO

Una de las primeras observaciones realizadas por quienes primero se ocuparon de los problemas del recién nacido, fue la facilidad que este tenía para enfriarse. El hecho era especialmente llamativo en los niños prematuros y de bajo peso. El Dr. Budin a comienzos del siglo XX ⁵ observó que los prematuros de menos de 1500 gr. que se enfriaban tenían una mortalidad significativamente alta. Posteriormente el Dr. W Silverman en estudios controlados dejó establecida la importancia del ambiente térmico en la sobrevida de los recién nacidos. De estas primeras observaciones surgió el uso de la incubadora destinada a proporcionar al prematuro un ambiente térmico adecuado que lo aislara de las variaciones de la temperatura ambiental. Estas medidas

⁴ Fuente extraída de: Thermal Control of the Newborn: A practical guide

⁵ Datos y fechas extraídos de la página web: escuela.med.puc.cl/paginas/publicaciones/ManualPed/RNTermorreg.html

relativamente simples significaron probablemente la más importante mejoría en la sobrevivencia de niños prematuros en la historia de la neonatología.

Como ya se ha mencionado, es en las primeras horas de vida donde hay mayor riesgo de enfriamiento para el recién nacido. Contribuye a esto que los niños nacen desnudos y mojados. La sala de partos tiene generalmente una temperatura muy por debajo de lo que es un ambiente térmico neutral (ATN). Durante la vida intrauterina, el feto vive en un ambiente de estabilidad térmica. Este tiene una temperatura 0,5 °C más alta que la de la madre. El calor producido por el metabolismo basal es disipado por el torrente circulatorio en la placenta. El sistema termorregulador no es requerido en la etapa intrauterina, ya que el feto no está sometido a mayores variaciones de temperatura. La primera experiencia de frío para el ser humano es al nacimiento y su sistema termorregulador comienza por primera vez a funcionar, lo que probablemente explique la falta de una respuesta adecuada en la producción de calor en las primeras horas.

2.5.1 Las Pérdidas de Calor en el Recién Nacido.

Este tiene mayores pérdidas de calor que en etapas posteriores de la vida y se debe a los siguientes factores:

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

Menor aislamiento cutáneo. La piel y el tejido subcutáneo son también más escasos en el recién nacido, lo que es más notorio a mayor prematuridad y bajo peso.

Los niños de muy bajo peso (<1500 gr) tienen además una piel muy delgada que facilita las pérdidas por evaporación.

Control vasomotor. La forma como el organismo se aísla del frío externo es por medio de la vasoconstricción cutánea. Este mecanismo esta bien desarrollado en los RNT a los pocos días de vida. En el caso de los prematuros el control vasomotor no es tan efectivo. Es más inmaduro a mayor prematurez.

Postura corporal. La postura es un mecanismo de defensa frente al frío. Es la tendencia a "acurrucarse" que tienen todos los mamíferos de manera de disminuir la exposición de superficie corporal al medio ambiente. El RNT no puede cambiar su posición en flexión de las 4 extremidades. El prematuro de menos de 34 semanas de gestación, tiene una posición con todos sus miembros extendidos y posteriormente presenta una postura con sus extremidades inferiores en flexión. De tal manera que este es también una factor que limita su defensa frente a ambientes fríos.

2.5.2 La Producción de Calor en el Recién Nacido.

Hay una producción de calor que es el resultado del metabolismo basal, la actividad y la llamada acción térmica de los alimentos. Esta es la llamada "**termogénesis no termorreguladora**". Cuando las pérdidas de calor superan esta forma de producción de calor el organismo responde con mecanismos que disminuyen las pérdidas (postura y vasoconstricción) y con una forma de producción de calor que es una respuesta específica a los ambientes fríos. Esta es la "**termogénesis termorreguladora**". El recién nacido tiene una forma especial y muy eficiente de termogénesis termorregulador que es realizada por el metabolismo de la llamada "grasa parda. Este es un tejido graso especial muy vascularizado y con rica inervación simpática tiene una alta capacidad para producir calor a través de reacciones químicas exotérmicas. La grasa parda se encuentra distribuida principalmente en la región interescapular, alrededor de los vasos y músculos del

cuello, en la axila, en el mediastino entre el esófago y la traquea y alrededor de los riñones. La capacidad termogénica del recién nacido, es baja en las primeras horas de vida. La respuesta metabólica al frío mejora en el curso de las horas y días llegando en el recién nacido de término a cifras semejantes a las del adulto. En el prematuro la respuesta termogénica es menor.

La termogénesis termorreguladora está influida por diversos factores. Debe existir una función tiroídea normal. En el hipotiroidismo congénito hay dificultad para regular la temperatura. La asfixia, el bloqueador beta adrenérgicos, el diazepam y algunos anestésicos, disminuyen la respuesta metabólica al frío.

En conclusión la labilidad térmica del recién nacido se debe principalmente a que este tiene mayores pérdidas de calor y en menor grado a las limitaciones en la producción de calor especialmente en las primeras horas de vida. Todos estos factores aumentan proporcionalmente en el prematuro con el bajo peso corporal y prematurez.

Así como el recién nacido tiene facilidad para enfriarse en ambientes fríos, también tiene mayor facilidad para absorber calor en ambientes cálidos. El principal mecanismo de defensa en estos casos es la **sudoración**. Esta función está limitada en el recién nacido a término y más en el prematuro por inmadurez de las glándulas sudoríparas. De tal manera que estos tienen también dificultad para mantener su temperatura en ambientes cálidos y por ende mayor riesgo de que suba su temperatura corporal en estas situaciones.

2.5.3 Ambiente Térmico

Zona de Termorregulación: rango de temperatura ambiente dentro del cual el RN es capaz de mantener su temperatura corporal profunda a través de sus mecanismos de pérdida y producción de calor (termogénesis química).

Ambiente Térmico Neutral: condición térmica en que la producción de calor (medida por el consumo de oxígeno) es mínima y se mantiene la temperatura interna corporal.

2.5.4 Efectos del Ambiente Térmico en el Recién Nacido.

El enfriamiento: El caso extremo es cuando el ambiente térmico ha superado la capacidad de termorregulación del RN y baja su temperatura corporal (temperatura rectal). Clínicamente esto puede producir en el RNT: quejido y dificultad respiratoria, apnea, disminución de la actividad, dificultad para alimentarse, hipoglicemia y acidosis, apnea. En el prematuro, los signos son más sutiles, pero sus efectos más graves pudiendo ocasionar apnea e hipoglicemia que si no son detectadas pueden poner en peligro su vida. Además el enfriamiento se ha asociado con la incidencia de enterocolitis necrotizante y con un aumento de la presión en la arteria pulmonar.

Hipertermia: Este es un evento más raro pero que puede suceder tanto en el RNT como en el prematuro. En el RNT hay polipnea y aumento de la evaporación. En el prematuro puede producir apnea y se ha asociado a hemorragia intracraneana. Son eventos que no deberían ocurrir dada los sistemas de control que tienen las incubadoras y calefactores radiantes, los cuales presuponen siempre una buena enfermería.

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

2.5.5 Balance Calórico en el Recién Nacido.

Factores estables que condicionan la pérdida de calor:

- Relación superficie / Masa corporal: Mientras más pequeño es el Recién Nacido, mayor es la relación de su superficie corporal / peso y por tanto mayores serán sus pérdidas calóricas.
- Aislamiento térmico: Menor grosor de piel y menor cantidad de grasa subcutánea.

Factores regulables que condicionan la pérdida de calor:

- Postura: A mayor flexión corporal ("acurrucamiento") hay menor superficie corporal y menor pérdida de calor.
- Gradiente externa (T° Cutánea - T° Ambiental) : está condicionada por la Temperatura ambiente, sobre la cual se puede influir efectivamente.
- Gradiente interna (T° cutánea - T° Colónica): su mecanismo fisiológico de control es la capacidad vasomotora del organismo.

Producción de Calor:

- Termogénesis muscular o física: no es importante en el recién nacido.
- Termogénesis química: su órgano efector es la GRASA PARDA.
 - 1) Stress del frío
 - 2) Liberación noradrenalina
 - 3) Metabolismo grasa parda.
 - 4) Hidrólisis de triglicéridos (reacción química que libera calor (es exotérmica)).

2.5.6 Termorregulación.

Modelo Termorregulador

El principal sitio de regulación de la temperatura es el hipotálamo, que interpreta señales provenientes de casi todos los tejidos, incluso de otras partes del cerebro, la médula espinal, tejidos centrales internos y la superficie cutánea.

El procesamiento de información termorregulador ocurre en tres etapas:

1. Detección térmica aferente: este sistema esta destinado a llevar a los centros termorreguladores la información necesaria para que module la respuesta termorregulador adecuada. Esta formado básicamente en receptores de calor y de frío.

Los receptores de calor son los encargados de evaluar la temperatura de las vísceras y sectores profundos del organismo.

Comienzan a activarse a temperaturas vecinas a las 30-35° C, y la intensidad máxima de sus impulsos se detectan entre los 40 y 45° C, siendo transmitidos al Sistema Nervioso Central (SNC) por intermedio de las fibras C. Están preferentemente localizados en la región central del organismo, en las vísceras abdominales y en la médula espinal, y son activados por la temperatura de la sangre que los irriga. Los receptores de frío tienen una localización preferentemente periférica y su función es evaluar la temperatura del medio ambiente. La descarga de estos receptores comienza a generarse a temperaturas vecinas a los 40° C, y alcanza su nivel máximo entre los 25 y 30° C. Sus impulsos llegan al SNC mediante las fibras nerviosas A-delta.

La información producida por la estimulación de los receptores de frío como los de calor llega al hipotálamo por el haz espinotalámico anterior.

2. Regulación central: el hipotálamo regula la temperatura corporal al comparar aferencias térmicas integradas provenientes de la superficie cutánea, el neuroeje y los tejidos profundos con temperatura umbral para calor y frío. Cuando la aferencia integrada desde todas las fuentes excede el umbral superior o cae por debajo del inferior se inician respuestas para conservar la temperatura corporal adecuada.

La diferencia entre la temperatura más baja a la cual se activan respuestas calentadoras y la temperatura más alta a la cual se activan respuestas enfriadoras indica la sensibilidad térmica del sistema.

El límite inter-umbral (límite de temperatura sobre el cual no hay respuesta reguladora) cambia desde alrededor de 0,2° C en el estado no anestesiado y hasta alrededor de 3,5° C durante la anestesia.

El cerebro probablemente detecta cambios de temperatura dentro del límite inter-umbral, esos cambios no desencadenan respuestas reguladoras sino hasta que se alcanza una de las temperaturas umbral, las cuales pueden estar influidas por muchos factores: ritmo circadiano, ejercicio, ingestión de alimento, función tiroidea, anestésicos y otros fármacos, así como adaptación al frío y al calor.

3. Respuesta eferente: pueden producir dos tipos de respuesta:

1) respuestas termorreguladores de comportamiento (vestimenta, posición, ambientación).

2) respuestas termorreguladores fisiológicas (sudoración, vasoconstricción, vasodilatación, escalofríos).

Ambos mecanismos están íntimamente relacionados entre sí mediante el control ejercido por el SNC. Los mecanismos eferentes de termorregulación están dirigidos a responder en tres formas diferentes:

- **Disipación de calor** (aumento de sudoración, vasodilatación, o adopción de actitudes que favorezcan la pérdida de calor).
- **Aumentar la producción de calor** (mediante procesos voluntarios, por ejemplo escalofríos, vaso constricción, etc.). Los procesos involuntarios se relacionan sobre todo con la actividad muscular involuntaria (escalofríos) y con la actividad metabólica de los distintos órganos (en especial el hígado) estimulados, estos últimos, por la acción de la glándula tiroides. En neonatos y en pacientes menores de un año de edad, la producción de calor se puede originar también por activación de la grasa parda ubicada en la región cervical, en la parte superior de la región dorsal del tórax y alrededor de las vísceras abdominales. La activación de este tejido adiposo es controlada por el hipotálamo mediante el sistema nervioso simpático y las catecolaminas circulantes, y puede incrementar entre dos y tres veces la tasa metabólica orgánica.
- **Preservación del calor**, poniendo en juego los fenómenos fisiológicos que producen vasoconstricción de la circulación periférica o adecuando el micro-ambiente que rodea al individuo a las condiciones que favorecen la conservación del calor (vestimenta, calefacción, etc.)

2.5.7 Fisiopatología del Enfriamiento.

Ante el frío el neonato responde con vasoconstricción periférica y vasoconstricción pulmonar para evitar pérdida calórica. Esto causa hipoxemia, hipoxia tisular y metabolismo anaerobio que lleva a acidosis metabólica. Además aumenta actividad metabólica, aumento de consumo de oxígeno y mayor gasto energético. Esto, junto con la dificultad para la alimentación favorecen una curva de peso estacionaria o descendente.

2.5.8 Sintomatología.

Letárgica, Hiporeflexia, Quejido respiratorio, Bradicardia, Palidez, Cianosis, Edema, Respiración irregular, Hipertensión arterial, Mínima respuesta a estímulos, Distensión abdominal (por hipoxemia), succión débil o ausente.

2.5.9 Efectos Desfavorables.

1. Escalofríos: es un mecanismo defensivo en el que el aumento de la actividad muscular incrementa el consumo de oxígeno y con ello la producción calórico térmica, tendiendo así a oponerse a los efectos de la pérdida de calor.

Se les considera como uno de los signos precoces de la hipotermia. En algunas circunstancias, los escalofríos son nocivos y potencialmente peligrosos.

Aunque el consumo de oxígeno corporal total puede aumentar hasta ocho veces durante los escalofríos, el gasto cardíaco muestra un escaso cambio compensador. La falta de cambio en el suministro de oxígeno en respuesta a una mayor demanda da lugar a un llamativo descenso del contenido de oxígeno venoso mixto y al desarrollo de acidosis metabólica.

2. Vasoconstricción: este proceso comienza precozmente y se instala preferentemente en las porciones distales de los miembros. La vasoconstricción termorregulador se cumple merced a la activación de cortocircuitos arteriovenoso. Raramente se produce vasoconstricción en las arteriolas que controlan la presión arterial.

Durante la hipotermia las partes distales de los miembros son más afectada por lo cual los dedos se presentan cianóticos, fríos y el relleno capilar se realiza con lentitud.

La hipotermia produce también una intensa constricción del lecho vascular venoso, con colapso de las venas superficiales, y reducción de la velocidad circulatoria en los sectores afectados. Esta reducción del flujo periférico, juntamente con el aumento de la viscosidad de la sangre, favorece la aparición de trombosis venosa profunda y tromboembolismo.

3. Efectos cardíacos, pueden incluirse disritmias, que una vez producidas son muy difíciles de tratar. La despolarización miocárdica se retrasa. Puede aparecer un bloqueo de primer grado, complejos QRS anchos, ondas T invertidas, disritmias auriculares, fibrilación y flutter que suelen normalizarse espontáneamente con el recalentamiento sin necesidad de intervención farmacológica o eléctrica. La eficacia de los inotrópicos en el paciente hipotérmico parece escasa. La función inotrópica intrínseca también puede estar alterada y acompañada de una disminución del volumen sanguíneo circulante.

4. Efectos respiratorios: la ventilación espontánea disminuye con el descenso de metabolismo. La hipotermia intensa puede producir apnea, incremento de la resistencia vascular pulmonar, y edema alveolar. Los cambios fundamentales en la química ácido-base de la sangre que se producen al disminuir la temperatura son los siguientes:

- 1) La solubilidad del oxígeno aumenta un 4,5% por cada grado centígrado.
- 2) La unión de la oxihemoglobina aumenta, con un desplazamiento de la curva hacia la izquierda.
- 3) La pCO₂ disminuye al aumentar la solubilidad del CO₂.

- 4) El pH aumenta.

2.5.10 Factores no Térmicos que Influyen en la Termorregulación.

Además de mantener al neonato en un ambiente térmico-neutro debe existir preocupación por la estimulación precoz; la relación madre-hijo (acariciar, mecer, hablar al niño); estímulos auditivos adecuados, etc... ya que todo esto mejora el incremento ponderal. Es importante recordar el gasto energético del recién nacido que es sometido a constantes molestias como punciones, tubos, alarmas, luces de día y noche, respiradores, etc.

2.6 PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO SOBRE LA HIPOTERMIA

La capacidad termorreguladora en el prematuro mejora con la edad y los avances en madurez neurológica permiten al infante gradualmente adoptar una posición de flexión, la cual reduce el área de superficie disponible para intercambio de calor con el medio ambiente.

Se puede mantener la temperatura del prematuro o del RN de bajo peso en tres formas:

- 1) **Incubadoras;** se usa la temperatura de acuerdo a la edad y peso del prematuro recién nacido de bajo peso.
- 2) **Luz;** se usa una lámpara radiante a 50 cms. del neonato, entre 100-150 watts de intensidad lumínica (depende de la altitud y temperatura del medio ambiente) con la que debe lograrse una temperatura ambiental mayor de 24°C. El recién nacido debe estar bien vestido y con gorro mientras se le aplica la

fuentes de calor. Se ha observado mayor incidencia de retinopatías del prematuro entre los expuestos a luces más brillantes y que tienen un peso menor de 1000 grs.

- 3) **Método canguro**; al alcance de todas las instituciones y se basa en lactancia materna exclusiva, calor y estimulación temprana. Está ampliamente demostrado con este método el rol termorregulador de la madre o del padre; el calor generado por el cuerpo de la madre es transmitido al recién nacido, para lo cual debe estar en contacto piel a piel y debajo de su ropa, muy cerca del seno materno durante las 24 horas del día. El prematuro debe estar en posición de cúbito prono y desnudo o en posición canguro; no se debe bañar durante todo el tiempo que se está realizando el método para evitar las hipotermias y tener menor consumo de energía.

Sin embargo, lo más importante en la **prevención** del enfriamiento que se debe considerar en un bebé recién nacido es:

- Pásele una toalla limpia, no los lave.
- Envuelva al bebé en una toalla o frazada seca y caliente. Cúbralo, excepto la cara.
- Póngale un gorro de bebé (la mayor parte del calor lo pierden por la cabeza) Si no encuentra un gorro, use una media limpia. No cubra la cara del bebé.
- Deje al bebé en el pecho de la madre pues el calor de ella lo ayudará.
- Mantenga caliente también a la madre.
- La temperatura de la sala de Partos o el Pabellón deben estar a una ideal de 30-32°C, con una mínima de 28°C.
- Evitar corrientes de aire.

- Mantener al recién nacido prematuro en ambiente térmico neutro mediante incubadoras servocontroladas que mantengan la temperatura axilar entre 36,8 y 37,2 °C.
- Dentro de lo posible el bebé debe estar vestido en la incubadora (con gorro incluso) para disminuir pérdidas por radiación, convección y evaporación.

CAPÍTULO 3

PROCESO DE DISEÑO

3.1 METODOLOGÍA DEL DISEÑO

Una vez descrito el problema y determinadas las características y limitaciones del sistema a diseñar, se procede a la concepción del mismo, o sea a generar la mayor cantidad de alternativas posibles de solución para el sistema.

Para realizar un diseño es necesario seguir un procedimiento creativo para obtener así la solución más favorable al problema planteado, para ello se desarrollaran las posibles soluciones utilizando un razonamiento lógico y creativo. La primera etapa del diseño consiste en la investigación de los procesos involucrados, posibles soluciones existentes y en el planteamiento de ideas generales, sin realizar un detalle exhaustivo de cada una.

3.1.1 Restricciones Preliminares.

Entre los factores más importantes en el diseño planteado está la funcionalidad, con lo que entra en juego la estética, factor que influye determinadamente en la percepción del dispositivo. En este sentido, la simplicidad de dicho dispositivo garantiza la confiabilidad, contribuyendo al confort e influyendo directamente en la ergonomía. Otro factor importante son las dimensiones, y por consiguiente el peso del dispositivo a diseñar.

3.1.2 Método de Diseño.

En esta fase del proceso de diseño se buscan activamente las soluciones posibles y se lanza a lo que es una verdadera búsqueda o investigación, en la mente, en la literatura técnica y científica, y en el mundo que nos rodea.

Se puede considerar las fases básicas del proceso de diseño son:

- 1) Identificación de una necesidad.
- 2) Definición de la tarea (meta).
- 3) Especificaciones de las tareas.
- 4) Concepción de ideas.
- 5) Conceptualización.
- 6) Análisis.
- 7) Pruebas experimentales.
- 8) Correcciones.

Existen diversos métodos que son útiles en la fase de concepción del proceso de diseño, como análisis de cualidades, selección de materiales y generación de ideas. Para el presente proyecto se aplicará el método de análisis morfológico, en la selección del proceso de calentamiento del dispositivo, el cual se complementa muy bien con el método de tormentas de ideas. Para los otros procesos del diseño, se utilizarán la MARCHA ANALÍTICA DEL DISEÑO la cual contempla la indagación, invención e investigación y se evalúan, comparan y seleccionan las alternativas posibles hasta obtener la solución óptima.

3.2 MARCHA ANALÍTICA DEL DISEÑO

Los recién nacidos son particularmente susceptibles a la hipotermia porque su área de superficie cefálica es grande comparada con su volumen corporal, lo cual contribuye a la pérdida de calor; carecen de aislamiento; pues tienen pocos tejido graso y no tienen masa corporal suficiente que asegure la inercia térmica que les permitiría producir y conservar el calor.

Actualmente se desarrollan nuevas alternativas de aparatos seguros y eficaces que puedan aportar la disminución de la pérdida de calor en los recién nacidos.

El diseño resultante de este estudio es un GORRO de materiales compuestos, que precalentado hasta 40 °C, antes de colocárselo al neonato, atienda la necesidad de proveer protección en la superficie cutánea de recién nacido para que cuando se encuentre en exposición al frío evite así su enfriamiento corporal.

A continuación se describe y se especifican las etapas seguidas para el desarrollo de los componentes y los materiales utilizados:

- ✓ Etapa I: Selección de un medio de aporte de calor: Los geles térmicos.
- ✓ Etapa II: Selección de una barrera de calor: Los aislantes térmicos.
- ✓ Etapa III: Selección del medio encapsulante: Los plásticos termoformables.
- ✓ Etapa IV: Selección de un envoltorio adecuado: Las telas

Etapa I: Selección de un medio de aporte de calor: Los geles térmicos.

Científicamente se ha estudiado que la aplicación superficial de calor actúa a través de conducción o difusión, aumenta el flujo sanguíneo hacia la piel y órganos superficiales, y disminuye el flujo hacia el tejido muscular (Lehmann y de Lateur, 1990), el calor induce la vasodilatación, lo que incrementa el aporte de oxígeno y nutrientes a los tejidos lesionados (Whitney, 1989) y el calor también reduce la rigidez articular, incrementando la elasticidad muscular (Vasudevan, Hegmann, Moore, et al. , 1992).⁶ Ante estas razones, resulta lógico incorporar en el diseño un medio capaz de aportar este calor superficial durante el mayor tiempo posible

⁶ Datos y fechas extraídas de la página web:
[http:// www.mywhatevery.com/cifwriter/library/48/cpg2268.html](http://www.mywhatevery.com/cifwriter/library/48/cpg2268.html) -

mediante la aplicación de compresas que contienen un material gelatinoso adecuado (gel) en su interior.

La razón que justifica la selección de un gel térmico para este uso se deriva de que estos materiales permiten acumular y mantener calor durante un cierto tiempo.

El interés en los hidrocoloides está basado en su comportamiento reológico, por ejemplo, la viscosidad, la formación de gel y sus efectos estabilizantes.

En cuanto a las propiedades gelificantes de estas macromoléculas, necesitamos definir “gel”. No hay definición alguna que sea satisfactoria, porque no existe una frontera neta entre una solución muy espesa y una solución gelificada. El estado “gel” se puede considerar como intermedio entre el estado líquido y el estado sólido puesto que ciertos geles pueden tener hasta 99,9 % de agua, puesto que su organización permite mantener su forma y resistir a ciertos constreñimientos. Por tanto, el gel es un sistema difásico constituido por una red macromolecular tridimensional sólida que retiene entre sus mallas una fase líquida. Esta definición introduce la idea de un “orden” en el gel, en oposición a una solución representativa de un “desorden” ⁷. En efecto, antes de la gelificación, las moléculas del polímero forman una verdadera solución; la formación del gel implica, por consiguiente, la asociación de cadenas entre sí o de segmentos de cadenas entre ellas. Más precisamente, se pueden distinguir diversas etapas de transición:

- El estado “solución”, o el polímero en forma de solución; las macromoléculas no están organizadas unas respecto a las otras.
- El estado “gel”, que aparece cuando las cadenas están suficientemente asociadas para formar una red o gel, desde luego, elástico.

⁷ Información extraída de la página web: www.mundohelado.com/materiasprimas/estabilizantes-propiedades.htm

- En cuanto y a medida que las cadenas se organizan entre sí, el gel se transforma cada vez más rígido, lo que da lugar, en general al fenómeno de la sinéresis; el gel se contrae y exuda una parte de la fase líquida.

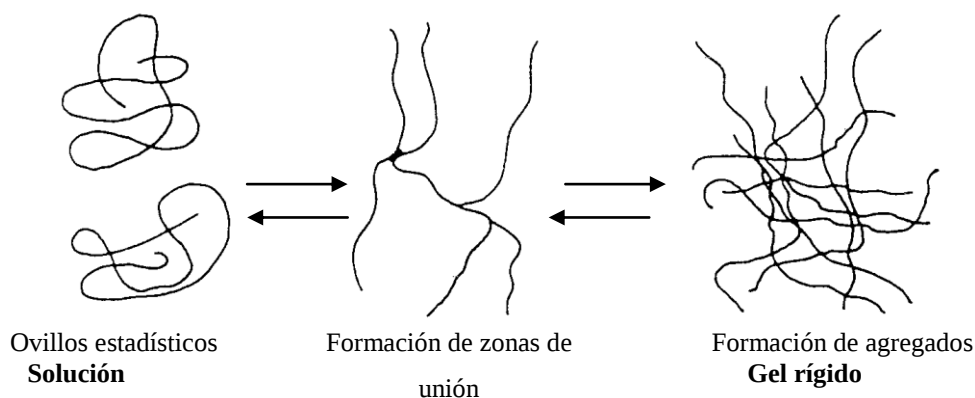


Figura 3.1: Etapas de Transición del Gel

El estado del “gel” no puede ser definido por un equilibrio, puesto que evoluciona en el curso del tiempo. Esta inestabilidad, así como la reversibilidad de la mayoría de los geles, nos permite concluir que las fuerzas capaces de asociar las cadenas entre ellas, disponen de suficiente libertad para permitir sus evoluciones. Se abandona así, la idea de una gelificación por la formación de uniones covalentes o iónicas entre las cadenas, porque son fuertes uniones que prohíben toda reversibilidad. No son más que uniones débiles (uniones hidrógeno o de coordinación); sin embargo, estas no pueden ser la causa fundamental de la formación de un gel, porque las uniones demasiado débiles individualmente producirían de este modo un equilibrio casi inmediato.

Al modelo de gelificación por unión puntual (al nivel de una unión), puede sustituir el modelo de gelificación por formación de zonas de reunión. En estas zonas, la acción de cada unión no covalente, escasa energía, está reforzada por el gran número de otras uniones; lo que se trata es de un fenómeno de cooperatividad que necesita una regularidad estereoquímica del polímero, o de un segmento suficientemente extendido, para permitir la aproximación de las cadenas. Si el polímero posee una estructura uniforme (homopolímero), las zonas de reunión están muy extendidas y el gel obtenido es rígido y frágil; su gelificación está próxima a la precipitación. Por otro lado, si posee algunos elementos introducidos (periódicamente o por azar) que producen una irregularidad estructural, el gel será más elástico, pues la cadena del polímero poseerá zonas de reunión comunes con otras, lo que asegurará la cohesión de la red.

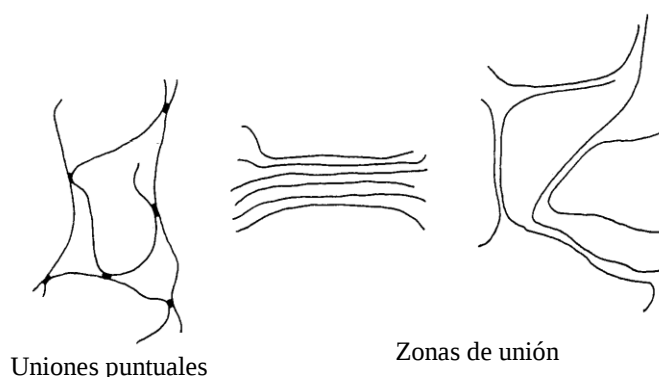


Figura 3.2: Uniones del Gel

Estas propiedades pueden obtenerse solo después de alcanzar la solubilización completa de las moléculas. Al solubilizarse, estas se reordenan en las dos formas diferentes. Este reordenamiento está relacionado con varios parámetros:

- El peso molecular de la molécula.
- El espacio de la molécula.

- La presencia o no de grupos funcionales en la molécula.
- La temperatura del medio.
- Las interacciones con otros ingredientes en los medios, tales como otros hidrocoloides y cationes.

Todos estos parámetros tienen un efecto diferente en cada tipo de hidrocoloide y puede afectar mucho a la textura del producto final. La textura de un producto líquido o sólido y las propiedades texturizantes se determinan por “reología”.

Se pueden utilizar preparaciones comerciales de compresas en gel. Los paquetes deben ser sellados para prevenir la fuga del líquido, deben ser flexibles para adaptarse a las curvaturas del cuerpo, deben ser aplicados de manera que produzcan una sensación placentera y deben estar adecuadamente envueltos para prevenir irritación de la piel.

Existen muchas variedades de gel en el mercado nacional e internacional, sin embargo la selección del gel no se basa en el estudio de la composición y propiedades del gel seleccionado, debido a que se requieren muchos recursos de investigación para la evaluación. Adicionalmente fue muy difícil obtener la información de las características de cualquier gel, debido a que es confidencial dicha información, sin embargo lo que se puede afirmar es que en la composición de estos tipos de geles el 70 al 80 % contiene agua destilada.

La selección consistió en hacer un estudio de mercado de la diversificación de geles, la cual se obtuvo 4 muestras distintas de geles. En la búsqueda de distintos geles en el mercado venezolano, se pudo encontrar que de las cuatro muestras, dos de ellas son geles nacionales y las otras dos muestras son geles importados. Las muestras

se clasificaron en letras A, B, C y D, donde la muestra A y C son geles importados y las muestras B y D son geles nacionales.

La selección de estas muestras se basó en realizar pruebas de calentamiento en función del tiempo, donde se calienta por 5 minutos cada compresa en agua hirviendo, de forma que estas se encuentran en su punto de ebullición, y con la utilización de un Datalogger marca “DATATRACK” modelo 3000, que fue el equipo utilizado para medir temperaturas utilizando bulbos de resistencia, las cuales se conectaron en distintos puntos de la compresa y se registraron las temperaturas durante un tiempo de 30 minutos por cada muestra. La selección se basa en la muestra que mantiene la mayor temperatura durante el mayor tiempo posible.



Fig 3.3: Equipo Datatrack 3000

A continuación se presenta la gráfica donde se refleja el comportamiento de la temperatura de las cuatro muestras de geles en función del tiempo establecido. Las tablas de resultados se incluyen en el anexo A

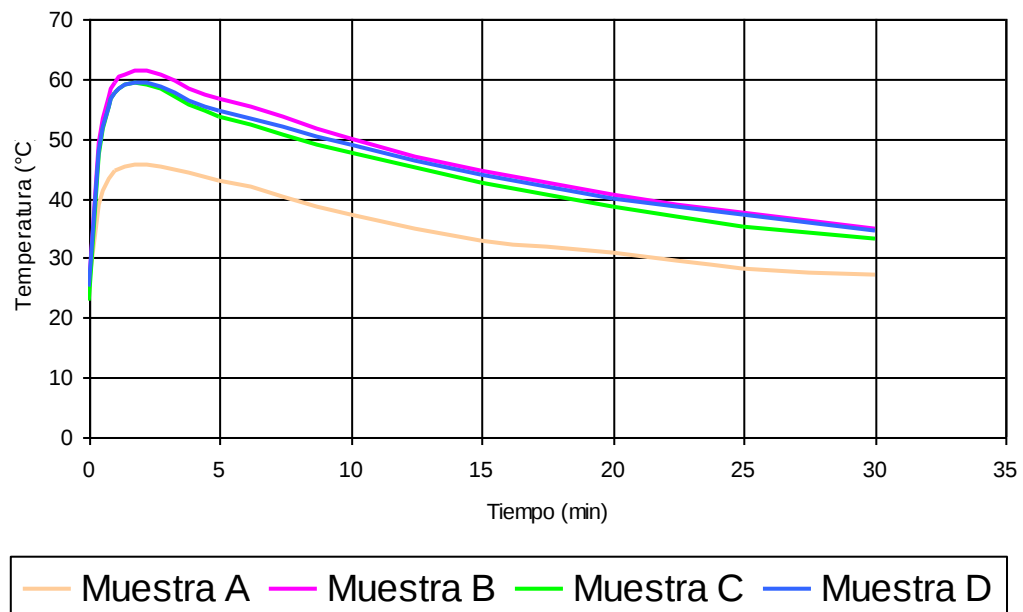


Figura 3.4. Gráfica de Temperatura vs Tiempo, de las cuatro Muestras

Se observa que el perfil de comportamiento de todas las muestras es bastante similar, quedando ligeramente por encima las muestras B y D. Por lo tanto, se descartan las muestras A y C, y se evalúan nuevamente, con el mismo procedimiento de medición, con las muestra B y D, para comprobar si sus comportamientos son similares o distintos.

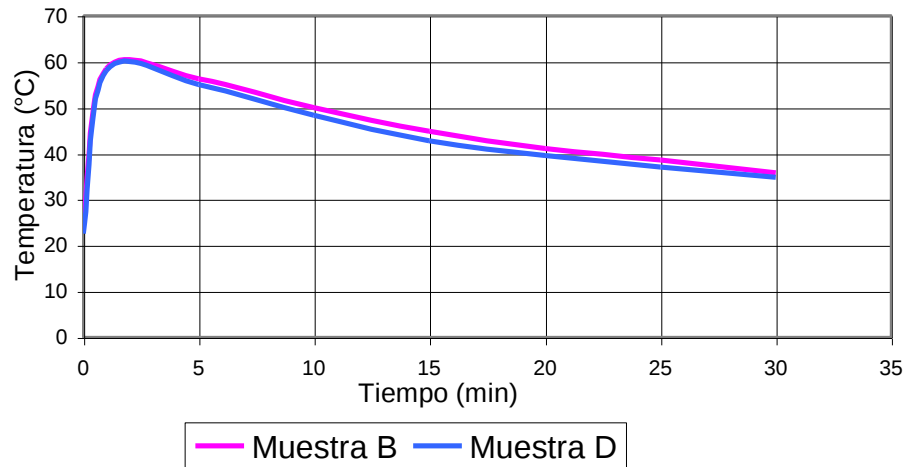


Figura 3.5. Gráfica de Temperatura vs Tiempo de las Muestras B y D

El comportamiento fue similar, por lo tanto se selecciona el gel que mantiene más temperatura en el tiempo, y la muestra que cumplió con esta condición fue el de la muestra B, que es el gel seleccionado.

Es importante destacar que se realizaron varias pruebas de este tipo para eliminar errores de medición, y sin embargo el comportamiento de todas las pruebas fue consistente.

ETAPA II.- Selección de una barrera de calor: Los aislantes térmicos.

De los aislante existentes en el mercado, se obtuvo un novedosos producto llamado **Ceramic Cover CC Systems 100**, el cual esta formado por resinas acrílicas elastoméricas y sílice cristalino a los cuales se incorpora una cerámica del tipo Borosilicatos. La incorporación de este tipo de cerámicas modifica la calificación de

aislante térmico de este material pues los borosilicatos actúan como refractantes del calor, es decir, lo envían nuevamente al exterior. Este producto ha sido evaluado en diversas aplicaciones, las cuales son mencionadas como información adicional el anexo B.

La aplicación de este material en el diseño del dispositivo tiene la función de servir como barrera térmica mas que como aislante térmico, de forma que el calor incorporado en el gel y aquel proveniente de la propia actividad corporal no se disipe rápidamente hacia el ambiente.

Debido a que este material tiene un comportamiento refractario, sus características atóxicas (no tóxico) y su posibilidad de aplicación como una pintura, se considera que es un producto aplicable en el diseño de gorro.

➤ **Descripción Ceramic Cover CC Systems 100.**

Pruebas de campo han comprobado las propiedades aislantes del Ceramic Cover CC Systems 100. Una aplicación delgada de este producto en equipos de procesamiento ha reducido la temperatura superficial conservando la temperatura interna con un gran ahorro energético. El producto tiene excelentes propiedades impermeables y es una excelente barrera de vapor controlando e impidiendo la condensación y la corrosión.

Ceramic Cover CC Systems 100 tiene valor igual a cero en lo referente a propagación de fuego y no es combustible, el producto es compatible al ambiente y no contiene partículas cancerígenas o volátiles. Contiene muy pocos cloruros, lo que convierte en un excelente protector como recubrimiento opcional para el acero inoxidable.

Ceramic Cover CC Systems 100 se aplica en forma de spray en espesores de milésimas de pulgada (mils) lo cual reduce los requerimientos de espesor y espacio ya que se adapta a cualquier superficie. El producto puede ser aplicado con una mínima preparación de la superficie y directamente sobre superficies calientes, sin que haya que parar el proceso de producción. Mantiene una buena adhesión para distintos substratos, y no requiere elementos de soporte. El producto ha sido utilizado en pruebas de envejecimiento acelerado de 1000 horas (12 horas de rayos ultravioleta y 12 horas de neblina salada).

El Instituto Georgia Tech ha probado el Ceramic Cover CC Systems 100 como una barrera de calor radiante con excelentes resultados. El producto elimina un 99.7 % de la transmisión de calor radiante lo que es menos de 0.5 % de penetración. La NASA ha probado el Ceramic Cover CC Systems 100 en un túnel de viento de gas caliente para simular condiciones de lanzamiento de cohetes espaciales; el producto virtualmente no fue afectado por el viento del gas caliente a temperaturas de 1.600 °C 1.800 °C. La oficina SKUNK WORKS, que por mas de 50 años ha jugado un gran papel en el desarrollo de la Aviación Norteamericana, esta analizando el Ceramic Cover CC Systems 100 debido a los resultados positivos conseguidos por la NASA.

➤ **Propiedades.**

La formula del Ceramic Cover CC Systems 100 incorpora gránulos esféricos de cerámica de la familia de los Borosilicatos, estos granos refractan, disipan y reflejan las ondas de calor y pueden resistir a altas temperaturas.

Las cualidades flexibles y refractarias de los gránulos afecta el fenómeno de calentamiento llamado “temperatura radiante media”, donde las ondas de calor provienen de la luz solar directa. Aprovechando las ventajas de estas características de comportamiento, se ha formulado una mezcla de gránulos de cerámica con las

mejores resinas, acrílicos y elastómeros que podrán utilizarse en un amplio campo de aplicaciones.

➤ **Ventajas.**

1. Reduce las temperaturas sobre superficies expuestas a la radiación solar hasta 60 °C y las temperaturas en ambientes interiores hasta 15 °C en verano. Refleja los rayos solares 99.7%.
2. Excelente resistencia a los dañinos rayos ultravioleta.
3. Excelente capacidad de mantenerse flexible, ya que no contiene elementos plastificantes. Esto permite que se contraiga y que se expanda con la superficie sin agrietarse ni deformarse de manera definitiva, resultando un sistema de larga duración, garantizando por 7 a 10 años prorrogables dependiendo de su mantenimiento.

➤ **Sugerencias de Aplicación.**

Mezclar bien antes de usarse, puede ser aplicado con brocha, rodillo o por spray a presión. Aplicar cuando la temperatura del aire y del material este por encima de 10 °C. No lo aplique si se esperan días lluviosos. A continuación se le especifica en forma resumida como debe ser su aplicación.

1. **Herramientas de aplicación:** Brochas de nylon o poliéster, rodillo (material sintético), equipos de compresión (boquilla de 0.017 a 0.019).

2. **Cubrimiento:** Aproximadamente 30 m² por galón, dependiendo de la porosidad y textura de la superficie.
3. **Tiempo de secado:** De 30 minutos a 1 hora, dependiendo de la temperatura ambiente y humedad. Dejar secar por 4 horas antes de aplicar una nueva capa.
4. **Limpieza :** Limpie brochas, rodillo y equipo con agua y jabón.

ETAPA III: Selección del medio encapsulante: Los plásticos termoformables.

Los plásticos artificiales son materiales orgánicos de gran peso molecular, y de fabricación total o parcialmente sintética.

En los anexos C, se representa en tablas las propiedades mecánicas y térmicas de los plásticos artificiales.

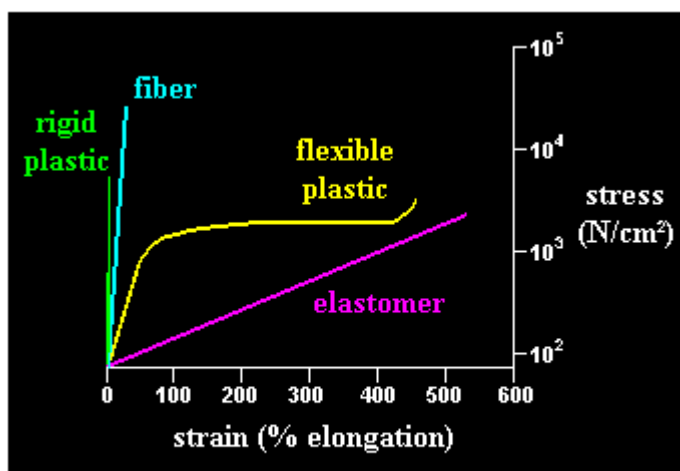
A continuación se representa y se especifica las propiedades mecánicas de los polímeros reales.

➤ Propiedades Mecánicas de los Polímeros Reales

1. **Resistencia:** La resistencia indica cuánta fuerza es necesaria aplicar a un área determinada para romper una muestra.
2. **Elongación:** Para ensayos en tracción, representa cuánto puede ser estirada una muestra antes de que se rompa.
3. **Módulo:** Se mide para conocer cuánto un material resiste a la deformación por flexión.

4. Dureza: Es la resistencia a la penetración de un indentador de forma adecuada que opone un material.

Para más información sobre estas propiedades mecánicas ver anexos D, la cual se especifican con más detalle.



After Odian, George; *Principles of Polymerization*, 3rd ed., J. Wiley, New York, 1991, p.34.

Figura 3.6: Representación de las Propiedades Mecánicas de los Polímeros Reales ⁸

En la gráfica anterior, se muestran las curvas típicas tensión-estiramiento para diferentes clases de polímeros. En la curva verde, que son plásticos rígidos como el poliestireno, el poli(metil-metacrilato) o los policarbonatos pueden soportar una gran tensión, pero no demasiada elongación antes de su ruptura. No hay una gran área bajo la curva, entonces estos materiales son resistentes, pero no muy duros. Además, la pendiente de la recta es muy pronunciada, lo que significa que debe ejercerse una considerable fuerza para deformar un plástico rígido. De modo que resulta sencillo

⁸ Fuente extraída de la página web: <http://www.psrc.usm.edu/spanish/plastic>

comprobar que los plásticos rígidos tienen módulos elevados. Resumiendo, los plásticos rígidos tienden a ser resistentes, soportan la deformación, pero suelen ser quebradizos.

Los plásticos flexibles como el polietileno y el polipropileno difieren de los plásticos rígidos en el sentido que no soportan tan bien la deformación, pero tampoco tienden a la ruptura. El módulo inicial es elevado, o sea que resisten por un tiempo la deformación, pero si se ejerce demasiada tensión sobre un plástico flexible, finalmente se deformará. Se puede comprobar con una bolsa plástica. Si la estira, será difícil al comienzo, pero una vez que la ha estirado lo suficiente, lo hará cada vez con mayor facilidad. Como conclusión, los plásticos flexibles pueden no ser tan resistentes como los rígidos, pero soportan mejor la deformación en el rango plástico.

Es posible alterar el comportamiento tensión-estiramiento de un plástico con aditivos denominados plastificantes. Un plastificante es una molécula pequeña que hace más flexible al plástico. Por ejemplo, sin plastificantes, el poli(cloruro de vinilo), o PVC, es un plástico rígido, que se usa tal cual para cañerías de agua. Pero con plastificantes, el PVC puede ser lo suficientemente flexible como para fabricar juguetes inflables para piletas de natación.

Las fibras como el KevlarTM, la fibra de carbono y el nylon tienden a exhibir curvas tensión estiramiento como la de color celeste que se ve en el gráfico de arriba. Al igual que los plásticos rígidos, son más resistentes que duras, y no se deforman demasiado bajo tensión. Pero cuando es resistencia lo que se requiere, las fibras tienen mucho que ofrecer. Son mucho más resistentes que los plásticos, aún los rígidos, y algunas fibras poliméricas como el KevlarTM, la fibra de carbono y el polietileno de ultra alto peso molecular poseen mejor resistencia tensil que el acero.

Los elastómeros como el poliisopreno, el polibutadieno y el polisobutileno muestran un comportamiento mecánico completamente diferente al de los otros tipos de materiales. Los elastómeros tienen módulos muy bajos, lo cual se puede ver en la suave pendiente de la recta. También se sabe que resulta sencillo estirar o plegar un trozo de caucho. Si los elastómeros no tuvieran módulos bajos, no serían buenos elastómeros. Para que un polímero sea un elastómero, le hace falta algo más que tener módulo bajo. El hecho de ser fácilmente estirado no le da demasiada utilidad, a menos que el material pueda volver a su tamaño y forma original una vez que el estiramiento ha terminado. Las banditas de goma no servirían de nada si sólo se estiraran y no recobraran su forma original. Obviamente, los elastómeros recobran su forma y eso los hace tan sorprendentes. No poseen sólo una elevada elongación, sino una alta elongación reversible.

➤ **Selección del Tipo de Plástico.**

Según el análisis del estudio de las propiedades mecánicas de los diferentes polímeros y con la tabla de elección del plástico más adecuado (ver anexo C), su facilidad de fabricación y amplia disponibilidad en el mercado, la selección se ubicó en el Policloruro de Vinilo o PVC modificado con plastificantes.

El PVC comenzó a fabricarse industrialmente en 1.931, en la empresa alemana IG Farbenindustrie, gracias a los trabajos de Hubert y Schönburg.

Este plástico tiene una gran transparencia, además de elevada rigidez y tenacidad, buena resistencia química, fácil moldeo, y buen comportamiento dieléctrico.

A este plástico es necesario añadirle aditivos, plastificantes, elastificantes, cargas, otros polímeros, para que adquiriera las propiedades que permitan su utilización en las diversas aplicaciones. El PVC rígido no lleva aditivos plastificantes.

Su capacidad para admitir todo tipo de aditivos permite que pueda adquirir propiedades muy distintas y teniendo en cuenta su precio relativamente bajo lo hace ser un material muy apreciado y utilizado para fabricar multitud de productos.

Entre todas las propiedades ha sido su facilidad para ser procesado en láminas y su soldabilidad por diferentes métodos la que inclinó la selección.

Respecto a durabilidad y propiedades espectrométricas, el PVC, es mejor que el polietileno. El PVC es el plástico más versátil.⁹, sin embargo, el polietileno (PE) es el más utilizado a nivel mundial por el menor costo que tiene respecto al PVC.¹⁰

ETAPA IV: Selección de un envoltorio adecuado: Las telas.

El tipo de tela más utilizada y recomendable para la piel del un bebé son aquellas que contienen fibras de algodón.

El algodón pertenece a las fibras procedentes de semillas, adheridas a las cápsulas frutales de diversas especies del genero *Gossypium* (cultivado en grandes extensiones de países tropicales y subtropicales). A continuación se presenta la tabla 3.1., donde se especifica algunas propiedades físicas de la fibra de algodón.

⁹ Información extraída de la pagina web:
<http://www.qro.itesm.mx/agronomia2/extensivos/DAcolchadosCaracteristicasdelosplasticos.html>

Propiedades físicas de la fibra	Características
Nombre comercial	Algodón
Temperatura de operación constante (°C)	95
Resistencia a la abrasión	Buena
Absorbencia (%)	7-11
Recuperación elástica (%)	75
Resistencia a la luz solar	Buena
Ph de operación normal	7-11
Efectos de los solventes orgánicos	Resistente

Tabla 3.1: Propiedades Físicas de la Fibra de Algodón

Un tejido se caracteriza por el ligamento (modo de entrelazarse los hilos). Dentro de los tipos de tejido del algodón existentes, se eligieron dos tipos de ellos por ser tejidos suaves para la piel del bebé: El tejido Overnit y el Jersey. Son 100 % algodón, y suaves, pero la diferencia entre ellos es el tipo de hilado, es decir, el Overnit es un tejido más grueso que el tejido Jersey.

El tejido elegido para la confección del gorro, fue el Tejido Overnit, no solo porque es más gruesa la tela sino, porque tiene mejor resistencia, y es menos elástica que el tejido Jersey.

Otro de los tejidos seleccionados fue el Perlón, con la característica de conservar la temperatura dentro del gorro y además, este material tiene comportamiento de aislante. Este tejido tiene la propiedad de ser adherente a cualquier tipo de tela y su textura se parece a la de un papel.

Para más información sobre las propiedades térmicas de estos materiales elegidos, ver las tablas en los anexos E.

3.3 SELECCIÓN DEL TIPO DE CALENTAMIENTO PARA EL DISPOSITIVO

La formulación de una lista de diversas soluciones posibles, o alternativas para tomar la decisión respecto a un problema, es análogo a la definición del problema en el análisis en ingeniería.

A partir del concepto del método de tormentas de ideas, se esboza una serie de ideas para seleccionar el tipo de calentamiento para el dispositivo, con características generales como, economía y versatilidad.

Partiendo de este método, se desarrolla brevemente una tormenta de ideas las cuales se explican a continuación.

Idea A: El sistema consta de un equipo que tiene una resistencia que calienta una plancha que tenga la forma del gorro (semi-esférica), y conectado a esto se le coloca un controlador para que regule la temperatura de la plancha de forma que esta se mantenga a una temperatura constante deseada.

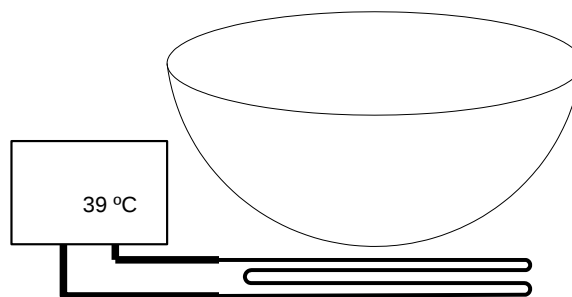


Figura 3.7: Dibujo Esquemático de la Idea A

Idea B: Este sistema consiste en realizar un diseño especial de unas resistencias para introducirlas dentro del gel de forma que estas calienten el gel a la temperatura deseada. Estas resistencias estaría conectadas a un sistema de corriente para el calentamiento, de forma que una vez que el gorro alcance a la temperatura adecuada se desconecta y luego se le coloca el gorro al recién nacido.

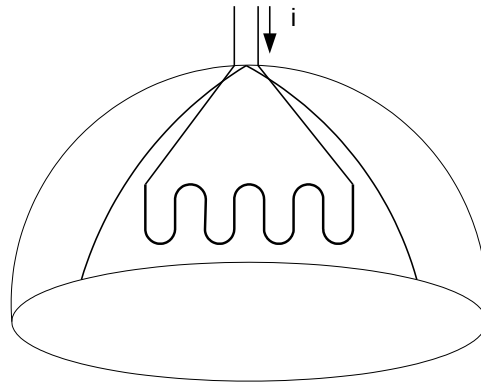


Figura 3.8: Dibujo Esquemático de la Idea B

Idea C: Consiste en calentar el gorro por medio de un Horno de Microondas, de forma que se debe evaluar el tiempo de calentamiento para obtener la temperatura deseada para el dispositivo.

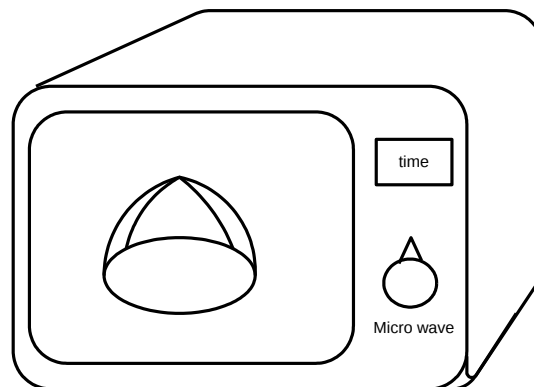


Figura 3.9: Dibujo Esquemático de la Idea C

Idea D: El calentamiento del gorro se realiza colocando la compresa en agua hirviendo durante cierto tiempo hasta obtener la temperatura deseada.

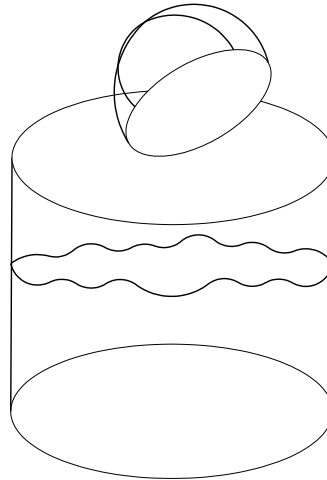


Figura 3.10: Dibujo Esquemático de la Idea D

3.3.1 Análisis Morfológico.

El método consiste en establecer los parámetros de evaluación más importantes del diseño para luego hacer una comparación ponderada de cada idea seleccionando la alternativa más favorable.

3.3.2 Parámetros De Evaluación.

- 1) Costo de fabricación del dispositivo.
- 2) Ergonomía.
- 3) Versatilidad en su manejo.
- 4) Seguridad en su operación.
- 5) Eficiencia del Sistema.

6) Facilidad de la adquisición de los materiales.

7) Facilidad de fabricación

3.3.3 Escala de Evaluación

1. Deficiente.

2. Aceptable.

3. Bueno.

4. Muy bueno.

5. Excelente.

3.3.4 Matriz de Evaluación

Parámetro	%/100	Idea A	Idea B	Idea C	Idea D
1) Costo de fabricación del dispositivo.	0,15	1	3	2	4
2) Ergonomía.	0,25	5	1	5	2
3) Versatilidad en su manejo.	0,05	4	2	4	2
4) Seguridad en su operación.	0,15	5	2	3	3
5) Eficiencia del Sistema	0,15	3	4	4	3
6) Facilidad de la adquisición de los materiales.	0,1	2	2	3	4
7) Facilidad de fabricación	0,15	2	3	3	4
Total	1	3,3	2,35	3,55	3,1

Tabla 3.2: Matriz de Evaluación

3.3.5 Análisis y Resultado de la Matriz de Evaluación.

En este caso la matriz arrojó como solución favorable dos ideas con valores muy cercanos, las cuales son las opciones A y C.

Si se elige el equipo A, se garantiza que la temperatura del gorro se va mantener constante una vez que el gorro llegue a la temperatura deseada, pero uno de los inconvenientes de este sistema es el elevado costo, debido al controlador de temperatura, la cual hace el tipo de calentamiento sea exclusivo para hospitales y clínicas si estarían en disposición de adquirirlo. Mientras la opción del equipo C, ofrece las ventajas que sea el calentamiento más rápido, permite el calentamiento de varios dispositivos a la vez, y la determinación del tiempo de estancia del dispositivo en el microondas fácilmente.

La idea elegida en el proceso de calentamiento es la opción C, debido a la disponibilidad de este equipo existente en un hospital o clínica. Sin embargo la opción A, sería conveniente como recomendación en un futuro, hacer un prototipo de este dispositivo de calentamiento, para evaluar y garantizar su eficiencia.

3.4. EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE CALENTAMIENTO DEL DISPOSITIVO EN EL MICROONDAS

Para determinar el tiempo de calentamiento del funcionamiento del gorro, se realizaron varias pruebas en el microondas que fue el dispositivo seleccionado, para este proceso.

Las pruebas se basaron en determinar el tiempo de selección en el microondas de forma que la temperatura obtenida en el gorro sea la adecuada para la aplicación de este dispositivo

El procedimiento consistió en introducir el gorro dentro del microondas, luego se selecciona el tiempo estimado de operación, y finalmente se registran las temperaturas del gorro en distintos puntos, con la utilización del equipo microprocesador de temperatura, obteniéndose luego un promedio.

Se evaluaron los tiempos de calentamiento para dos tipos de gorros, los cuales se designaron como “gorro A” y “gorro B”. La diferencia entre estos dos tipos, es en el ensamble de las compresas, donde el “gorro A” contiene cuatro compresas individuales, mientras que el “gorro B” las cuatro compresas están unidas formando así una sola compresa. Para más descripción en la construcción de los gorros se especifican en el capítulo siguiente.

Los resultados se basaron en la obtención de un rango de temperatura para cada tiempo de selección, donde se reflejan en las tablas siguientes.

PRUEBAS DE TIEMPO DE CALENTAMIENTO EN EL MICRO-ONDAS

GORRO A

Prueba	Tiempo (seg)	Temp. (°C)						Temp. (°C)							Tpromedio
N°	Calentamiento	Ambiente	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	(°C)
1	8	25,1	41	37,2	40,6	42,5	38,6	40,2	38,9	38,8	39,1	37,5	38	38,2	39,2
2	8	25,8	41,4	39,4	36,7	38,1	39,4	37,2	40,4	38,7	41,4	37	38,2	39,3	38,9
3	8	27,2	40,9	40	41,6	41	39	39,7	35,8	35,7	38,5	38,7	38,2	37,8	38,9
4	8	27,3	41,5	39	41,9	36	37,2	39,1	38	38,5	37,8	37,9	36,2	39,2	38,5
5	8	24,6	38,2	42,8	37,9	38,3	41	42,8	37,5	35,4	36,4	36,4	38,2	38,8	38,6
6	8	27,5	41,5	41	39,4	40,4	41,5	40	40,7	36,8	39,5	38,1	40	35,3	39,5
7	10	24,5	42,5	43,3	39,7	36,5	46	40,9	40,1	39,2	41	41,4	37,9	41,5	40,8
8	10	24,9	36,5	35,4	40,1	45,4	39,2	45,5	41,3	39,9	40,8	37,2	38,1	39,3	39,9
9	10	25,7	40	44,1	42,7	42,5	41,6	41,9	43	39,2	43,9	44,2	42,6	43,9	42,5
10	10	25,9	36,4	39,5	38,7	42,2	40,9	40,3	40,9	39,8	42,2	44,5	40,1	41,3	40,6
11	10	26,1	40	40,2	37,4	38,1	39,7	39,5	40,2	40,3	37,4	43,2	42,7	44,6	40,3
12	10	25,7	44,4	39,3	40,3	37,6	39,6	41,4	45,5	45	41,2	43,6	38,8	42,4	41,6

Tabla 3.3: Cuadro de pruebas de calentamiento para gorro A.

PRUEBAS DE TIEMPO DE CALENTAMIENTO EN EL MICRO-ONDAS

GORRO B

Prueba N°	Tiempo (seg) Calentamiento	Temp.(°C) Ambiente	Temp. (°C)												T promedio (°C)
			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	
1	8	25,9	38,9	37,4	40	36,2	42,3	37,2	38,2	36,4	37,2	35,7	35,2	37	37,6
2	8	26,2	36,7	41,8	36	37,8	37,7	37,8	37,6	39,5	39,5	39,3	42,1	40,3	38,8
3	8	25,1	39,9	38,2	39,8	38,2	40,9	39,3	37	38	38,1	38,5	40	40,3	39,0
4	8	25,3	34	36,7	36,2	38,4	38,4	37,7	36,1	39,7	39,5	36,1	39,5	38	37,5
5	8	24,6	38,9	37,9	37,6	37	37,4	38,1	37,8	38,8	38,5	38,3	38	37,1	38,0
6	8	27,2	38,6	40,9	40,3	38,2	38,7	37,1	37,9	39,4	39,9	38,2	38,1	40,5	39,0
7	10	25	40,5	38,3	40,4	44	43,7	44,1	38,4	37,9	38,7	38,6	38,9	36,8	40,0
8	10	24,4	43,7	38,5	46,7	40,6	39,9	44,5	40	41,6	37,7	41,6	37,2	38,7	40,9
9	10	25,7	45,8	47,8	47,1	42,2	36,1	35,6	41,3	39,2	40,8	42,1	40,5	43,5	41,8
10	10	25,8	45,3	40,5	40,2	41,4	41,6	38,3	39,9	39,4	41,2	39,7	45,9	45	41,5
11	10	26,3	41,1	38,5	40,6	40,5	41,5	40,7	43,3	41,3	41,9	42,5	37,9	40,2	40,8
12	10	26	40,9	39,4	44,7	46,2	41,4	48	40,5	38,4	36,7	36,2	44,3	40	41,4

Tabla 3.4: Cuadro de pruebas de calentamiento para gorro B.

CAPÍTULO 4

CONSTRUCCIÓN Y COSTOS

4.1 CONSTRUCCIÓN DEL DISPOSITIVO

El proceso de construcción se fundamenta principalmente en ensamblar el conjunto de las piezas que se requieren para la concepción del dispositivo.

Seguidamente se mencionan por fases los distintos procesos del diseño seleccionado para ser construido, los cuales se dividieron en cinco fases, estas son:

- ◆ Fase I. Geometría del Dispositivo.
- ◆ Fase II. Construcción del Troquel para Fabricar la Compresa.
- ◆ Fase III. Fabricación de la Compresa.
- ◆ Fase IV. Inyección del Gel en la Compresa.
- ◆ Fase V. Confección de Costura del Gorro.

FASE I.- Geometría del Dispositivo.

El patrón elegido se basa en la forma de un gorro de bebé normal. Se puede observar a simple vista que la forma de cualquier gorro tiende a tener la geometría de una semi-esfera o también llamado casquete esférico.

La esfera es la figura geométrica que se forma al girar una circunferencia sobre uno de sus diámetros. Una definición más analítica sería: la superficie que tiene la propiedad que todos sus puntos están a la misma distancia de otro llamado centro. La distancia al centro se llama radio. El casquete es una porción resultante al seccionar la esfera con dos planos meridionales en partes iguales y un plano ecuatorial.

A partir de la tabla de crecimiento de los recién nacidos, se estima un promedio de los percentiles del diámetro cefálico en el Recién Nacido, la cual resulta un perímetro promedio del orden de 34 cm.

CRECIMIENTO DEL RECIÉN NACIDO VENEZOLANO
PESO – TALLA - PERÍMETRO CEFÁLICO
ESTUDIO NACIONAL DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO HUMANO
DE LA REPÚBLICA DE VENEZUELA. CARACAS 1995.

Percentiles	VARONES			PESO TALLA PER. CEFALICO	HEMBRAS		
	10*	50*	90*		10*	50*	90*
EDAD	BAJO	MEDIANO	ALTO		BAJO	MEDIO	ALTO
Recién Nacido	2,7	3,2	3,8	kgs.	2,7	3,1	3,9
	47,6	50,2	52,5	cms.	46,8	49,3	51,7
	32,9	34,2	36	cms.	32,1	33,7	35,2



FUNDACION: "CENTRO DE ESTUDIOS SOBRE
CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA
POBLACION VENEZOLANA".

FUNDACREDESA

CORTESIA DE:



Tabla 4.1: Crecimiento del Recién Nacido (año 1995)

El perímetro de la superficie geométrica seccionada es equivalente al diámetro cefálico, el es considerado para determinar el radio del casquete esférico, por lo tanto se tiene que:

- $P_{esf} = 2\pi \cdot r$

Despejando el radio, resulta:

- $r = \frac{P_{esf}}{2\pi} = \frac{34,016cm}{2\pi} = 5,416cm = 54,19mm$

Se toma un radio de:

- $r = 5,5cm = 55mm$

El nuevo perímetro resulta:

- $P_{esf} = 2\pi \cdot 5,5cm = 34,54cm = 345,4mm$

La superficie de la sección es:

- $S = \frac{1}{2}(\pi r^2) = 4751,66 mm^2$

A continuación se representa la perspectiva axonométrica isométrica de la esfera de 55 mm de radio y centro el origen de coordenadas, la cual se obtiene el patrón de diseño que forma el molde.

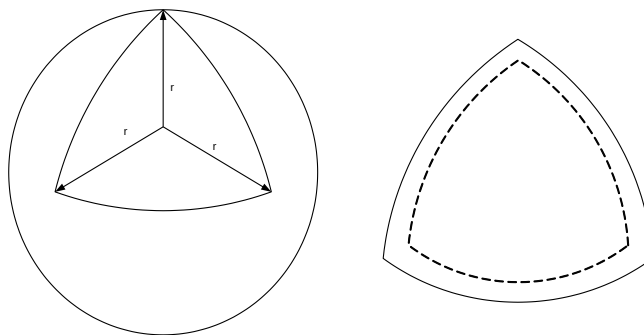


Figura 4.1. Representación del patrón de diseño (casquete esférico)

La superficie de la sección punteada es la es el área de la compresa, y la otra superficie que comprende la sección punteada y el espesor de 1 cm de esta, es el área para el corte de las telas.

Para la fabricación del gorro se toma las medidas de $\frac{1}{4}$ de la semi-esfera, como molde patrón del diseño. Todas las medidas se encuentra especificadas en el plano N° 1 con sus respectivas vistas, ubicado en los anexos. A continuación se representa la perspectiva isométrica de la esfera de 55 mm de radio y centro en el origen de coordenadas, con la utilización del programa Mechanical Desktop.

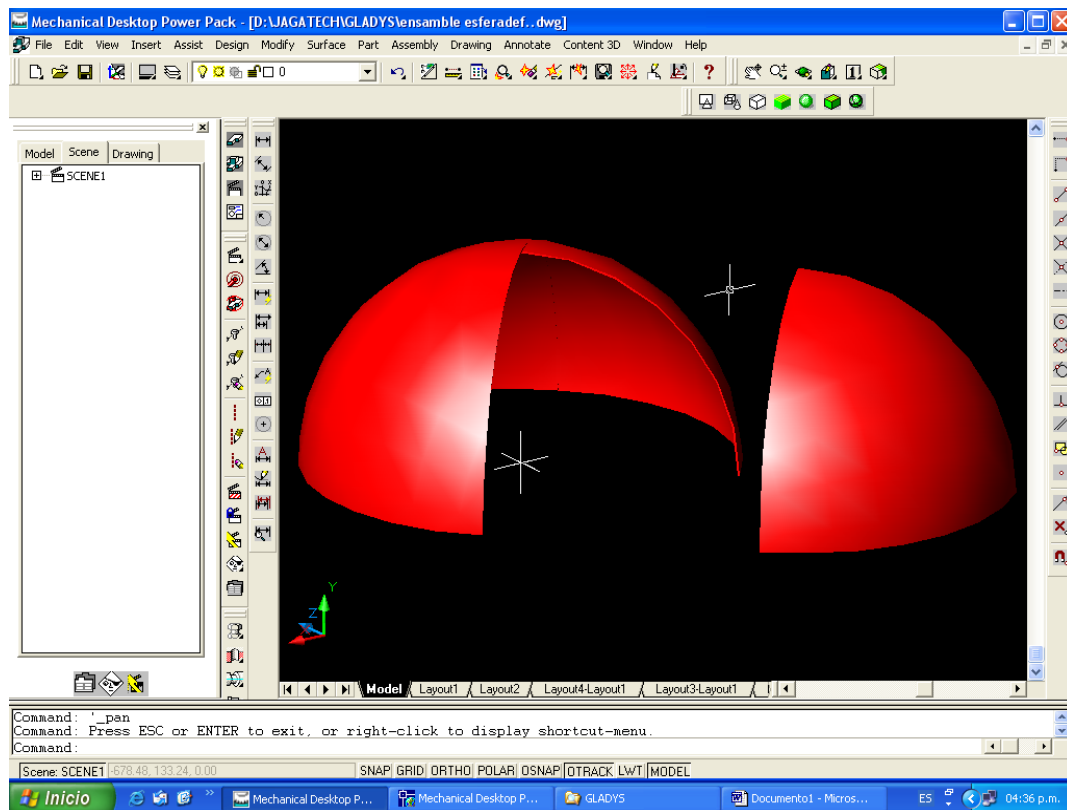


Figura 4.2: Perspectiva Isométrica de la Esfera en el Programa Mechanical Desktop

FASE II. – Construcción del Troquel para Fabricar la Compresa.

El troquel es la pieza que va dar la forma de compresa deseada, y se instala en la máquina de radio frecuencia donde se obtiene la fabricación de la misma.

Se construyen tres (3) troqueles para la fabricación de la compresa:

1. El troquel principal: Es aquel de donde se obtiene la pieza plástica por corte. La geometría de la pieza sería la correspondiente a $\frac{1}{4}$ de sección de la esfera.
2. Troquel de soldadura: Requerido para unir por los bordes a un par de las piezas obtenidas en el troquel anterior. La finalidad es generar un bolsillo cerrado por todos sus bordes a excepción de una pequeña sección donde se inyectará el gel.
3. Troquel de cierre: Es un troquel para soldadura que permite cerrar completamente la compresa una vez que se inyecta el gel.

Para la construcción de los troqueles se utilizaron los siguientes materiales, herramientas y equipos:

Materiales	Herramientas	Equipos
Pletina de bronce	Mecha	Taladro
Pletina de aluminio	Destornillador	Dobladora.
Tornillos	Lima	Prensa
	Segueta	Esmeril.

Tabla 4.2: Materiales, Herramientas y Equipos Utilizados para la Construcción de los Troqueles

El proceso de construcción de los troqueles, es un proceso artesanal, donde se da la forma a las pletinas de aluminio y bronce similar al patrón de diseño, con una dobladora manual. Para el troquel 1 se fija por medio de tornillos una laminilla de bronce, para dar el corte en el sellado, mientras que para los troqueles 2 y 3, se usaron directamente la pletina de bronce, la cual contiene la ranura para el corte. La razón de que el troquel 1 no se utilizó directamente una pletina de bronce, se debe a la diferencia de costos de las pletinas.

Una vez hecho los troqueles que son los moldes de formas y ensambles para las compresas, estos se fija a una máquina de radio frecuencia para realizar el proceso de corte y sellado en el plástico PVC, y así obtener la compresa final. En la figura siguiente se representa la forma de los tres troqueles.

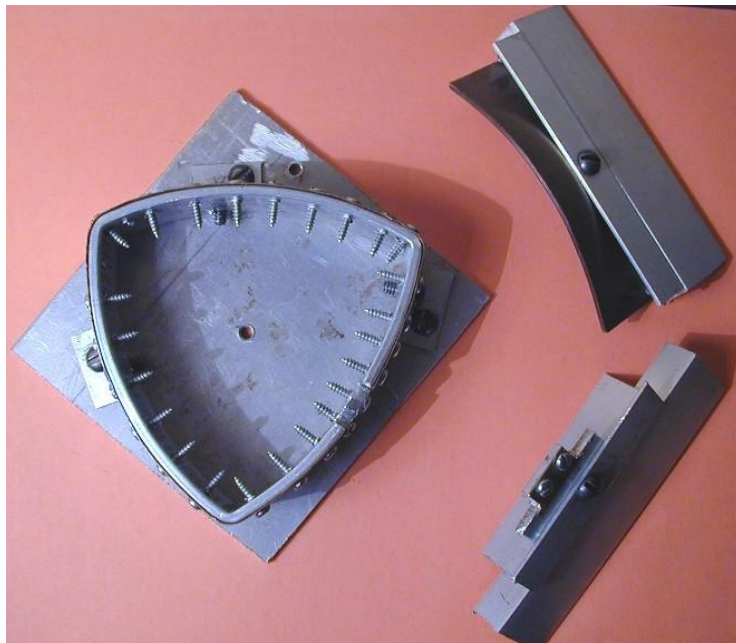


Figura 4.3: **Representación de la Forma de los Troqueles**

FASE III. – Fabricación de la Compresa.

La manufactura de la compresa consiste en el corte y sellado de dos láminas plásticas de PVC, de calibre 0,20 suave, utilizando un equipo por alta frecuencia.

El sellado por alta frecuencia o radio - frecuencia (RF) fusiona dos o más hojas de material termoplástico, aplicando por medio del calor y presión al producto fabricado. El sellado por RF utiliza la ventaja de las altas pérdidas dieléctricas de ciertos plásticos tales como celulosa acetato, nylon, poliuretano, y PVC, siendo éste último el material usualmente usado.

Cuando el material de PVC es colocado entre los bordes de un troquel excitado por un campo de radio- frecuencia, se desarrolla fricción interna entre las moléculas del plástico, lo que origina el calor que eleva la temperatura. Cuando la temperatura alcanza el punto de fusión del plástico bajo la presión, el material fluye y se produce una soldadura permanente.

Inicialmente se obtiene la fabricación de la compresa individual, la cual se hace con el troquel 1. Con el troquel 2 se realiza la soldadura para la unión de cuatro compresas individual, y el troquel 3 se utiliza para soldar la apertura donde se inyecta el gel.

Para la construcción del gorro se consideró dos tipos de diseño la cual difieren únicamente en el ensamble de las compresas. Para el “gorro A” se utiliza cuatro compresa individuales, mientras que para el “gorro B” se utiliza las cuatro compresas unidas entre sí.

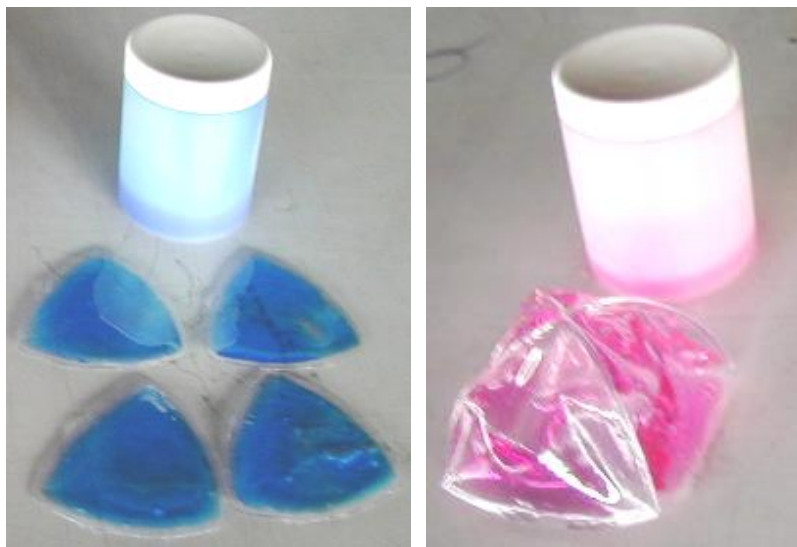


Figura 4.4: Compresa del gorro A, compresa gorro B

Una vez finalizada la fabricación de las compresas para ambos gorros, se procede a aplicar una capa del aislante térmico (Ceramic Cover CC Systems 100), únicamente por el lado exterior de la compresa.



Figura 4.5: Fabricación Final de la Compresa Individual.

➤ **Descripción del Equipo.**

Las máquinas de radio- frecuencia se componen de dos unidades básicas, el generador de RF y la prensa hidráulica o neumática, la cual contiene el troquel o el electrodo de sellar.

Los generadores estándar son disponibles con una potencia de salida entre 1 a 50 kw. El equipo más grande es de 100 kw, se elabora para aplicaciones especiales. La mayoría de los equipos de 50 kw, tienen una frecuencia - estabilizada para operar a 27,12 MHz, según las regulaciones existentes de FCC.

Estos equipos operan con una resistencia eléctrica que se aplica con presión en forma lineal sobre el área de material que se desea unir, y al producir calor (en forma instantánea) sobre el material funden las dos paredes, quedando estas unidas por el efecto térmico y la presión sobre el material.

Esta máquina esta diseñada para empaques blister de alta velocidad de varios tamaños y para productos de diferentes formas, dándole así una drástica reducción en costos de producción.

Generalmente la resistencia es plana, por lo que al fundir el material, deja en este, la marca o huella del grosor de la resistencia y queda el sobrante del material de la bolsa como ceja o pestaña. La carga de las piezas es manual, pero el ciclo de sellado es totalmente automático. Estos equipos, operan a 120 volts con control de tiempo de sellado, trabajan con pedal mecánico o con sistema neumático.

Este equipo tiene Circuito por oscilador, Sellado por presión equipado con control de termostato y un Sistema anti-chispa de alta sensibilidad. A continuación se menciona algunas especificaciones de la máquina.

Modelo	VW 4000
Capacidad de salida	4 Kw
Capacidad de entrada	8 KVA
Voltaje de salida	220 v
Frecuencia de salida	50/60 Hz
Generador de alta frecuencia	Estabilizado a 27.12 Mhz
Velocidad de producción	10 a 12 ciclos/min

Tabla 4.3: Especificaciones de la Maquina de Radio Frecuencia.



Figura 4.6: Máquina de Radio Frecuencia

FASE IV. – Inyección del Gel en la Compresa.

La realización de este proceso se hizo manualmente a través de una inyectora, la dosificación utilizada fue de 15 gramos por cada sección de compresa.

FASE V. – Confección de Costura del Gorro

Esta fase engloba el ensamblaje y construcción total del gorro, ya que se le da forma final en la construcción del dispositivo.

Para la confección de costura del gorro, los materiales, herramientas y equipos requeridos fueron:

Materiales	Instrumentos	Equipo
Tela Overnit	Patrón del casquete esférico	Máquina de Coser
Tela Perlón	Tijera	
Hilo para coser	Cinta métrica	

Tabla 4.4: Materiales, Instrumento y Equipos para la Confección del Gorro.

➤ Descripción de la Confección del Gorro.

Inicialmente se realizaron varios bocetos, para elegir la mejor confección. Uno de los bocetos consistió en hacer el gorro de forma que pudiera desglosarse en dos partes por medio de un cierre mágico, para permitir que el calentamiento de la compresa fuera separado de las telas, pero esto implica que antes de colocar el gorro existe mucha manipulación lo que lleva a que el gorro sea menos eficiente debido a

que existe la posibilidad de que haya pérdida de calor. El otro boceto consistió en hacer el gorro en un solo conjunto, es decir la compresa está entre telas. Este ultimo permite que el calentamiento del gorro sea el conjunto completo (compresa y telas), lo que implica que el proceso de aplicación es directo. El boceto elegido fue el último.

Para la manufactura de la confección, en primer lugar se realizan los cortes de los tipos de tejidos elegidos. Para cada gorro se necesita ocho partes la tela Overnit y cuatro partes de Perlón, usando para el corte de cada una el patrón de diseño que se obtiene en la fase I. Adicionalmente se necesita el corte de una tira de tela Overnit de 20x10 cm aproximadamente, para formar un doble de tela alrededor del perímetro de la superficie del gorro.



Figura 4.7: Confección del Gorro

➤ **Construcción Final Del Dispositivo**

Después de realizar proceso de cada una de las cinco (5) fases, la construcción final se basa en la unión de cada una de ellas. En la última fase se realiza la unión de todos los materiales utilizados en la construcción del gorro.

Para especificar el manejo de la aplicación del dispositivo se requiere ciertos pasos, la cual indican el correcto funcionamiento del gorro, ver anexo F.



Figura 4.8: Diseño Final del Gorro

4.2 COSTOS

El costo de producción del dispositivo es determinado mediante los precios de fábrica incluyendo el impuesto del valor agregado al 16,5 % (I.V.A), no incluye costos de viáticos, ni horas hombre empleadas en el diseño, ni publicidad, ni costos de mercadeo y estimando el dólar oficial de Bs. 1600. El precio se divide en dos partes fundamentales, costos del troquel y materiales del gorro incluyendo manufactura que se especifican a continuación.

4.2.1 Costos del Troquel.

Cantidad	Descripción	Proveedor	Costo (Bs)
1	Lámina de aluminio 3000, espesor 1,3 mm, 50 mm x 1200 mm	Alfetplast, c.a	4.500,00
1	Lámina de bronce, espesor 0,5 mm, 30 mm x 1200 mm	Alfetplast, c.a	5.500,00
50	Tornillos tirafondo, cabeza plana, longitud ½ pulgada, diámetro 1/8 pulgada	Casa de tornillos c.a	6.500,00
1	*Manufactura	Taller Alfetplast, c.a	160.000,00
Total			176.500,00

Tabla 4.5: Costos para la construcción de los tres Troqueles.

* Los costos de manufactura para el troquel, incluye los costos de alquiler, operadores, gastos administrativos, y demás servicios por gorro.

4.2.2 Costo del Gorro.

Cantidad	Descripción	Proveedor	Costo (Bs)
0,1 m ²	Plástico de vinilo calibre 0,20 PVC	Alfet plat c.a	700,00
30 gramos	Gel térmico color azul	Alfet plat c.a	75,00
70 gramos	Tela de algodón tejido Overnit	Ovejita c.a.	510,00
0,05 m ²	Tela Perlón fino	Casa de tela	90,00
1	Rollo de hilo para coser color blanco	Casa de tela	240,00
0,019 m ²	Ceramit cover-r, impermeable térmico	Ceramit cover de Venezuela	680,00
1	**Manufactura		505,00
Total			2200,00

Tabla 4.6: Costo de Fabricación por Gorro

** Los costos de manufactura para la confección del gorro, se calculó mediante el uso de la tabla de salarios de acuerdo al oficio del trabajador, según la cámara de construcción, ver anexo.

Considerando que se compró material para mil gorros resulta un monto total de inversión inicial de **Bs. 2.376.500,00** y además considerando el 30% de utilidad para el fabricante por gorro, se calculó la cantidad de gorros para recuperar la inversión inicial, con un precio de venta al público de **Bs. 2.860,00** por gorro. Siendo 831 la cantidad de gorros a fabricar para recuperar la inversión inicial. Cabe destacar que la segunda inversión solo sería el costo de materiales y manufactura de la confección del gorro.

CAPÍTULO 5

*PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL
Y RESULTADOS*

5.1. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE LAS PRUEBAS REALIZADAS

La fase de pruebas experimentales del proceso de diseño es la verificación de su viabilidad, durabilidad y características operativas a través de la construcción de un prototipo en tamaño real.

En primer lugar es importante destacar que las pruebas que se efectuaron, son dirigidas exclusivamente a los **recién nacidos a término**, debido a disminuir probabilidades de riesgos, ya que estos recién nacidos están en mejor condiciones que los pretérminos.

La muestra a evaluar fue de 30 recién nacidos, donde 10 son con **gorro A**, 10 fueron con **gorro B** y 10 **sin gorro**, entre los pesos promedio por recién nacido de 2,5 Kg. a 3,5 Kg.

La realización de las pruebas consistió en tomar las temperaturas axilares (externas) y rectales (internas) de los recién nacidos al nacer, inmediatamente después del alumbramiento y la limpieza correspondiente. Luego se le coloca el gorro térmico, que fue calentado en un microondas dentro del tiempo de calentamiento considerado en el diseño, y se evalúan las temperaturas en función del tiempo a intervalos de 15 minutos, partiendo del momento del traslado de la sala parto o el quirófano al reten hasta una hora por recién nacido. También se tomaron la temperatura del ambiente donde se localizaba el recién nacido, es decir bajo una lámpara de calor radiante y las temperaturas del gorro.

Las evaluaciones consistieron en comparar las temperaturas axilares y rectales de los recién nacidos con gorro y sin gorro, en los intervalos de tiempo mencionados. También se tomó en cuenta las temperaturas del gorro para visualizar el comportamiento del mismo en función del tiempo.

Se realizaron promedios de temperaturas axilares y rectales de los 10 recién nacidos, con y sin gorro, en los periodos de tiempo al nacer, 15, 30 y 60 minutos. También se determinó el promedio de temperaturas para el gorro A y B en función del los distintos períodos de tiempo.

Para la toma de datos de todas las temperaturas consideradas, se utilizó un microprocesador de temperatura (pirómetro) con una sola termocupla tipo K.

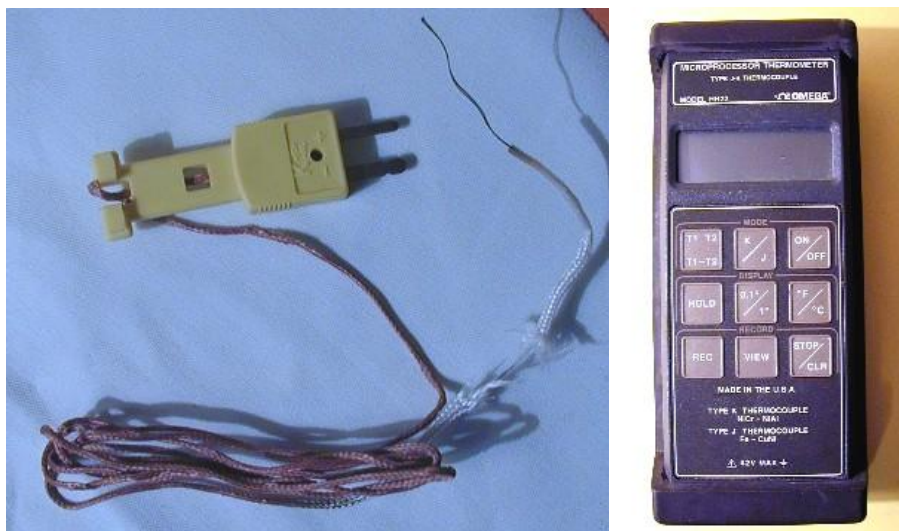


Figura 5.1: Equipo de medición, Termocupla tipo K y Pirómetro.

5.2 GRÁFICAS Y ANALISIS

A continuación se representa gráficamente, los datos de temperatura axilares y rectales por cada recién nacido y en función de los tiempos estimados. Adicionalmente se representa los datos de las temperaturas de cada gorro en función del tiempo.

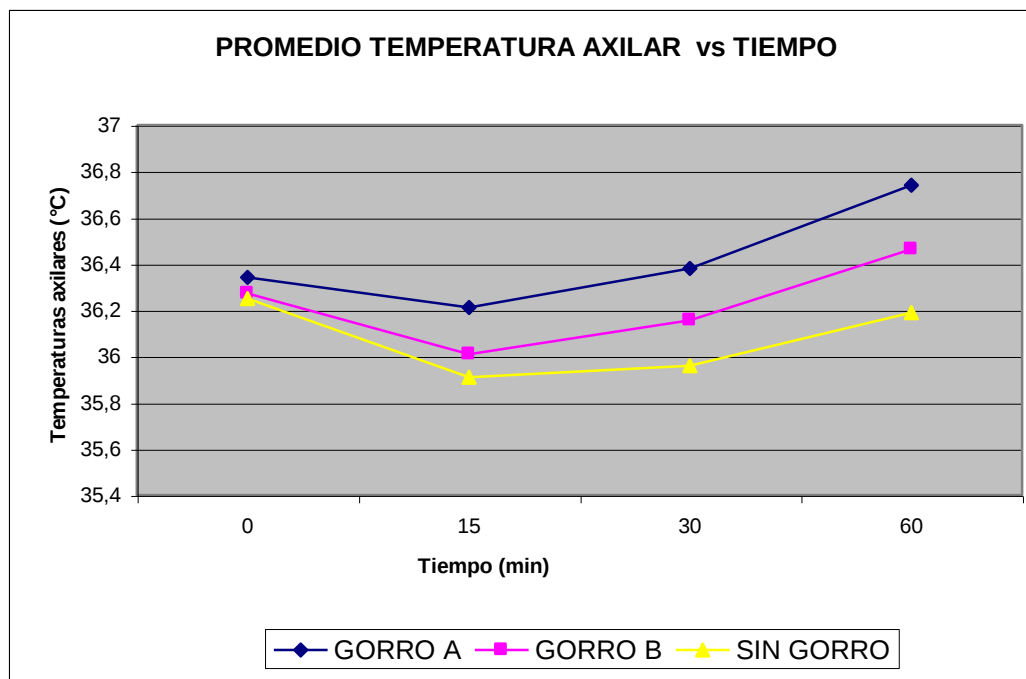
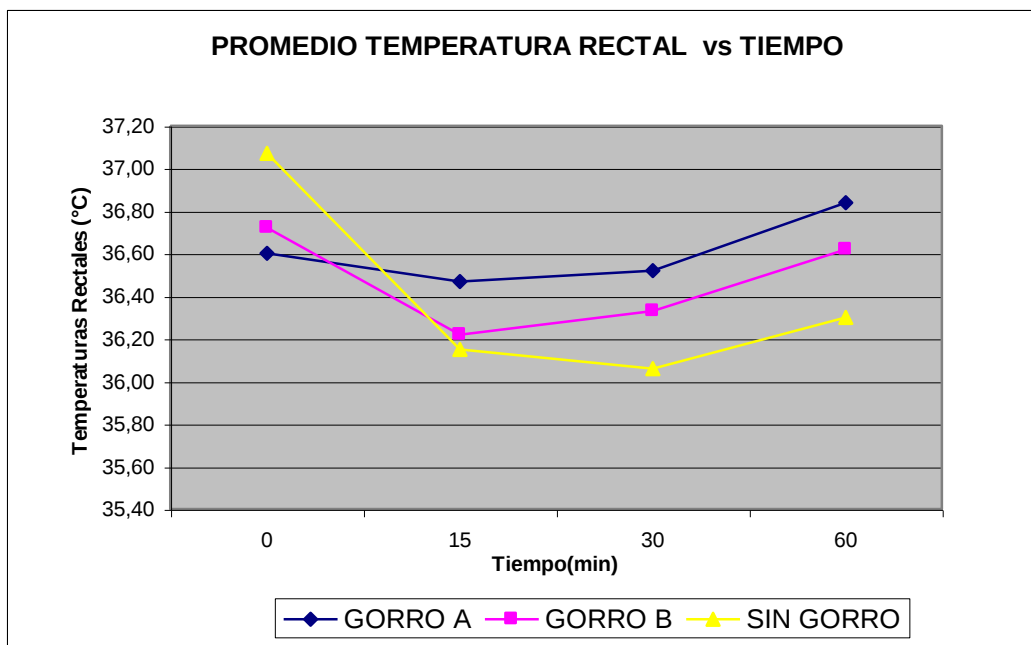


Figura 5.2: Gráfica de Temperatura Axilar Promedio vs Tiempo

En esta gráfica se representan las temperaturas axilares promedio de 10 recién nacidos con gorro A, 10 con gorro B y 10 sin gorro, en intervalos de tiempos de 15, 30 y 60 minutos.

El comportamiento de la gráfica muestra las temperaturas axilares de los bebés evaluados con el “gorro A” tienden a ser mayores con respecto al “gorro B” y los que no tienen gorro. Por lo tanto, se deduce que los recién nacidos que usaban el “gorro A” fueron favorecidos en la regulación de su temperatura.



5.3: Gráfica de Temperatura Rectal Promedio vs Tiempo

En esta gráfica al igual que la anterior se evaluó la evolución de la temperatura rectal de 30 recién nacidos, 10 de cada serie.

El comportamiento de la gráfica es similar a la anterior, sin embargo se observa en las tres curvas una caída de la temperatura rectal en el momento de traslado que va desde cero, instante en que nacen y los atienden, a 15 minutos que es cuando llegan de la sala de parto a reten, pero en los recién nacidos sin gorro tiende a tener una caída brusca, en comparación de los recién nacidos con gorro, tanto A como B. Cabe destacar que el bebe uno de la condición sin gorro, la temperatura inicial es superior con respecto a los bebes con el dispositivo, debido a los múltiples factores o parámetros que influyen en la medición de la temperatura, como lo son las condiciones del bebe o de la madre al nacer, condiciones ambientales y tiempo de medición, entre otros.

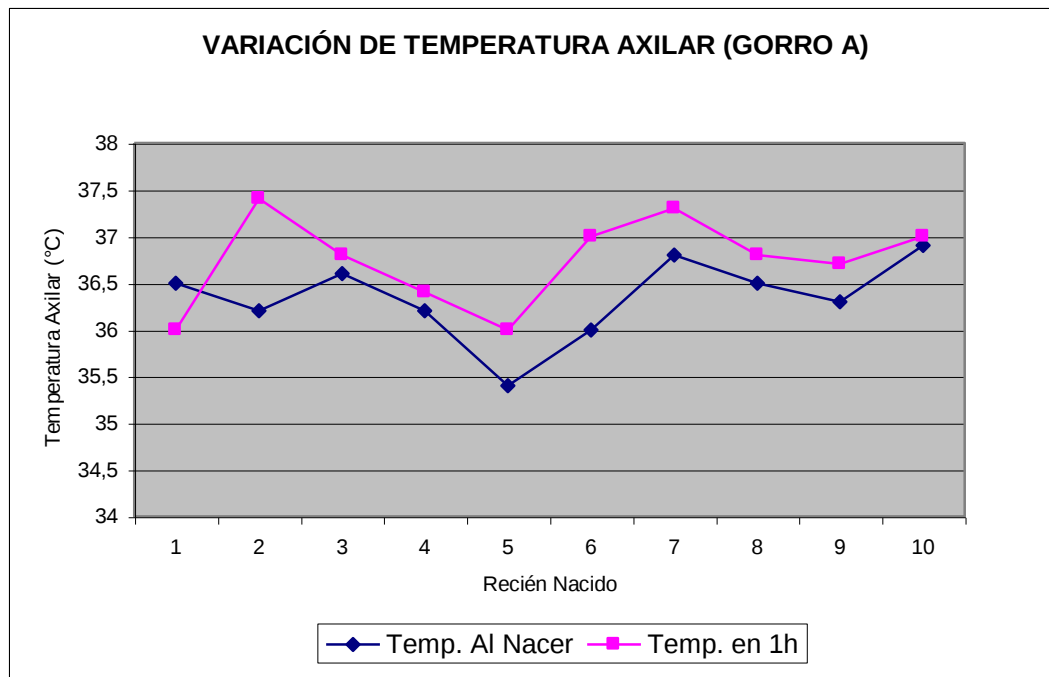


Figura 5.4: Gráfica de Variaciones de Temperaturas Axilares (Gorro A)

Esta gráfica representa la variación de las temperaturas axilares por cada recién nacido evaluado con gorro A, en el momento de nacer y después de una hora.

Se puede observar la muestra de 10 recién nacidos diferentes, las temperaturas después de una hora de nacer son superiores, contribuyendo al aporte de calor en el recién nacido con el gorro para la regulación de su temperatura. Sin embargo para el recién nacido 1 se observó lo contrario, esto indica la existencia de variables que afectan el comportamiento de la temperatura, ya sea de medición o de factores externos que influyó en esta prueba, ya que la tendencia de los demás casos es a aumentar su temperatura.

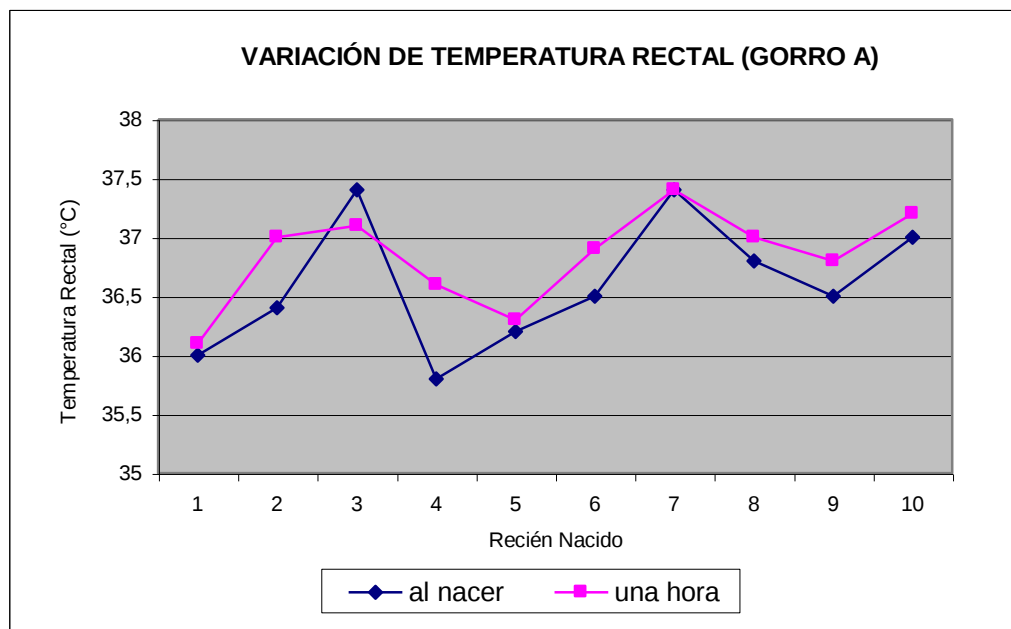


Figura 5.5: Gráfica de Variaciones de Temperaturas Rectales (Gorro A)

Esta gráfica es similar a la anterior, solo que se toman temperaturas rectales en los recién nacidos.

Se observa en los recién nacidos 3 y 7, las temperaturas no fueron favorables, sin embargo para los restantes mantienen mejor temperatura después de una hora que al nacer. Esto comprueba que existe la posibilidad de ciertas variables que afectan en la medición, ya que la tendencia de la mayoría de los recién nacidos es a la resuperación de temperatura.

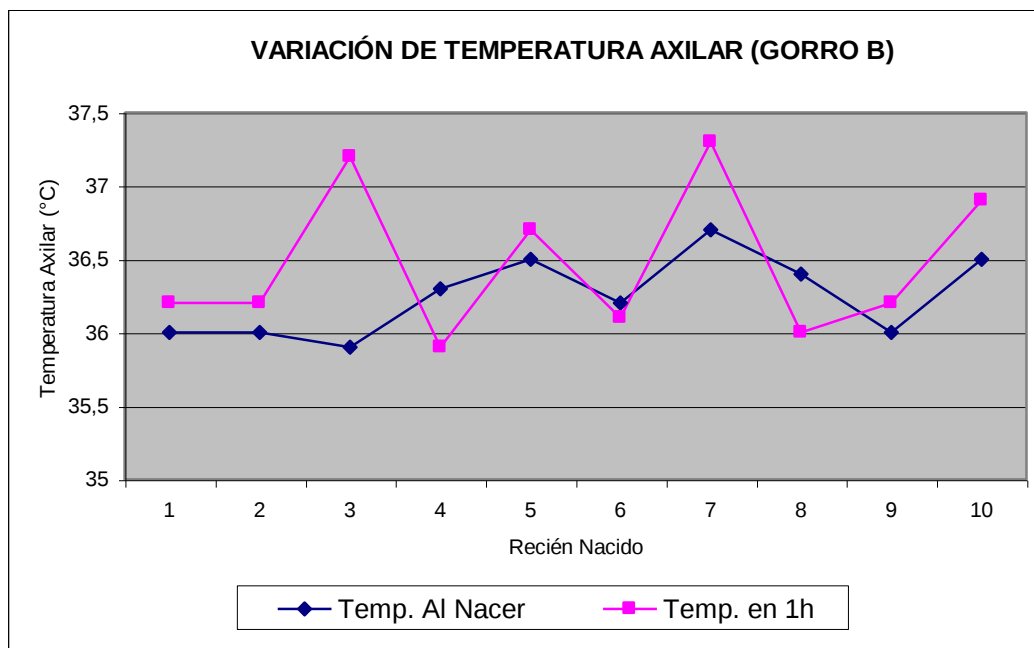


Figura 5.6: Gráfica de Variaciones de Temperaturas Axilares (Gorro B)

Para esta gráfica las temperaturas axilares de los recién nacido con el gorro B, de la muestra de 10 recién nacidos, 3 de ellos no resultaron favorables, ya que tuvieron tendencia a perder calor.

Una vez más, se puede observar que la tendencia de la temperatura de los recién nacidos tienden a recuperar calor con el gorro.

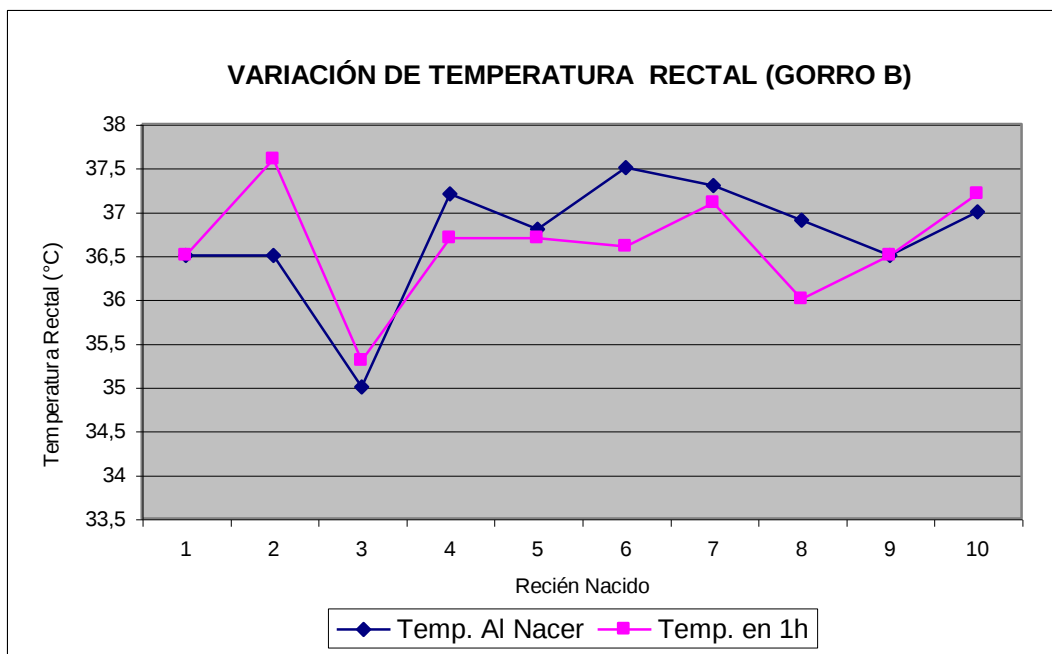


Figura 5.7: Gráfica de Variaciones de Temperaturas Rectales (Gorro B)

En esta gráfica se observa una caída de la temperatura rectal en 5 recién nacidos y 2 se mantuvieron. Sin embargo los bebés la mayoría de los bebés tienen la tendencia de mantenerse en el rango de temperaturas considerado normal, entre 36,5 °C y 37,5 °C.

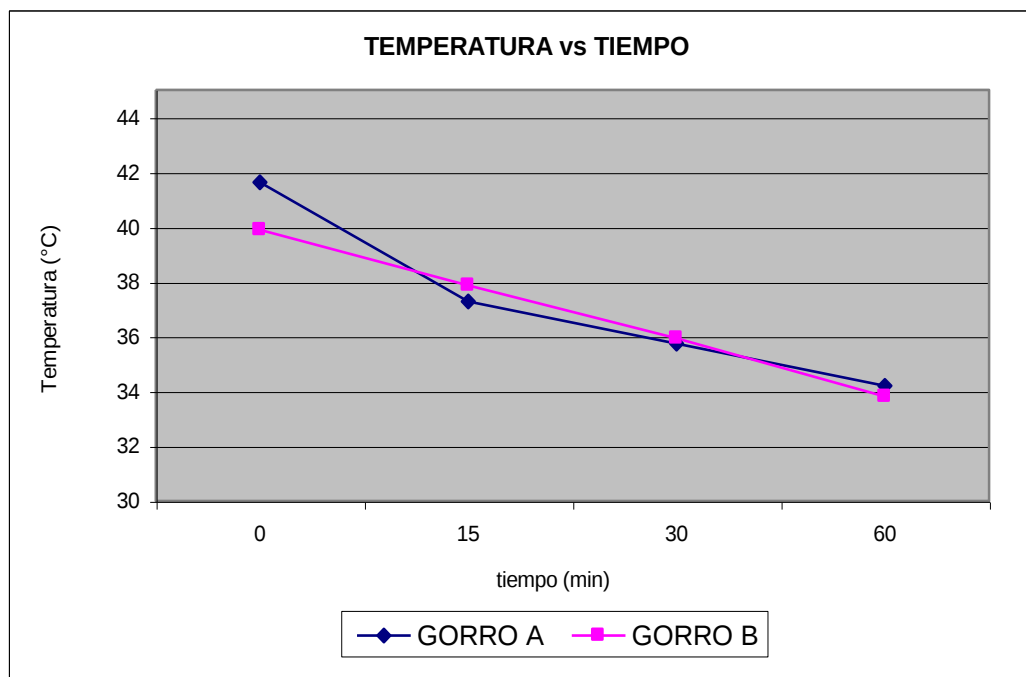


Figura 5.8: Gráfica de Temperaturas vs Tiempos con Gorro A y Gorro B

En esta gráfica se compara el gorro A y B, tomando en cuenta la temperatura de los mismos, en el intervalo de una hora.

Se observa un comportamiento similar, en el gorro A inicialmente tiene más temperatura que el gorro B, a los 25 minutos aproximadamente ambos gorros tienden a perder temperatura, en el gorro A la tendencia es ligeramente menor, a su vez la gráfica indica que los gorros deben ser calentados nuevamente para su uso efectivo, luego de 30 – 45 minutos.

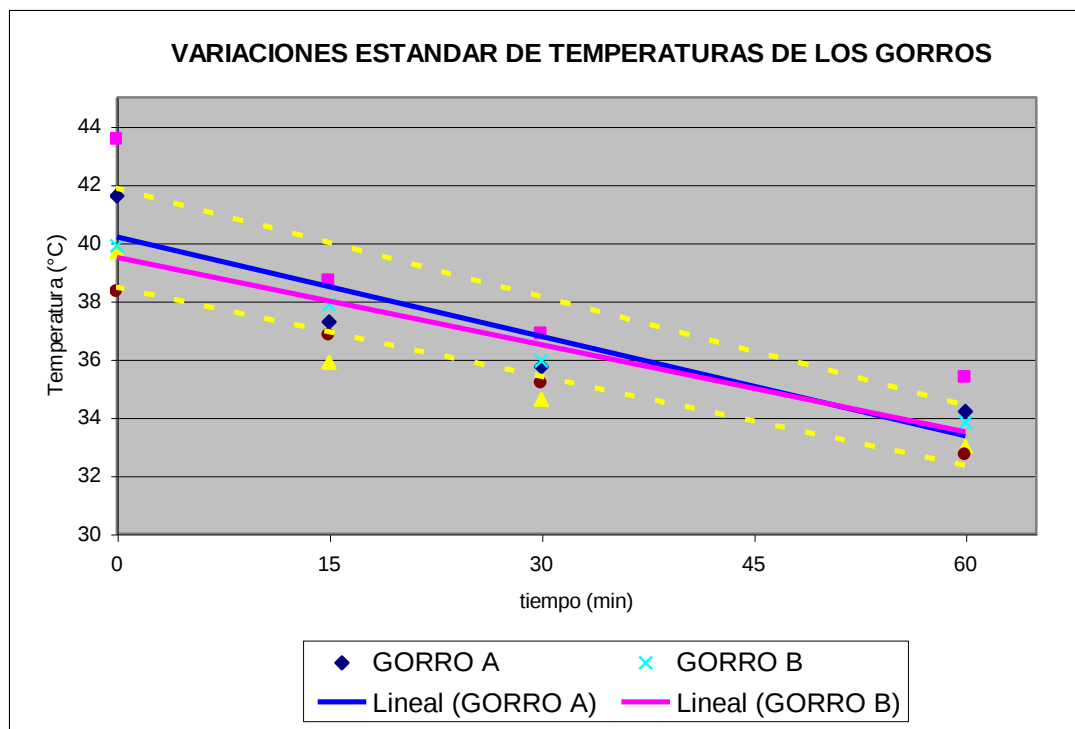


Figura 5.9: Gráfica de Variación Estándar de Temperatura del Gorro A y Gorro B

La variación de los datos de temperaturas de ambos gorros intenta dar una idea de cuán esparcidos se encuentran estos valores, tomando en cuenta la desviación típica de la muestra para cada gorro, la cual se observa que el rango de desviación es muy pequeño.

Se demuestra que las temperaturas de ambos gorros durante una hora están entre el rango de 33 a 35 °C, pero a los 30 minutos el rango se encuentra entre 36 y 38 °C, lo que indica que este es el tiempo de utilidad del gorro. Ambos gorros tienden al mismo comportamiento.

5.4 ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Interpretando las diferentes gráficas, se verifica que las temperaturas de los recién nacidos tanto axilar como rectal, son más favorables usando el gorro. Además, analizando las temperaturas en los recién nacidos, tienden a ser ligeramente superiores con el gorro A con respecto al gorro B.

En la representación de los datos en las gráficas, se observaron puntos fuera del comportamiento normal. Su existencia se puede interpretar como la ocurrencia de factores que influyeron en las mediciones, por lo que se debe considerar un mayor numero de mediciones, usar distintos aparatos de medición, etc, a fin de aminorar los efectos causados por los diferentes parámetros que inciden sobre la obtención de datos.

Finalmente las pruebas tuvieron el propósito de tener el análisis y las evaluaciones para presentar la aprobación del diseño, si es aceptable o no, con estas pruebas se selecciono el mejor dispositivo entre los dos gorros diseñados, destacándose el gorro A como el más favorable.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El dispositivo fue diseñado y construido cumpliendo con los objetivos planteados pues demostró ser adecuados para mantener, y en algunos casos aumentar la temperatura en los recién nacidos.
- En este diseño las evaluaciones realizadas se basan en un procedimiento empírico, debido a la gran cantidad de factores involucrados que dificultan la aproximación teórica. Con las pruebas experimentales y el análisis del diseño se confirmó que el dispositivo “gorro A”, es adecuado y satisface los requerimientos del problema planteado.
- Los resultados evaluados fueron dirigidos solo a los recién nacidos atérminos, debido que en los pretérminos los riesgos son mayores por su delicada condición, no obstante el dispositivo diseñado ha demostrado que puede contribuir a la regulación térmica de estos recién nacidos
- La efectividad del gorro radica en evitar la disminución de la temperatura en los recién nacidos, sin embargo, si este se encuentra en condiciones de equilibrio de temperaturas de 36,5°C a 37,5 °C, no requiere este dispositivo.
- Los materiales seleccionados hacen posible la construcción del dispositivo diseñado por su bajo costo y facilidad de obtener en el mercado, considerando su funcionabilidad y eficiencia para los objetivos del diseño.

- Con la comparación de los gorros A y B, se comprobó que la forma o disposición del gel en el gorro afecta las variaciones de la temperatura, determinándose que las compresas individuales del gorro A son más efectivas.
- Existen actualmente medios de protección para que los recién nacidos no pierdan calor, por ejemplo, la incubadora, lámpara de calor radiante, fomenteras eléctricas, etc. El dispositivo diseñado tiene el fin de contribuir a la regulación térmica en los recién nacidos sobre todo en su traslado desde la sala de parto al reten, de una forma más cómoda y económica comparándolas con las otras opciones, la cual a su vez son escasas en ciertas institución debido a falta de recursos.

RECOMENDACIONES

Se recomienda:

- La inclusión del “gorro A”, en la mesa de utensilios de la sala de partos, como dispositivo necesario para los recién nacidos que les fuera necesario la regulación de la temperatura de una manera eficaz y cómoda.
- La incorporación en el gorro de un indicador de temperatura de contacto, para una mejor seguridad en cuanto la temperatura deseada que debe ser aplicada al recién nacido.
- Se proponen implementar un rediseño en los tamaños de los gorros, debido a que se observó que el dispositivo para algunos recién nacidos no se ajustaba completamente a las dimensiones y forma de la cabeza, lo cual produce pérdida de calor. Además con respecto a la geometría del gorro se debe modificar que la

altura del gorro debe ser mayor que el radio. El gorro podría ser fabricado de varios tamaños o tallas, esto para evitar su holgura en la cabeza del recién nacido disminuyendo así la posibilidad de fugas de calor.

- Un estudio estadístico con un mayor número de recién nacidos, condiciones ambientales y varios aparatos de medición, reflejaría un mejor comportamiento del dispositivo, pudiendo establecer diferencias relevantes e introducir mejoras en el diseño.
- El gorro podría ser usado no solo en recién nacidos, sino en aquellos bebés que por condiciones climáticas requieren de un gorro que mejore la regulación de su temperatura.
- El desarrollo de la idea A, como dispositivo de calentamiento para el gorro, lo haría un diseño más independiente, además de asegurar que la temperatura del gorro es la que se requiere para ser aplicada en la regulación térmica en recién nacidos.
- Considerando las posibles modificaciones del diseño, habrá que realizar nuevamente todas las pruebas de evaluaciones para determinar la efectividad del dispositivo.
- Aumentar la cantidad de gel en las compresas, de manera de aumentar su inercia térmica. Este aumento en el peso del gorro, es factible ya que los pesos obtenidos en ambos gorros no sobre pasaron los 100 gramos. Una masa mayor de gel podría mejorar la eficiencia del tiempo de operación y su homogeneidad de temperatura.

BIBLIOGRAFÍA

Libros:

- AVALLONE, Eugene y Theodore Baumeister,. **“Manual del Ingeniero Mecánico”**,. Tomo I, Editorial Mc Graw Hill, México, 1995.
- BRUCK, K: **“Heat Production and Temperature Regulation”**,. In Stave U (Ed): Perinatal Physiology. New York, Plenum Publishing,1978,pp 455-498.
- CROSSE, V. Mary, **“El Niño Pretérmino”**, Editorial Pediátrica.
- DIXON, John R., **“Diseño en Ingeniería”**, Inventiva, Análisis y Toma de Decisiones”, Editorial Limusa-Wiley, S.A, México, 1970.
- Diccionario De Ciencias Médicas, Stedman, Edición 25ª., Editorial Medica Panamericana, Buenos Aires, 1994.
- Diccionario Enciclopédico Salvat, Salvat Editores S.A., Barcelona. (España), 1985.
- Diccionario Médico Enciclopédico, Editorial El Manual Moderno, S.A. de c.v., México, 1997.
- GROOVER, Mikell P., **“Proceso de Manufactura”**, Editorial Prentice-Hall, Hispanoamericana, México, 1997.
- Godoy, Rafael, **“Atención al Recién Nacido Pretérmino”**, editorial Mcraw-Hill, Interamericana de Venezuela S.A., 2002.
- JONES, Christopher, **“Diseñar el Diseño”**, Editorial Gustavo Gili, S. A. Barcelona, España, 1985.
- KRICK, Edward V., **“Introducción a la Ingeniería y al Diseño en la Ingeniería”**, segunda edición, Editores Noriega, México.
- LAWERNCE, Doyle, **“Proceso Manufactura y Materiales para Ingenieros”**, Editorial Diana, México.
- LUZADDER, Warren J., **“Fundamentos de Dibujo en Ingeniería”**, novena edición, Prentice Hall- Hispanoamericana, S.A., México.

- MANUAL DEL INGENIERO, Volumen I, Edición 28 va., Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona.
- Mayfield SR. Btatia J, Nakamura KT, et al: **“Temperature Measurement in Term and Preterm Neonates”**, J Pediatr 104:271-275, 1984.
- MILANI, Rodolfo, **“Diseño para Nuestra Realidad”**, Editorial Equinoccio, Caracas.
- MODERN PLASTICS ENCICLOPEDIA, Editorial Mcraw-Hill, Volumen 56, N° 10 A.
- MUÑOZ, Carlos, **“Cómo Elaborar Y Asesorar Una Investigación de Tesis”**, Primera Edición, Editorial Pretice-Hall-Hispanoamericana, S.A., 1998.
- SPIEGEL, Murria R., **“Estadística”**, segunda edición, Editorial McGraw.Hill, México.
- POLIN, Richard A. y. Ditmar, MarK F., **“Secretos de la Pediatría”**, segunda edición, Editorial McGraw-Hill Interamericana.
- **“Tratado de Neonatología”**, De Avery, Harcourt Willian, 6 ta. Edición, España, 2000.
- WALKER, Melissa, **“Cómo Escribir Trabajos de Investigación”**, Editorial Gedisa, 2000.

Consultas en World Wide Web:

- <http://www.terra.es/personal2/21congreanecipn/m2c3.htm>
- <http://www.imbiomed.com.mx/Tabasco/Stv08n1/St0021-02.pdf>
- <http://www.geocities.com/medicos76/termoregulacion.html>

- http://www.bioingenieros.com/bio-maquinas/incubadoras/fisiologia_neonatal.htm
- <http://www.escuela.med.puc.cl/paginas/publicaciones/ManualPed/RNTermorreg.html>
- <http://www.mywhatever.com/cifwriter/library/48/cpg2268.html>
- http://www.phoenixthermal.com/fu_cc_pto.shtml
- <http://www.her-maq.com.mx/main.html>
- <http://www.psre.usm.edu/spanish/elas>
- <http://www.qro.itesm.mx/agronomia2/extensivos/DAColchadosCaracteristicasdelosplasticos.html>
- <http://www.mundohelado.com/materiasprimas/estabilizantes-propiedades.htm>

ANEXOS