

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA INTERFACE PARA EL  
MONITOREO DE LA CADENA DE FRÍO PARA VACUNAS**

**RAMON JUAN GUILLERMO ROMERO RIVERA  
LEONIDAS JUAN PABLO ROMERO RIVERA**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA  
NEIVA  
2009**

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA INTERFACE PARA EL  
MONITOREO DE LA CADENA DE FRÍO PARA VACUNAS**

**RAMON JUAN GUILLERMO ROMERO RIVERA  
LEONIDAS JUAN PABLO ROMERO RIVERA**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERIA ELECTRÓNICA**

**Director  
Ing. YAMIL ARMANDO CERQUERA  
Especialista en Sistemas**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA  
NEIVA  
2009**

**NOTA DE ACEPTACION**

---

---

---

---

---

---

**FIRMA DEL JURADO**

---

**FIRMA DEL JURADO**

**NEIVA, 10 DE NOVIEMBRE 2009**

**A DIOS, a mis PADRES  
MARTHA ELENA RIVERA y JAIRO NELSON ROMERO por tener la  
suficiente paciencia, por todos los esfuerzos que han realizado durante  
todo este tiempo y por compartir conmigo una más de mis etapas y todas  
las que faltan; y a todas las personas que me han acompañado durante  
todo este proceso.**

**LJPABLO R.R**

.

**A DIOS, a mi Familia y todas las personas q son la manifestación de la  
presencia de Dios en mi vida**

**RAMON ROMERO R.**

## **AGRADECIMIENTOS**

**Al Ing. JUAN ALEJANDRO PARIS por la colaboración y soporte técnico en el desarrollo de cada una de las etapas del proyecto**

**A todos los ingenieros profesores de la Universidad Surcolombiana por su colaboración y entendimiento con todas las responsabilidades adicionales que tenemos.**

**A mi entrenador y todos los compañeros del Club Esturiones por su acompañamiento e interés en el proyecto.**

## **CONTENIDO**

<b>RESUMEN</b>	<b>pág 12</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>14</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>15</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>17</b>
<b>1. VISIÓN TECNOLÓGICA ACTUAL</b>	<b>19</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>21</b>
<b>2.1 CADENA DE FRÍO</b>	<b>21</b>
<b>2.1.1 Rangos de temperaturas de conservación de las vacunas</b>	<b>22</b>
<b>2.1.2 Recomendaciones de almacenamiento</b>	<b>25</b>
<b>2.1.3 Interrupción de la cadena de frío</b>	<b>26</b>
<b>2.2 LA HUMEDAD RELATIVA</b>	<b>27</b>
<b>2.3 MINICOM (OP6800)</b>	<b>29</b>
<b>2.3.1 Descripción</b>	<b>29</b>
<b>2.3.2 Características</b>	<b>29</b>
<b>2.3.3 Software</b>	<b>30</b>
<b>2.3.4 Subsistemas</b>	<b>30</b>
<b>2.3.4.1 Entradas / Salidas digitales</b>	<b>32</b>
<b>2.3.4.1.1 Entradas digitales</b>	<b>32</b>

<b>2.3.4.1.2 Salidas digitales</b>	<b>33</b>
<b>2.3.4.2 Comunicación serial</b>	<b>34</b>
<b>2.3.4.3 Puerto de programación</b>	<b>35</b>
<b>2.3.4.4 Puerto Ethernet</b>	<b>36</b>
<b>2.3.4.5 Memoria</b>	<b>36</b>
<b>2.3.5 Dynamic C</b>	<b>37</b>
<b>2.3.6 Capacidades TCP/IP</b>	<b>38</b>
<b>2.4 SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD SHT75</b>	<b>40</b>
<b>2.4.1 Características</b>	<b>41</b>
<b>2.4.2 Aplicaciones</b>	<b>41</b>
<b>3. METODOLOGÍA DEL PROYECTO</b>	<b>43</b>
<b>3.1 INTERFACE CON EL USUARIO</b>	<b>43</b>
<b>3.1.1 Programas utilizados para la interface</b>	<b>43</b>
<b>3.2 COMUNICACIÓN CON EL SISTEMA CENTRAL</b>	<b>47</b>
<b>3.3 SISTEMA CENTRAL</b>	<b>48</b>
<b>3.3.1 Por qué escoger el sistema de desarrollo de Rabbit?</b>	<b>48</b>
<b>3.3.2 Ventajas de Rabbit</b>	<b>50</b>
<b>3.3.3 Ventajas del OP6800</b>	<b>51</b>
<b>3.4 SISTEMA DE SENSORES</b>	<b>51</b>
<b>3.4.1 Por qué utilizar sensores de humedad y temperatura de Sensirion?</b>	<b>51</b>
<b>3.4.2 Funcionamiento y programación del Sensor</b>	<b>52</b>

<b>3.4.2.1 Entrada de reloj serial (SCK):</b>	<b>52</b>
<b>3.4.2.2 Línea de datos serial (DATA):</b>	<b>52</b>
<b>3.4.2.3 Enviando un comando</b>	<b>53</b>
<b>3.4.2.4 Secuencia de medición (RH y T)</b>	<b>54</b>
<b>3.4.2.5 Registro de estado</b>	<b>54</b>
<b>3.4.2.6 Resolución de la Medición:</b>	<b>55</b>
<b>3.4.2.7 Final de batería:</b>	<b>55</b>
<b>3.4.2.8 Calentador</b>	<b>55</b>
<b>3.4.2.9 Recarga de calibración antes de la medición:</b>	<b>55</b>
<b>3.4.3 Conversión de los datos de salida a valores físicos</b>	<b>57</b>
<b>3.4.3.1 Humedad Relativa</b>	<b>57</b>
<b>3.4.3.2 Temperatura</b>	<b>59</b>
<b>3.5 CONVERTIDOR DE FUENTE Y MAPA DE BITS</b>	<b>59</b>
<b>3.6 SOFTWARE PARA LA INTERFAZ OP6800</b>	<b>60</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>66</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>68</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>69</b>
<b>Anexo A: vista externa del hardware de la interface</b>	<b>70</b>
<b>Anexo B: vista interna del hardware de la interface</b>	<b>71</b>



## LISTA DE GRÁFICAS

	pág
<b>Gráfica 1: Sistema característico de la cadena de frío</b>	<b>21</b>
<b>Gráfica 2: Presión de saturación de vapor de agua</b>	<b>28</b>
<b>Gráfica 3: Subsistemas del OP6800</b>	<b>30</b>
<b>Gráfica 4: Módulo principal de Rabbit</b>	<b>31</b>
<b>Gráfica 5: Vista inferior del OP6800 con sus pines de salida</b>	<b>32</b>
<b>Gráfica 6: Circuito de acople de las entradas del OP6800</b>	<b>33</b>
<b>Gráfica 7: Circuito de acople para las salidas digitales del OP6800</b>	<b>34</b>
<b>Gráfica 8: Puerto Ethernet</b>	<b>36</b>
<b>Gráfica 9: Diagrama de bloques del sensor</b>	<b>40</b>
<b>Gráfica 10: Diagrama de bloques del proyecto</b>	<b>43</b>
<b>Gráfica 11: Pantalla de monitoreo-interface con el usuario</b>	<b>44</b>
<b>Gráfica 12: Pantalla de acceso al usuario</b>	<b>45</b>
<b>Gráfica 13: Pantalla de solicitud de informe</b>	<b>46</b>
<b>Gráfica 14: Imagen de las gráficas presentadas para los informes</b>	<b>47</b>
<b>Gráfica 15: Circuito de aplicación del sensor SHT75</b>	<b>52</b>
<b>Gráfica 16: Señal para la transmisión de inicio</b>	<b>53</b>

<b>Gráfica 17: Máquina de estados para el funcionamiento del sensor</b>	<b>56</b>
<b>Gráfica 18: Diagrama de flujo para la transmisión de datos</b>	<b>57</b>
<b>Gráfica 19: Conversión de <math>SO_{RH}</math> a Humedad Relativa</b>	<b>58</b>

## LISTA DE TABLAS

	pág
<b>Tabla 1: Características de las diferentes plataformas para una supervisión remota</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 2: Tabla de termo-estabilidad de las vacunas</b>	<b>25</b>
<b>Tabla 3: Tabla de las especificaciones de rendimiento de los sensores</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 4: Comandos para el SHT75</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 5: Funciones del Sensor SHT75</b>	<b>54</b>
<b>Tabla 6: Coeficientes de conversión para la Humedad Relativa</b>	<b>58</b>
<b>Tabla 7: Coeficientes de Compensación con la Temperatura</b>	<b>59</b>
<b>Tabla 8: Coeficientes de Conversión para la Temperatura</b>	<b>59</b>

## RESUMEN

El proyecto va dirigido a los programas de inmunización que constituye uno de los aspectos más importantes en la promoción de la salud. Se enfoca en el mantenimiento de la fase de almacenamiento de la **cadena de frío** para la conservación de las vacunas.

Debido a la característica termo-sensible de las vacunas, es necesario que su conservación se encuentre entre 2 y 8 °C, afectando en gran medida su efectividad en el caso de producirse errores durante su transporte, almacenamiento y manipulación, por tanto es imprescindible una correcta planificación logística de los programas de inmunización, incluyéndose un adecuado mantenimiento de la cadena del frío durante todo el proceso.

Los alcances del sistema de supervisión remota están orientados a asegurar el funcionamiento de cada unidad de enfriamiento, supervisar el valor de la temperatura y humedad relativa en cada unidad de enfriamiento en tiempo real, informar sobre las condiciones críticas que acontezcan en las unidades de enfriamiento.

Específicamente, para una unidad de enfriamiento en particular:

Se medirá la temperatura interna de enfriamiento y la temperatura ambiente del sitio donde se encuentre la unidad en grados centígrados. Medir la humedad relativa interna de enfriamiento y la humedad relativa ambiente del sitio donde se encuentre de la unidad de enfriamiento en porcentaje.

Identificar el estado de la puerta o compuerta de la unidad de enfriamiento permitiendo establecer el cierre o apertura de la misma. Determinar la conexión o desconexión de la energía eléctrica que alimenta la unidad de enfriamiento.

Proporcionar un panel de visualización práctico y funcional que muestre las condiciones de funcionamiento y un dispositivo de señalización que indique en forma local las condiciones de funcionamiento y de alarma de la unidad de enfriamiento al personal responsable de la supervisión del sistema.

Proporcionar un sistema de alimentación de emergencia con baterías recargables, de manera que ante eventos de fallas de energía se continúe supervisando el funcionamiento de la unidad de enfriamiento, con autonomía de 2 horas, y con respaldo de la información en memoria no volátil.

## **ABSTRACT**

The project is aimed at the immunization program which is one of the most important aspects in health promotion. It focuses on the maintenance of the storage phase of the cold chain for the preservation of vaccines.

Because of the thermal characteristic of vaccines, it is necessary for its preservation is between 2 to 8 ° C, greatly affecting its effectiveness in the event of errors during transport, storage and handling, so it is essential to a proper logistical planning of immunization programs, including an adequate maintenance of the cold chain throughout the process.

The scope of the remote monitoring system are designed to ensure the operation of each cooling unit, monitoring the value of the temperature and relative humidity in each cooling unit in real-time and reporting the critical conditions that happen in the cooling units.

Specifically, for a cooling unit in particular:

Measure the internal cooling temperature and the ambient temperature in centigrade degrees of the place where the unit is. Measure the internal cooling relative humidity and the ambient relative humidity as a percentage of the place where the unit is.

Identifying the state of the door or gate of the cooling unit set up to allow the closure or opening. Determining the connection or disconnection of electric power that feeds the cooling unit.

Providing a practical and functional display panel that shows operating conditions and a signaling device to indicate on a local way the operating and warning conditions of the cooling unit to the staff in charge of overseeing the system.

Providing a backing power system with rechargeable batteries, so that when the power failures occur, the system continues monitoring the operation of the cooling unit, with autonomy of 2 hours and backing the information up in nonvolatile memory.

## INTRODUCCIÓN

Gracias al avanzado desarrollo de la Electrónica y su importante campo de acción, se constituye en una de las herramientas mas poderosas y confiables para la atención y cubrimiento de una de las necesidades básicas del ser humano como es la promoción de la salud. La prevención de las enfermedades infecciosas mediante las vacunas constituye uno de los aspectos de mayor importancia.

Entre las enfermedades infecciosas de interés en salud pública, hay algunas para las que no existe un tratamiento específico, pero que pueden ser prevenidas eficazmente mediante la vacunación y otras que disponen de terapia específica, pero cuya eficacia no es absoluta, lo que refuerza el papel de las inmunizaciones.

Se reconoce en general que los programas de inmunización son uno de los tipos de intervención de salud más eficaces. Sin embargo, para muchos países las prácticas seguras de inyección y la calidad de las vacunas son un problema importante. El sistema de la cadena del frío puede ayudar a resolver este problema

Se denomina cadena o red de frío al sistema de conservación, manejo, transporte y distribución de las vacunas que permite conservar su eficacia desde su salida del laboratorio fabricante hasta el lugar donde se va a proceder a su administración.

Con el sistema de la cadena del frío puede ser mayor la calidad, la seguridad y la eficacia de los programas de inmunización en curso. El único método que en la actualidad permite garantizar la eficacia protectora de una vacuna desde su elaboración hasta su administración, es el mantenimiento de la cadena de frío.

Debido a que la efectividad de las vacunas puede verse afectada por múltiples factores como luz, temperatura, humedad, que pueden ocasionar la pérdida de su capacidad inmunizante de forma irreversible y aumentándose con el tiempo de exposición a dichos factores; se hace necesario un sistema de

monitoreo que permita supervisar de una manera constante, confiable y segura las condiciones de conservación durante todo el proceso.



## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La cadena de frío es un proceso que requiere de especial cuidado para conservar íntegramente la calidad de las vacunas y garantizar que los medicamentos almacenados estén en óptimas condiciones para su uso.

Según distintos estudios realizados, se responsabiliza a la inadecuada conservación y manipulación de las vacunas como la posible causa de casos de sarampión en personas inmunizadas en Canadá, se argumentaba que la existencia de deficiencias en el mantenimiento de la cadena del frío puede ser considerada como una de las cinco posibles causas del brote de difteria en la antigua Unión Soviética en 1990; y más recientemente Gold en Australia detectó un incremento considerable de los costes de una campaña de vacunación de adultos frente a tétanos y difteria, debido a la congelación de los preparados por un incorrecto almacenamiento de los mismos.

El único método que en la actualidad permite garantizar la inmunogenicidad y eficacia protectora de una vacuna desde su elaboración hasta su administración, es el mantenimiento de la cadena del frío.

Este proceso comprende un sistema de conservación estable y controlado (temperatura idónea), manejo, transporte y distribución de las vacunas, con la prioridad de conservar su eficacia desde su salida del laboratorio fabricante hasta el lugar donde se va a efectuar la administración, garantizando que sean conservadas a la temperatura adecuada y evitar su deterioro.

Actualmente, en la mayoría de los establecimientos destinados para la importante fase de almacenamiento de la cadena de frío, se presentan diferentes factores que de una u otra forma constituyen un alto riesgo en contra de las condiciones adecuadas de conservación de las vacunas.

Algunos factores son:

- La baja frecuencia en la toma de los valores de temperatura y humedad, que se realiza 2 veces/día, una toma en las horas de la mañana y otra en las horas de la tarde, teniéndose un reporte inapreciable de los posibles

cambios repentinos de estas variables, que sin una oportuna corrección llevaría a una regulación fuera de los límites permitidos.

- La precisión de los elementos utilizados para la medición, debido a que se hace con medidores análogos, que aunque entregan resultados aceptables, presentan fallas en su calibración y en la resolución para el muestreo.
- El error humano en la toma de las mediciones, debido a que las apreciaciones del valor mostrado están sujetas a la relativa agudeza de los sentidos del personal destinado para tal fin.
- No se lleva un reporte detallado y continuo en el tiempo de la supervisión de las mediciones y condiciones exteriores e interiores de la unidad de enfriamiento.

## **1. VISIÓN TECNOLÓGICA ACTUAL**

El gran auge de las telecomunicaciones y el desarrollo de nuevas tecnologías que las soportan, han permitido un sinnúmero de soluciones que de manera directa o indirecta inciden en el ser humano. De esta manera este se encuentra con la posibilidad de apropiarse e integrar tecnologías para dar respuesta a sus necesidades.

El caso de supervisar en forma remota, un dispositivo en particular como es una unidad de enfriamiento contenedora de vacunas, se encuentra ahora, a su alcance. Utilizando estas tecnologías asegura la calidad del servicio y los indicadores de gestión se ven afectados positivamente.

Se hará un recorrido por las diferentes plataformas que pueden utilizarse para implementar una solución de supervisión de unidades de enfriamiento de vacunas en forma remota.

Desde hace algunos años los enlaces telefónicos y de radio frecuencia han venido siendo utilizados para proteger instalaciones y supervisar el estado de los accesos a dichas instalaciones. Compañías especializadas en seguridad utilizan centrales de recepción de datos para controlar y despachar servicios de emergencia a sus abonados.

Estos servicios tienen ese carácter de seguridad en particular y son cobrados como un valor mensual, además se necesita utilizar una línea telefónica o instalar el dispositivo de enlace de RF.

Con la penetración de la telefonía celular y la cobertura de este servicio, se han abierto otras posibilidades, utilizando los dispositivos conocidos como módem CPDP que permiten conectar un dispositivo remoto y procesar comandos y recibir información, utilizando la red celular de un proveedor local. Esta tecnología permite disponer en cualquier momento del enlace, y solo tiene el costo del tiempo al aire.

Como última alternativa y entendiendo el gran futuro que tienen los desarrollos basados en red, se presentan los dispositivos IP como una alternativa real de vanguardia. Estos dispositivos permiten utilizar la conexión

existente (INTRANET) entre los diferentes centros de almacenamiento de biológicos, como medio para transferir la información que se quiere supervisar en forma remota y a una altísima velocidad.

Esta es la manera más económica en lo que se refiere a instalación pero se encuentra supeditada a la estabilidad de la red.

Los alcances y características especiales de la necesidad de supervisión remota, podrán acercarse más a una plataforma u otra, sin ser concluyente sobre la efectividad de las otras. En otras palabras no se pretende realizar una evaluación técnica sobre las tecnologías disponibles, sino establecer la mejor relación costo beneficio.

La siguiente tabla ilustra las características entre las diferentes plataformas expuestas.

<b>Característica</b>	<b>Enlace Telefónico</b>	<b>Enlace RF</b>	<b>Enlace celular</b>	<b>Enlace IP</b>
Medio de transmisión	Línea telefónica	Radio Frecuencia	Red Celular	Intranet
Alcance	Según cobertura del proveedor	Hasta 2 Km. Línea de vista.	Según cobertura del proveedor	Según cobertura
Velocidad	56 Kbits empaquetado	2.4 Kbits efectivos	9.6 Kbaudios	10 Mbits
Tipo de enlace	Full Duplex Unidireccional	Half Duplex Unidireccional	Full Duplex Bidireccional	Full Duplex Bidireccional
Instalación	Privada o conmutada	Dedicada	Dedicada	Compartida
Disponibilidad	100% privada 80% conmutada	95% por fenómenos atmosféricos	98% por fenómenos del medio ambiente.	100% depende de la Intranet
Costos fijos	\$ Línea telefónica \$ Interface PLC	\$ Unidad RF \$ Interface PLC	\$ Módems \$ Interface PLC	-0- \$ Interface PLC
Costos variables	\$ Impulsos	\$ Servicio	\$ Segundos al aire	-0-
Proveedor Tecnológico	Ninguno	Comunicaciones	Ninguno	Electrónico Sistemas
Servicios adicionales	Mantenimiento eventual	Mantenimiento regular	Mantenimiento eventual	Libre de Mantenimiento

**Tabla 1: CARACTERÍSTICAS DE LAS DIFERENTES PLATAFORMAS PARA UNA SUPERVISIÓN REMOTA**

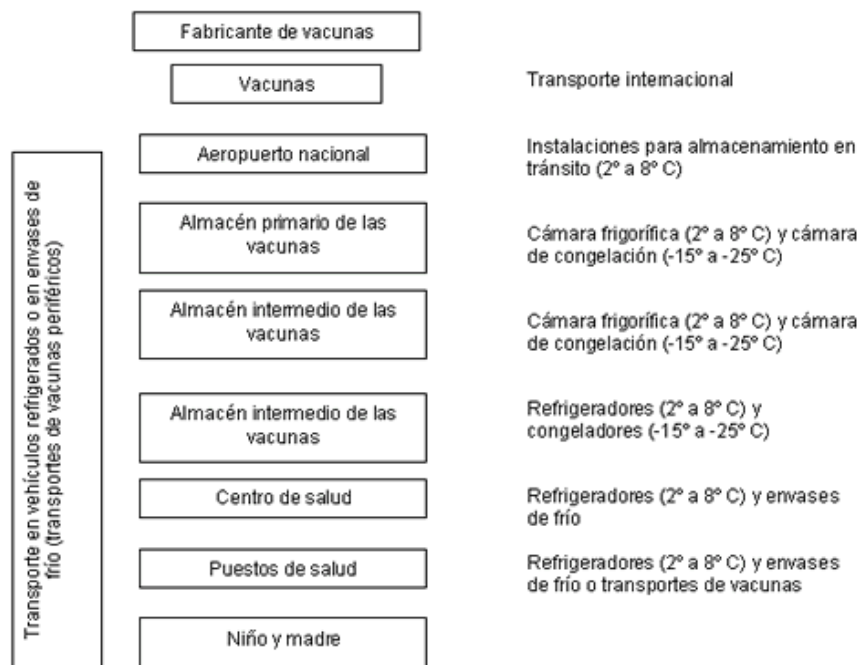
## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 CADENA DE FRÍO

Las vacunas son sustancias biológicas sensibles que, con el tiempo, se desvirtúan, especialmente cuando están expuestas al calor, a la luz del sol, a luces fluorescentes y en algunos casos, cuando están frías. Cuando se han desvirtuado, son irrecuperables. Para que protejan contra la enfermedad, las vacunas han de distribuirse, almacenarse y administrarse a las temperaturas recomendadas.

La cadena de frío por lo tanto es el proceso de conservación, manejo y distribución de las vacunas. La finalidad de este proceso es asegurar que las vacunas sean conservadas debidamente dentro de rangos establecidos de temperatura, para que no pierdan su poder inmunogénico.

Como se muestra en la gráfica 1, un sistema característico de la cadena de frío comienza cuando la vacuna se fabrica y termina con la inmunización del niño.



Gráfica 1: SISTEMA CARACTERÍSTICO DE LA CADENA DE FRÍO

### 2.1.1 Rangos de temperatura de conservación de las vacunas

El programa ampliado de inmunización (EPI), de la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda la gama segura de temperaturas – entre +2° C y +8° C – para almacenar la mayoría de las vacunas. Sin embargo, existen dos rangos de temperaturas que interesan para las vacunas. Uno de estos rangos es el de refrigeración y el otro el de congelación.

**Refrigeración:** rango de temperatura entre 0° C y +8° C, preferentemente entre +2° C a +8° C, para evitar mantener la vacuna en el extremo inferior con peligro de congelación. Para control se prefiere mantener el refrigerador en +4°C.

**Congelación:** rango de temperatura entre 0° y -20° C. Cuando se desea mantener el biológico a esta temperatura durante el transporte, se utiliza hielo seco.

En cada uno de esos rangos de temperatura las vacunas podrán permanecer el tiempo especificado por el fabricante. El período de conservación depende de la composición de la vacuna y se basa en la curva de degradación del antígeno a través del tiempo.

a) Vacunas que pueden permanecer congeladas y refrigeradas

Todas las vacunas pueden ser refrigeradas, pero sólo algunas pueden ser, además, congeladas. Algunas vacunas sólo pueden mantenerse refrigeradas y nunca deben congelarse, porque cristalizan las sales de aluminio usadas como adyuvantes y destruyen el antígeno.

b) Vacunas que pueden permanecer congeladas y también refrigeradas

Las vacunas que pueden ser congeladas y refrigeradas son la antipolimiéltica oral, antisarampión, antiparotiditis, antirrubéola, triple viral y antiamarílica. Las vacunas conservadas en congelación, una vez descongeladas, conviene mantenerlas a temperaturas de refrigeración y no volverlas nuevamente a -20° C. Aunque es posible congelar y descongelar un número determinado de veces algunas vacunas, desde el punto de vista operativo se considera inconveniente la recongelación, porque el proceso destruye partículas de la sustancia biológica. Un ejemplo es la vacuna antipolio oral, que puede ser congelada y descongelada hasta diez veces, siempre que la temperatura de

descongelación no pase de los +8° C, ni los períodos de descongelación sumados superen las 24 horas. Esta medición es difícil de hacer en los niveles intermedios de la cadena, por lo que se aconseja no congelar una vez descongelada. Las vacunas contra el sarampión, la parotiditis y la rubéola tienen una vida media de 2 años. El fabricante puede mantenerla a -20° C durante 1 año y, posteriormente a su entrega, los distribuidores pueden mantenerla 1 año más a temperatura de refrigeración.

c) Vacunas que sólo pueden permanecer refrigeradas

Las vacunas que sólo pueden ser refrigeradas son: DPT, antitetánica, antidiftérica (toxoides), antimeningocócica, antineumocócica, antiHib, antihepatitis B, antihepatitis A, antipoliomielítica inyectable, antirrábicas, antitifoideas, anticoléricas, antiinfluenza. En las vacunas antiinfluenza, antimeningocócica, antineumocócica y antirrábica la congelación desvirtúa el principio activo. En el caso de las adsorbidas a sales de aluminio o alumbre, el gel pierde su estructura coloidal y cristaliza, con lo cual pierde su actividad la vacuna y pueden producirse abscesos asépticos en el lugar de aplicación.

d) Conservación del diluyente

Los diluyentes son menos sensibles a las temperaturas de almacenamiento que las vacunas y no necesitan mantenerse en la cadena de frío. Sin embargo, cuando las vacunas se reconstituyen, el diluyente debe estar a la misma temperatura que la vacuna para evitar a ésta un choque térmico. Por tanto, para el uso diario o cuando se prevé reconstituir la vacuna dentro de las 24 horas siguientes, los diluyentes deben mantenerse siempre en la cadena de frío a temperaturas de entre +2°C y +8°C. Los diluyentes no deben congelarse nunca. Con la congelación aumenta el riesgo de que el vidrio se rompa y el contenido se contamine.

En los centros de vacunación, las vacunas deben permanecer a temperatura estricta de refrigeración y no a temperaturas de congelación o superiores a los +8° C.

Mostrando detalladamente lo anteriormente expuesto a continuación en la tabla 2 de termo-estabilidad de las vacunas se muestran los rangos de

temperatura a los cuales podrían ser almacenadas y su tiempo de vida con el poder inmunogénico.

Vacuna	Temperatura de almacenamiento (°C)				Observaciones
	0-8	22-25	35-37	Mayor de 37	
<b>Toxoide tetánico y diftérico de forma monovalente o como parte de vacunas combinadas</b>	Estable durante 3-7 años	Estable durante meses	Estable durante semanas	45°: estable durante dos semanas 53°: pierde potencia después de pocos días 60-65°: pierde potencia después de pocas horas	Nunca deben congelarse
<b>Hepatitis B</b>	Estable durante 2-4 años	Estable durante meses	Estable durante semanas	45°: estable durante días	Nunca debe congelarse
<b>Hepatitis A</b>	Estable durante tres años	Estable durante una semana	Estable durante una semana		Nunca debe congelarse
<b>Triple viral (SRP)</b>	Estable durante 2 años	Durante un mes puede retener potencia de hasta 50%	Retiene potencia durante una semana, pero puede perder 20-50% de potencia.	41°: pérdida de potencia en 2-3 días 54°: 80% pérdida de potencia tras un día	Su factor limitante es el componente sarampión. Administrar inmediatamente tras reconstituirse. Proteger de la luz. Para almacenamiento largo puede congelarse a -25°
<b>Pertussis</b>	Estable durante 18-24 meses aunque con disminución lenta y continua de potencia.	Estabilidad variable. Algunas vacunas permanecen estables durante 2 semanas.	Estabilidad variable. Algunas vacunas pierden 50% de potencia a la semana.	45°: pérdida 10% de potencia por día. 50°: rápida pérdida de potencia.	No debe ser congelada.
<b>Polio oral (tipo Sabin)</b>	Estable durante 6-12 meses	Algunas vacunas pueden perder actividad tras 1-2 semanas de exposición.	Inestable. Pérdida de potencia aceptable tras 1-3 días.	Muy inestable. 41°: 50% pérdida de potencia en un día. 50°: pérdida actividad en 1-3 horas.	Puede congelarse. Es la más sensible al aumento de temperatura.
<b>Polio Inactivada</b>	Estable durante 1-4 años	Descenso potencia para el tipo 1 a los 20 días.	Pérdida total de potencia para el tipo 1 en algunas vacunas.	No hay actividad.	
<b>Hib</b>	Estable durante 2-3 años				La congelación no afecta a la vacuna liofilizada. El disolvente se puede almacenar en el refrigerador o a temperatura ambiente.
<b>Fiebre amarilla</b>	Estable durante 2-3 años	Pérdida 50% de potencia a los 3-10 meses.	Pérdida 50% de potencia a los 10-20 días		
<b>Varicela</b>	Estable durante 2 años				La vacuna se puede congelar. El disolvente se debe almacenar en el refrigerador o a temperatura ambiente.
<b>BCG</b>	Estable durante un año.	Estabilidad variable. 20-30% de pérdida de viabilidad a los 3 meses.	Estabilidad variable. 20% de pérdida de viabilidad a los 3-14 días.	Inestable. 70°: 50% pérdida de potencia a los 30 minutos.	



Vacuna	Temperatura de almacenamiento (°C)				Observaciones
	0-8	22-25	35-37	Mayor de 37	
<b>Meningococo (conjugada)</b>	Estable durante 18 meses.	Estable durante tres meses.			No congelar.
<b>Meningococo (polisacárida)</b>	Estable durante 2 años.	A+C: estable durante meses.	Pérdida 50% de potencia a las 4 semanas.		No congelar.
<b>Neumococo (conjugada)</b>	Estable durante 2 años.				No congelar.
<b>Rabia (células diploides humanas)</b>	Estable durante 3,5 años.	Estable durante 11 semanas.	Estable durante 4 semanas.		
<b>Encefalitis Japonesa</b>	Estable durante un año (puede perder 5% potencia).	Estable durante 20 semanas (puede perder 9% potencia).	Estable durante 6 semanas (pérdida 14% potencia a las 18 semanas).	40°: 10% pérdida potencia en 2 semanas y 27% en 6 semanas.	
<b>Antitifoidea oral Ty21a</b>	Necesita refrigeración. Su actividad depende del contenido residual.	Pérdida progresiva de potencia con el almacenamiento prolongado.	Inestable. Conserva mínima actividad tras 12 horas.	Inactiva.	

Tabla 2: TABLA DE TERMO-ESTABILIDAD DE LAS VACUNAS

### 2.1.2 Recomendaciones de almacenamiento

- El total de vacunas, solventes y botellas de agua debe ocupar como máximo la mitad del espacio disponible en la heladera. Si ocupa un espacio mayor puede no existir la suficiente circulación de aire para mantener las vacunas a la temperatura adecuada.
- No almacenar ningún otro material (alimentos, bebidas, etc.), en un frigorífico destinado a vacunas. El calor que desprenden los alimentos o bebidas y el número de veces que se abre la puerta para meterlos o sacarlos, pone en peligro la estabilidad de la temperatura interna de la heladera.
- Ubicación: No guardar las vacunas en los estantes de la puerta del frigorífico, dado que, al ser un lugar donde la temperatura es más elevada, la misma no se mantiene constante. Guardar en los estantes centrales dejando espacio alrededor de las cajas y evitando que toquen las paredes del frigorífico. Las vacunas de uso más frecuente se deben

almacenar en las zonas más accesibles para limitar el número y duración de aperturas de la puerta.

- Las vacunas con fecha de caducidad más próxima, se colocarán de forma que estén más fácilmente accesibles que aquellas con fecha de caducidad posteriores. Retirar lo antes posible las vacunas caducadas para evitar su uso accidental.
- Las vacunas más sensibles al calor: polio oral, triple vírica, sarampión, rubéola, BCG y fiebre amarilla, deben estar situadas en la parte más fría del refrigerador pero nunca en el congelador.

### **2.1.3 Interrupción de la cadena de frío**

No siempre resulta evidente la interrupción de la cadena del frío, por lo que es imprescindible:

- Disponer de dispositivos automáticos electrónicos que por medios gráficos (u otros) acusen los accidentes sufridos por la instalación que puedan trascender en perjuicio de la calidad de las vacunas almacenadas.
- Que el personal responsable controle la temperatura del refrigerador, conozca la termoestabilidad de las vacunas y la modificación de su aspecto al alterarse la temperatura.

Medidas utilizadas para proteger las vacunas:

- Si la avería es de escasa duración, se mantendrá cerrada la puerta del frigorífico o refrigerador y se controlará posteriormente la temperatura y la estabilidad de dicha temperatura. En caso de corte de fluido eléctrico los refrigeradores deben estar capacitados para mantener su temperatura interna durante al menos 6 horas, siempre que se mantengan cerrados.
- Si se prevé una avería de larga duración, se trasladarán las vacunas con acumuladores de frío a una heladera bien controlada.

- Temperaturas máxima y mínima registradas. Si son mayores a 15° C o inferiores a 0° C, contactar con el servicio pertinente del suministrador para valorar el estado de las vacunas (marcar los viales afectados y remitir una muestra no usada para su evaluación, manteniendo la cadena de frío, no utilizándose los lotes afectados hasta que haya sido comprobada su actividad).
- Para otras subidas de temperatura (entre 10 -15 ° C) siempre se tendrá en cuenta la pérdida de potencia porque las subidas de temperatura son acumulativas.
- Tipo de vacunas afectadas. Si hay vacunas congeladas se desecharán todas las vacunas almacenadas a excepción de antipolio oral, antirrubéola y triple vírica, que no se inactivan por congelación.

## **2.2 LA HUMEDAD RELATIVA**

El aire, en nuestro entorno normal, siempre tiene humedad. El número de moléculas de agua en el aire puede variar sustancialmente, por ejemplo, puede ser tan seco como en un desierto o tan húmedo como en los trópicos. Hay un límite superior para la cantidad de humedad que el aire puede sostener a una temperatura dada. Más allá de este límite se produce la saturación. Si por alguna razón el nivel de humedad es llevado hasta este límite, se produce la condensación, la niebla o en forma de gotas de agua. La humedad relativa del aire le indica qué porcentaje de esta máxima cantidad de humedad está presente en el aire. En contraste con la humedad relativa, la humedad absoluta se refiere a la cantidad absoluta de humedad en el aire, independientemente del nivel de saturación, expresada como la masa total de las moléculas de agua por volumen de aire.

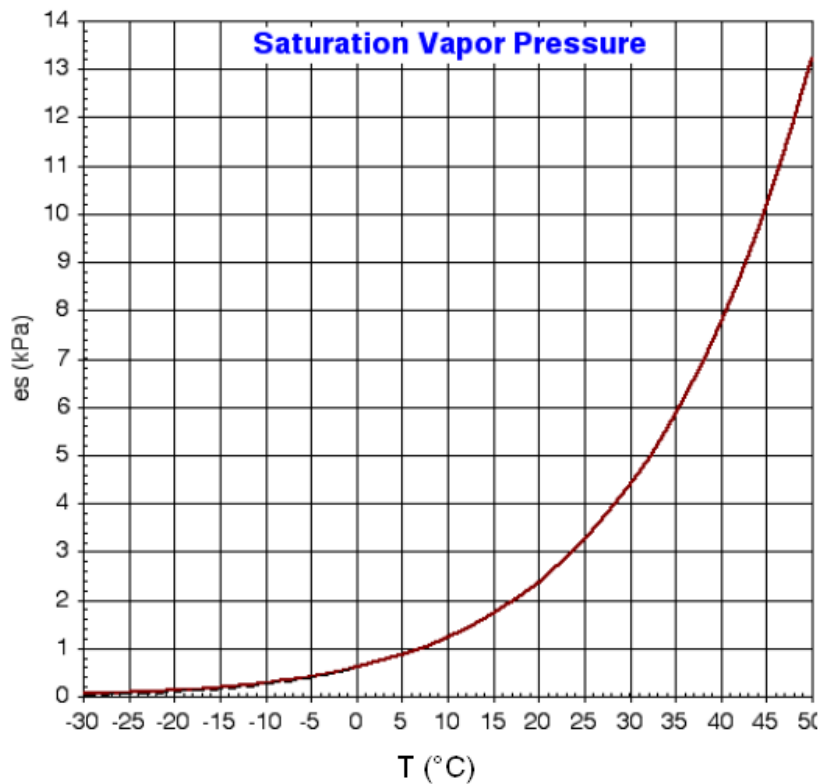
La máxima cantidad posible de humedad, así como la cantidad actual de humedad en el aire están definidas por las llamadas presiones de vapor de agua. De acuerdo con la ley de Dalton, el total de la presión del aire es la suma de las presiones parciales de vapor de sus componentes y la presión de vapor de agua es uno de ellos:

$$P_{total} = P_{vapor\ de\ agua} + P_{oxígeno} + P_{nitrógeno} + P_{otros}$$

$P_{total}$ : Presión de aire total

$P_{vapor\ de\ agua}$ : presión parcial de vapor de agua

La cantidad máxima de humedad, que puede contener el aire, se define como la presión de saturación de vapor de agua. Esta es una función de la temperatura.



Gráfica 2: PRESIÓN DE SATURACIÓN DE VAPOR DE AGUA

Si la presión parcial de vapor de agua es igual a la presión de saturación de vapor de agua, se produce la condensación. Matemáticamente, la humedad relativa se expresa como la relación de la presión parcial de vapor de agua dividido por la presión de saturación de vapor de agua como un porcentaje.

$$RH(\%) = \frac{P_{\text{vapor de agua}}}{P_{\text{saturación}}} * 100$$

Si la temperatura sube o baja en un sistema cerrado, la presión de saturación de vapor aumentará o disminuirá. Como consecuencia de ello, la humedad relativa se reducirá o se incrementará.

La presión de saturación de vapor de agua no es una función del total de la presión del aire, pero si de la presión parcial de vapor de agua. Si, por ejemplo, el total de la presión del aire en un sistema cerrado es aumentada, la humedad relativa aumentará también, porque la presión parcial de vapor de agua aumenta proporcionalmente al aumento de la presión global de acuerdo con la ley de Dalton y la presión de saturación de vapor se mantiene igual.

## **2.3 MINICOM (OP6800)**

### **2.3.1 Descripción**

El MiniCom OP6800 es una interfaz inteligente pequeña, de alto rendimiento, programable en C que ofrece un módulo de I/O y conectividad Ethernet incorporado. Un microprocesador Rabbit 2000 que opera a 22.1 MHz proporciona rápido procesamiento de datos.

La interfaz inteligente OP6800 incorpora el potente microprocesador Rabbit 2000, memoria flash, RAM estática, puertos E/S digitales, RS-232/RS-485 puertos serie, y un puerto 10Base-T Ethernet.

### **2.3.2 Características**

- 122 × 32 display gráfico.
- Teclado 7 teclas.
- 7 LEDs.
- 24 E/S digitales: 13 entradas digitales filtradas, y 11 salidas de sumidero de alta corriente (7 salidas con indicadores LED, y 4 salidas digitales de alta corriente con protección transitoria para manejar cargas inductivas).
- Microprocesador Rabbit 2000 que opera a 22.1 MHz.

- Memoria RAM estática 128K y 256K de memoria flash estándar, se puede incrementar a SRAM 512K y 512K de memoria flash.
- Un puerto RJ-45 Ethernet compatible con la norma IEEE 802.3 estándar para protocolo 10Base-T Ethernet.
- Cuatro puertos seriales (2 RS-232, 1 RS-485, y 1 puerto de programación compatible con CMOS).
- Reloj en tiempo real con respaldo de batería, punto de conexión para batería externa incluido.
- Watchdog.
- Generador de reset.

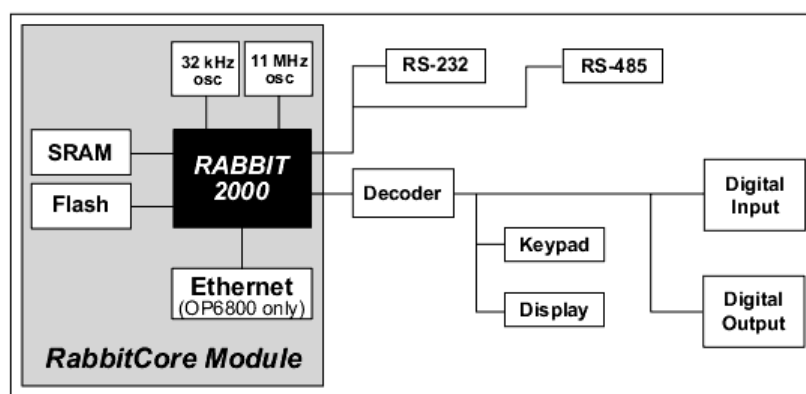
### 2.3.3 Software

El OP6800 es programado usando la versión 7.06 o posterior de Z-World's Dynamic C. Funciones de librerías proporcionan una interfaz fácil de utilizar para el OP6800. Controladores de software para la pantalla y el teclado, TCP/IP, puertos E/S, y comunicación serial se incluyen con Dynamic C.

Z-World también ofrece en Dynamic C módulos que contienen sistema operativo  $\mu$ C / OS-II en tiempo real, así como PPP, Advanced Encryption Standard (AES), y otras librerías selectas.

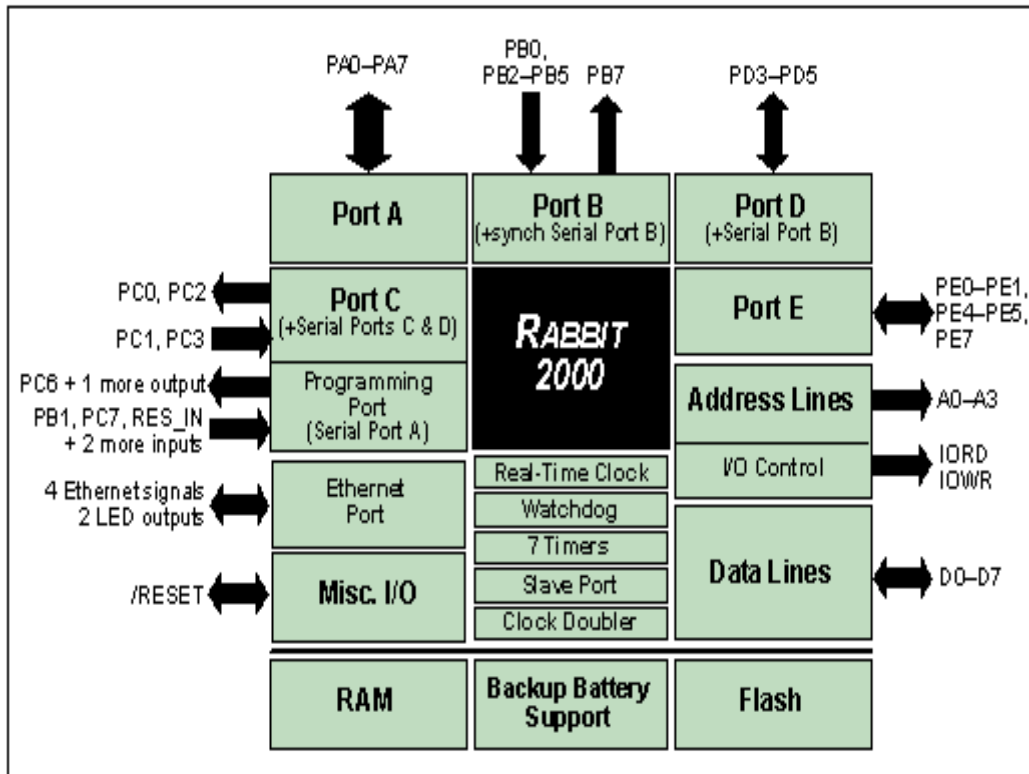
### 2.3.4 Subsistemas

En la gráfica 3 se muestra los subsistemas que conforman el OP6800



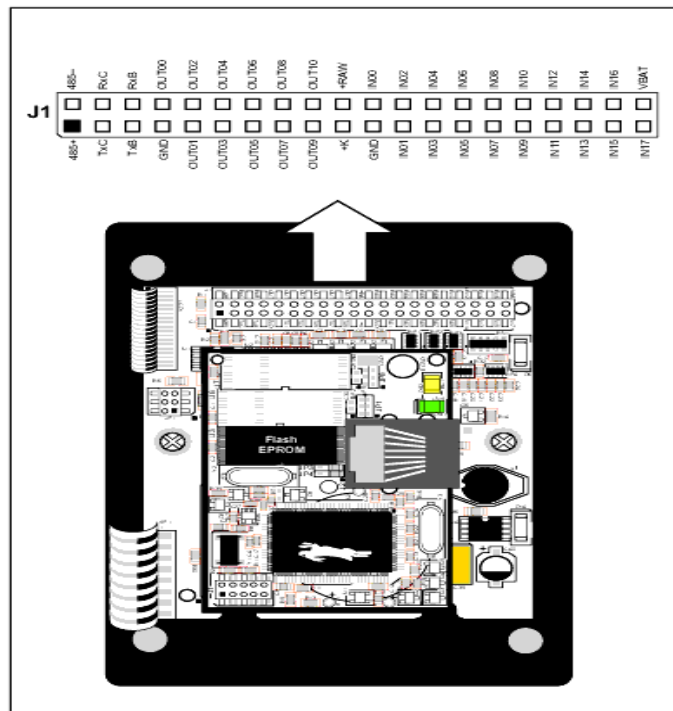
Gráfica 3: SUBSISTEMAS DEL OP6800

Basado principalmente en el módulo principal de Rabbit con un procesador Rabbit 2000, memoria estática RAM y Flash, puertos E/S digitales y Ethernet.



Gráfica 4: MÓDULO PRINCIPAL DE RABBIT

Unido a este módulo principal encontramos el módulo q decodifica las salidas del Rabbit para ser compatibles con un ambiente CMOS como teclados, display, y entradas y salidas con una impedancia de salida apropiada para una conexión segura, y además todo lo relacionado y necesario para una comunicación serial operando en modo asíncrono



Gráfica 5: VISTA INFERIOR DEL OP6800 CON SUS PINES DE SALIDA

Los pines de conexión de salida están dispuestos en un conector de 2 x 20 en donde se encuentran entre otros los pines de alimentación, los de los puertos digitales de entrada y salida, el respaldo de batería, comunicación serial.

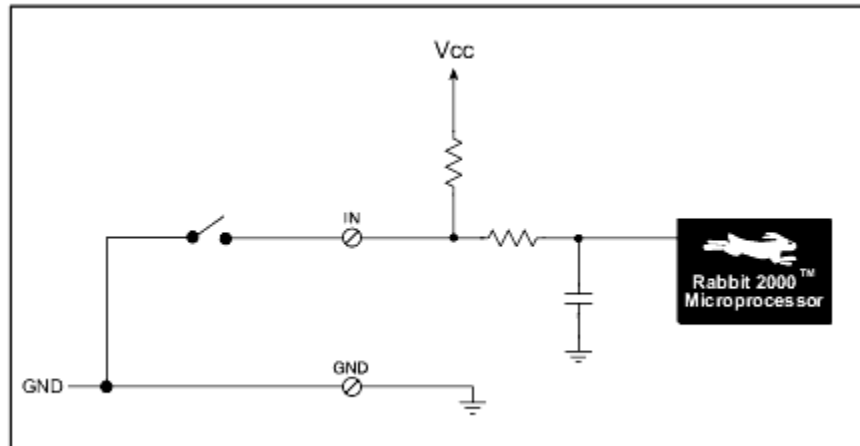
Adicional a este conector se encuentra el jack RJ-45 para conectividad Ethernet, y también el conector para puerto de programación.

### 2.3.4.1 Entradas / Salidas digitales

#### 2.3.4.1.1 Entradas digitales

El OP6800 tiene 8 entradas digitales, IN00-IN07, cada una con un resistor limitador de corriente de 27 k $\Omega$ , y protegidas sobre un rango de -36V a +36V. Las entradas están acopladas a Vcc por resistores de pull up.





GRÁFICA 6: CIRCUITO DE ACOPLA DE LAS ENTRADAS DEL OP6800

El OP6800 también tiene cinco entradas digitales, IN08-IN12, cada una con un resistor limitador de corriente de 12 k $\Omega$ , protegidos en un rango de -25 V a 25 V, y acopladas a 5V.

El actual umbral de conmutación para IN00-IN12 es de aproximadamente 2,40 V. Cualquier valor por debajo de éste es una lógica 0, y todo lo q esté por encima es una lógica 1.

IN13-IN17 están conectados en paralelo con cinco de los botones del teclado. Estas entradas son normalmente acopladas a 5V, pero colocando una de estas entradas en bajo es el equivalente a pulsar la correspondiente tecla remotamente.

Las entradas de señal asignadas al teclado IN13-IN17 no están protegidos, y solo pueden manejar un rango de voltaje de 0 a 5V. Estas entradas fueron diseñadas exclusivamente para facilitar un teclado remoto, y no deben utilizarse para otros fines.

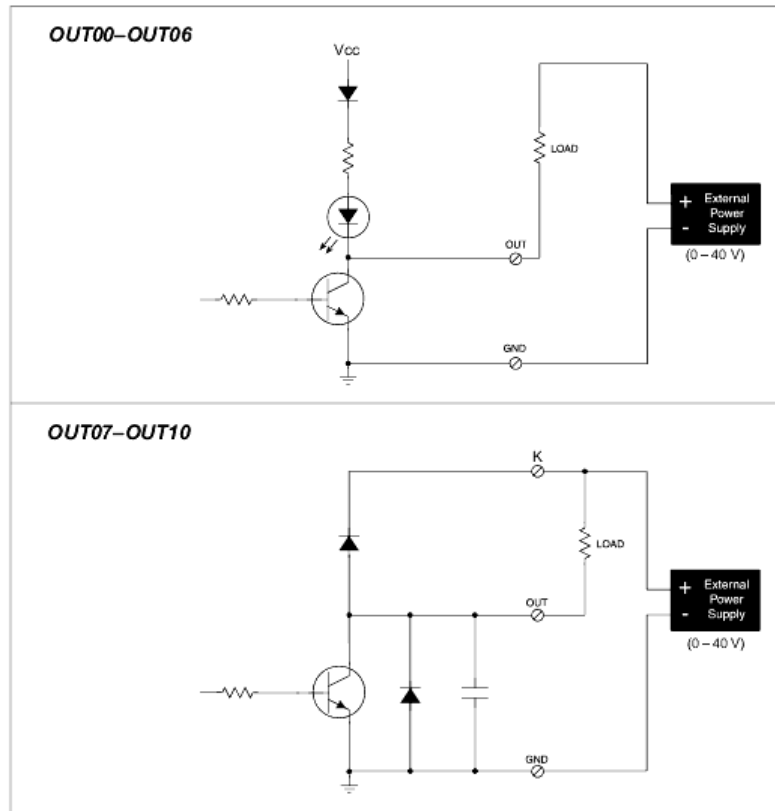
#### 2.3.4.1.2 Salidas digitales

El OP6800 tiene 11 salidas digitales, OUT00-OUT10, cada una puede recibir hasta 200 mA.

OUT00-OUT06 puede alimentar hasta 40V y los correspondientes LEDS cuando las salidas están encendidas.

OUT07-OUT10 ofrecen protección para cargas inductivas cuando K es conectada a una fuente de energía externa; OUT07-OUT10 no están conectados a los LEDs.

En la gráfica 7 se muestra un diagrama cableado para el uso de las salidas digitales



Gráfica 7: CIRCUITO DE ACOPLE PARA LAS SALIDAS DIGITALES DEL OP6800

### 2.3.4.2 Comunicación serial

El OP6800 tiene dos puertos serie RS-232, también tiene un RS-485 canal serial y un canal serial CMOS que sirve de puerto de programación.

Los cuatro puertos seriales funcionan en un modo asincrónico. Un puerto asíncrono puede manejar 7 u 8 bits de datos. Un esquema de 9 bits de dirección, donde un bit adicional se envía para marcar el primer byte de un mensaje, también es soportado. Puerto serie A, el puerto de programación,

puede ser operado alternativamente en el modo serie síncrono. En este modo, una línea de reloj sincroniza los datos que entran o salen. Cualquiera de los dos dispositivos que se comunican puede suministrar el reloj.

En el OP6800 se suelen utilizar los cuatro puertos seriales de modo asincrónico. Los puertos series B y C son usados para comunicación RS-232, y el puerto serie D se utiliza para comunicación RS-485. El OP6800 utiliza un cristal de 11,0592 MHz, que se duplica a 22,1184 MHz. En esta frecuencia, el OP6800 soporta las tasas de baudios asincrónica estándar de hasta un máximo de 230.400 bps.

## **RS-232**

La comunicación serial RS-232 del OP6800 es soportada por un adaptador RS-232. Este adaptador proporciona el voltaje de salida y voltaje de entrada necesario para satisfacer el protocolo de comunicación serial RS-232. Básicamente, el chip traduce las señales CMOS / TTL del Rabbit a niveles de señal RS-232. Se tiene en cuenta que la polaridad se invierte en un circuito RS-232 de modo que una salida de +5V se convierte en alrededor de -10V y 0V es mostrada como +10V. El adaptador RS-232 también proporciona la línea de carga adecuada para una comunicación fiable.

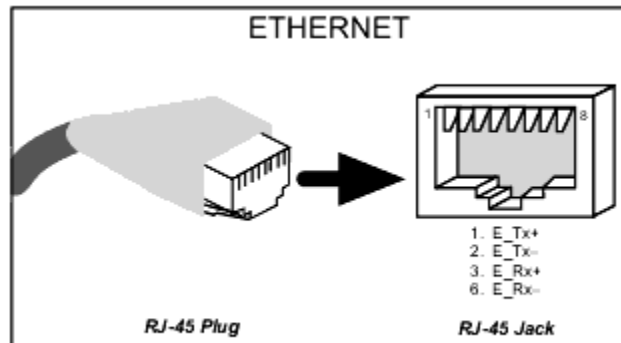
### **2.3.4.3 Puerto de programación**

El módulo Rabbit en el OP6800 tiene un conector de 10 pines para la programación. El puerto programación utiliza el puerto serie A del Rabbit para la comunicación, y se utiliza para las siguientes operaciones.

- Programación / depuración
- Clonación
- Descarga/depuración de un programa remoto a través de una conexión Ethernet.

El puerto de programación se utiliza para iniciar el OP6800 en un modo en que el OP6800 descargará un programa desde el puerto y a continuación, ejecutará el programa. El puerto de programación transmite la información desde y hacia un PC mientras que un programa se está depurando.

#### 2.3.4.4 Puerto Ethernet



Gráfica 8: PUERTO ETHERNET

En la gráfica 8 se muestra los pines de salida para el puerto Ethernet.

Se debe tener en cuenta que existen dos normas de la numeración de los pines en este conector, la convención utilizada aquí, y la numeración en sentido inverso al que se muestra. Independientemente de la convención de numeración seguida, las posiciones de los pines respecto a la posición de la marca que se encuentra en la parte inferior del RJ-45 son siempre absolutos y el conector RJ-45 funcione correctamente los cables Ethernet.

#### 2.3.4.5 Memoria

##### SRAM

El módulo OP6800 está diseñado para aceptar 128K a 512K de SRAM empacados en un empaque SOIC.

##### Memoria Flash

El OP6800 también está diseñado para aceptar 128K a 512K de memoria flash.

Se recomienda que las aplicaciones cliente no se limiten por el tamaño del sector de la memoria flash, ya que puede ser necesario cambiar el tamaño en el futuro.

### 2.3.5 Dynamic C

Dynamic C es un sistema de desarrollo integrado para escribir software embebido. Dynamic C integra las siguientes funciones de desarrollo en un programa:

- Editar
- Compilar
- Enlazar
- Cargar
- Depurar

De hecho, al compilar, enlazar y cargar, en si constituyen una sola función. Dynamic C no utiliza emulador de circuitos; los programas que son desarrollados se descargan y ejecutan desde el sistema "Objetivo" a través de una conexión por puerto serial. El desarrollo y depuración del programa tienen lugar perfectamente a través de esta conexión.

Otras características del Dynamic C incluyen:

- Dynamic C tiene un editor de texto fácil de utilizar. Los programas se pueden ejecutar y depurar interactivamente en el código fuente o en el nivel de código máquina. Menús desplegables y atajos de teclado para hacer la mayoría de los comandos Dynamic C fácil de usar.
- Dynamic C también soporta la programación en lenguaje ensamblador. No es necesario dejar el código C o el sistema de desarrollo para escribir el código en lenguaje ensamblador. El código C y lenguaje ensamblador pueden ser mezclados entre sí.
- Depuración bajo Dynamic C incluye la habilidad de usar comandos printf, expresiones de vigilancia, puntos de interrupción y otras características avanzadas de depuración. Las expresiones de vigilancia pueden ser usadas para calcular las expresiones C que involucran variables o funciones del programa objetivo. Las expresiones de vigilancia pueden ser evaluadas al mismo tiempo que se detiene en un punto de interrupción o mientras que el objetivo está ejecutando su programa.
- Dynamic C ofrece extensiones para el lenguaje C (por ejemplo, variables compartidas y protegidas, costatements y cofunctions) que soportan el desarrollo de sistemas embebidos en el mundo real. Rutinas de interrupción

pueden ser escritas en C. Dynamic C soporta multi-tareas preventiva y de cooperación.

- Dynamic C viene con muchas librerías de funciones, todos en código fuente. Estas librerías soportan la programación en tiempo real, el nivel de máquina de puertos E/S, y proporciona funciones de cadena y funciones matemáticas.
- Dynamic C compila directamente a la memoria. Funciones y librerías se compilan, enlazan y descargan en la misma acción. En una PC rápida, Dynamic C puede cargar 30.000 bytes de código en 5 segundos a una velocidad en baudios de 115.200 bps.

### **2.3.6 Capacidades TCP/IP**

#### **TCP**

TCP es un servicio de transporte orientado a conexión, que proporciona confiabilidad y control de flujo de extremo a extremo. TCP permite que dos hosts establezcan una conexión y se produzca el intercambio de flujos de datos, organizados en bytes. La entrega de datos en el orden correcto está garantizada. TCP puede detectar errores o pérdida de datos y puede desencadenar la retransmisión de datos es hasta que sea recibida completa y sin errores.

El desarrollo TCP / IP utiliza el entorno de desarrollo Dynamic C para creación rápida y depuración de aplicaciones en ejecución. Dynamic C proporciona un completo entorno de desarrollo integrado con editor, compilador y depurador a nivel de fuente. Este se comunica directamente con el sistema objetivo, eliminando la necesidad de complejas y poco fiables emuladores de circuitos.

El código fuente para TCP / IP se proporciona en el software Dynamic C. ICMP, HTTP (incluye las facilidades para SSI, rutinas CGI, cookies, y la autenticación básica), capacidades SMTP, FTP y TFTP (cliente y servidor) son suministradas. Controladores Ethernet para el chip Realtek Ethernet también están incluidos.

Los usuarios pueden escribir directamente a TCP o UDP socketes para desarrollar aplicaciones personalizadas.

Algunos protocolos TCP/IP implementados con el software son:

- TCP a nivel socket (Transmission Control Protocol) proporciona una confiable transmisión full-duplex de datos.
- Nivel Socket UDP (Protocolo de datagramas de usuario)-protocolo simple de intercambio de datagramas sin comprobación ni entrega garantizada.
- ICMP (Internet Control Message Protocol)- Protocolo de Internet de la capa de red que envía informes de errores y proporciona otra información importante para el procesamiento de paquetes IP.
- DNS (Domain Name System)-Servicio de directorio distribuido de Internet que se utiliza principalmente para traducir entre nombres de dominio y direcciones IP, y para controlar entrega de e-mail de internet.
- DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) Proporciona un marco para pasar la información de configuración de hosts en una red TCP/IP. DHCP se basa en el Protocolo de arranque (BOOTP), añadiendo la capacidad de asignación automática de direcciones de red reutilizables y otras opciones de configuración.
- HTTP (Hypertext Transfer Protocol) Protocolo utilizado por los navegadores web y servidores Web para la transferencia de archivos, como texto y archivos gráficos. Incluye facilidades para SSI (Server Side Includes) y las rutinas CGI.
- SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) Protocolo de Internet que proporciona servicios de correo electrónico.
- FTP (File Transfer Protocol) Protocolo de aplicación, una parte de la pila de protocolos TCP / IP, utilizado para transferir archivos entre los nodos de la red. Un servidor con soporte de contraseña para transferencias de archivos entre los nodos de la red está disponible en el Rabbit 2000.
- TFTP (Trivial File Transfer Protocol), Versión simplificada de FTP que permite que los archivos se transfieren desde un ordenador a otro a través de una red.
- POP3 (Protocolo de oficina de correos) del cliente.
- Puerta de enlace serial-Telnet.

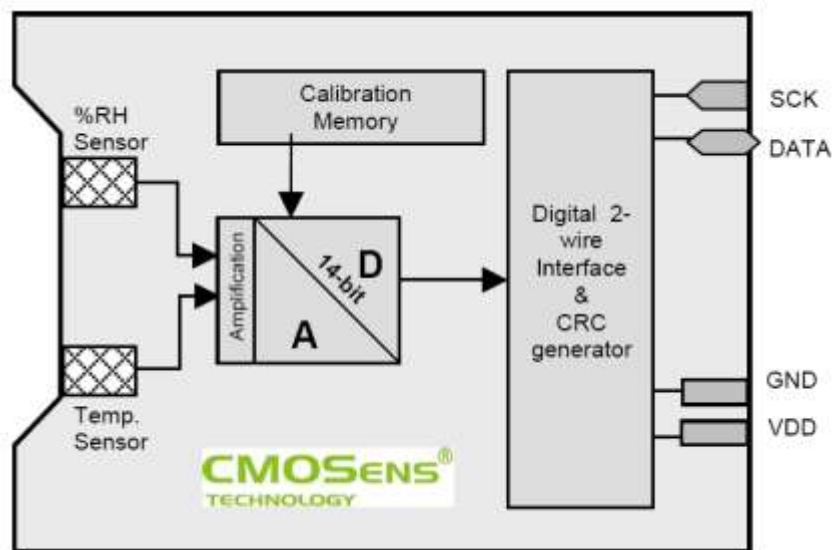
## 2.4 SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD SHT75

El SHT75 es un multisensor de temperatura y humedad relativa incorporado en un solo chip que ofrece una salida digital calibrada. La aplicación de procesos industriales CMOS con microistemas patentados de tecnología CMOS garantiza mayor confiabilidad y una excelente estabilidad a largo plazo.

El dispositivo incluye un polímero capacitivo como sensor de la humedad relativa y un sensor de temperatura de bandgap. Ambos están perfectamente acoplados a un convertidor analógico-digital de 14 bit y un circuito de interfaz serial en el mismo chip. Esto se traduce en superior calidad de la señal, un rápido tiempo de respuesta e insensibilidad a las perturbaciones externas (EMC) a un precio muy competitivo.

Cada SHT75 es calibrado individualmente en una cámara de humedad de precisión. Los coeficientes de calibración están programados en la memoria interna. Estos coeficientes son usados internamente durante las mediciones para calibrar las señales de los sensores.

La interfaz serial de 2 hilos y la regulación interna de voltaje permite una fácil y rápida integración del sistema. Su pequeño tamaño y bajo consumo de potencia hace que sea la mejor elección, incluso para las aplicaciones más exigentes. El dispositivo se suministra en un empaque de 4 pines de tipo single in line,



Gráfica 9: DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SENSOR



### **2.4.1 Características**

- Sensor de Humedad relativa del aire y temperatura
- Punto de condensación
- Salida digital totalmente calibrada
- Excelente estabilidad a largo plazo
- No requiere componentes externos
- Ultra bajo consumo de potencia
- 4-pines totalmente intercambiable
- Pequeño tamaño
- Apagado automático

### **2.4.2 Aplicaciones**

- HVAC
- Automotriz
- Bienes de Consumo
- Estaciones Meteorológicas
- Humidificadores
- Deshumidificadores
- Pruebas y Mediciones
- Registro de Datos
- Automatización
- Electrodomésticos
- Médico

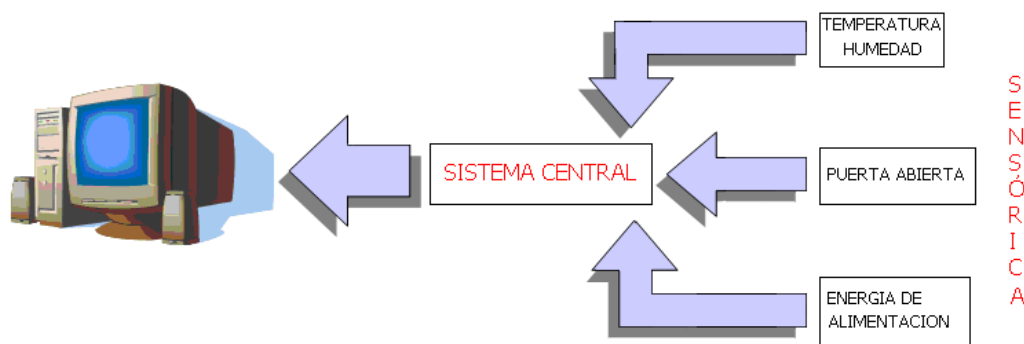
En la Tabla 3 se muestran las especificaciones de rendimiento de los sensores tanto de temperatura como de humedad relativa, con sus valores máximos y mínimos.

<b>Parametro</b>	<b>Condiciones</b>	<b>Min</b>	<b>Tip</b>	<b>Max</b>	<b>Unidades</b>
<b>Humedad</b>					
Resolución		0.5	0.03	0.03	%RH
		8	12	12	bit
Exactitud			+/-0.1		%RH
Presición	Linearizada	+/- 1.8			
Intercambiable		Completamente intercambiable			
Rango		0		100	%RH
Tiempo de respuesta	1/e (63%) a 25°C,aire 1 m/s	6	8	10	S
Histeresis			+/- 1		%RH
Estabilidad	Típica		< 0.5		%RH/año
<b>Temperatura</b>					
Resolución		0.04	0.01	0.01	°C
		0.07	0.02	0.02	°F
		12	14	14	bit
Exactitud			+/-0.1		°C
			+/-0.2		°F
Precisión		+/- 0.3			
Rango		- 40		123.8	°C
		- 40		254.9	°F
Tiempo de respuesta	1/e (63%)	5		30	S

**Tabla 3: TABLA DE LAS ESPECIFICACIONES DE RENDIMIENTO DE LOS SENSORES**

### 3. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

El proyecto se desarrolla en tres partes principales una Interface con el Usuario, un Sistema Central y un sistema de sensores, como es mostrado en la gráfica 10 del diagrama de bloques global;



Gráfica 10: DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROYECTO

#### 3.1 INTERFACE CON EL USUARIO

El usuario manejará desde un computador personal todos los datos medidos desde el Sistema Central, podrá realizar con estos todo tipo de informes mostrando todo lo ocurrido con las diferentes variables que se están midiendo temperatura, humedad relativa, energía de alimentación de la nevera y tiempo en el que transcurre abierta o cerrada la nevera.

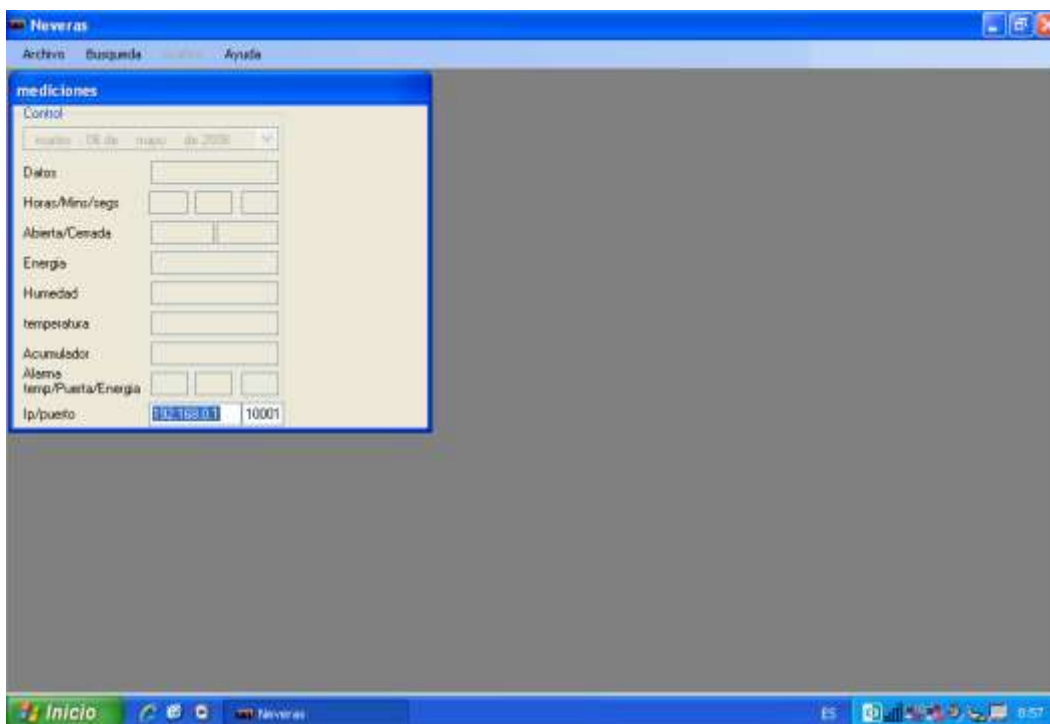
##### 3.1.1 Programas utilizados para la interface

Se utilizan dos programas para guardar las bases de datos y hace parte de las especificaciones con que el proyecto se desarrolla, Excel y Access; y el programa utilizado para el dialogo con el usuario se realiza en Visual Basic.

**Excel:** este programa es utilizado para almacenar todos los datos separados en carpetas y por años para que cualquier persona pueda tener acceso a ellos y sea de muy fácil utilización.

**Access:** este programa es utilizado para almacenar, igual que el anterior, todos los datos pero con la diferencia que todos estos quedarán en una sola base de datos, el programa principal utilizado para el diálogo con el usuario hecho en Visual Basic es el que va tener acceso a esta base de datos, por facilidad y mayor eficiencia del programa con el se podrán hacer las diferentes gráficas e informes de cualquier fecha solicitada por el usuario final que lo requiera.

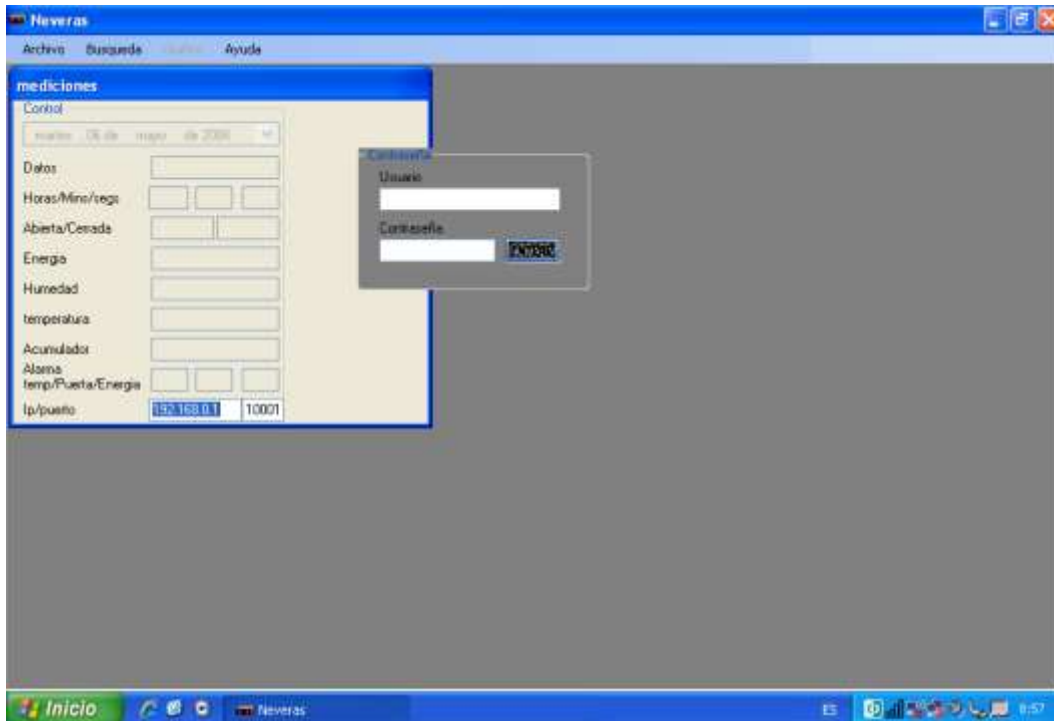
**Visual Basic:** con este programa se realiza toda la ambientación y diálogo con el usuario, desde el momento que se ejecuta este comienza a mostrar las mediciones que en ese mismo instante está realizando el Sistema Central. En este aparecen las diferentes variables fecha, hora, apertura de la puerta de la nevera, energía de alimentación de la nevera, humedad relativa, temperatura y las diferentes alarmas para cada una de las variables que se están midiendo.



**Gráfica 11: PANTALLA DE MONITOREO-INTERFACE CON EL USUARIO**

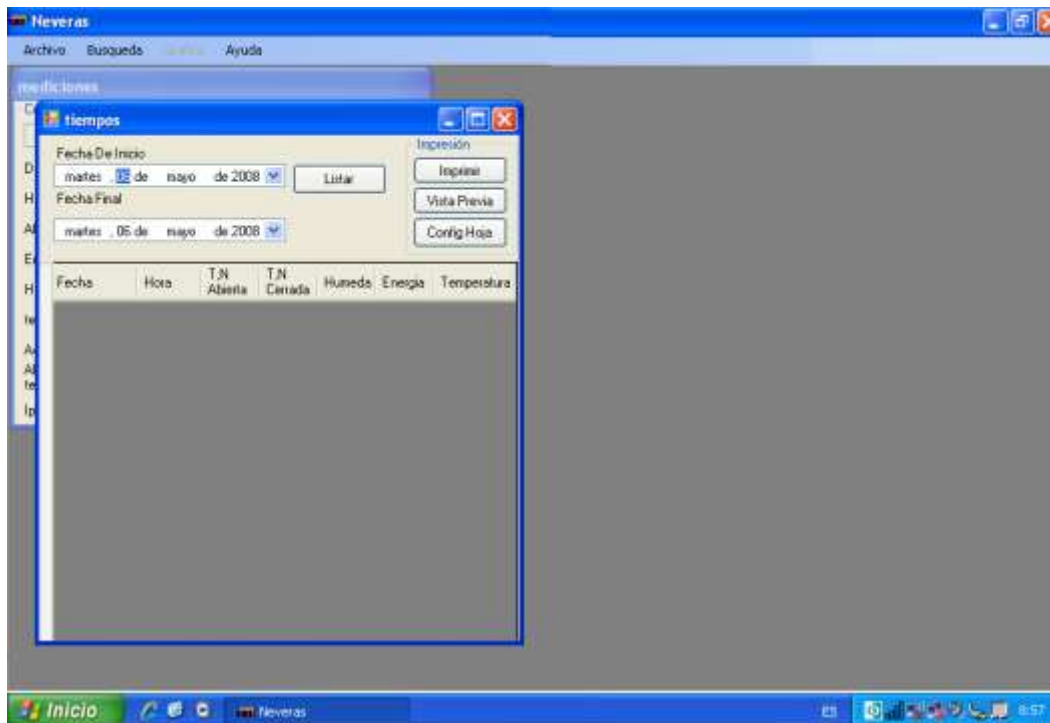
Para poder realizar cualquier tipo de informe y gráfica de los datos medidos para cualquier periodo de tiempo solicitado por el usuario este debe ingresar una clave para darle seguridad a los datos medidos y que solo el encargado de

supervisar el sistema tenga acceso a este. Dentro del menú hay dos tipos de clientes que pueden tener acceso, el administrador y el usuario. El administrador es el que tiene acceso al programa principal y hacerle cualquier tipo de modificación, este tiene acceso para hacer cualquier tipo de ajuste si el programa falla, es el que hace la asistencia. El Usuario es el que tiene acceso solo a la parte de supervisión al monitoreo y los diferentes informes que solicite.



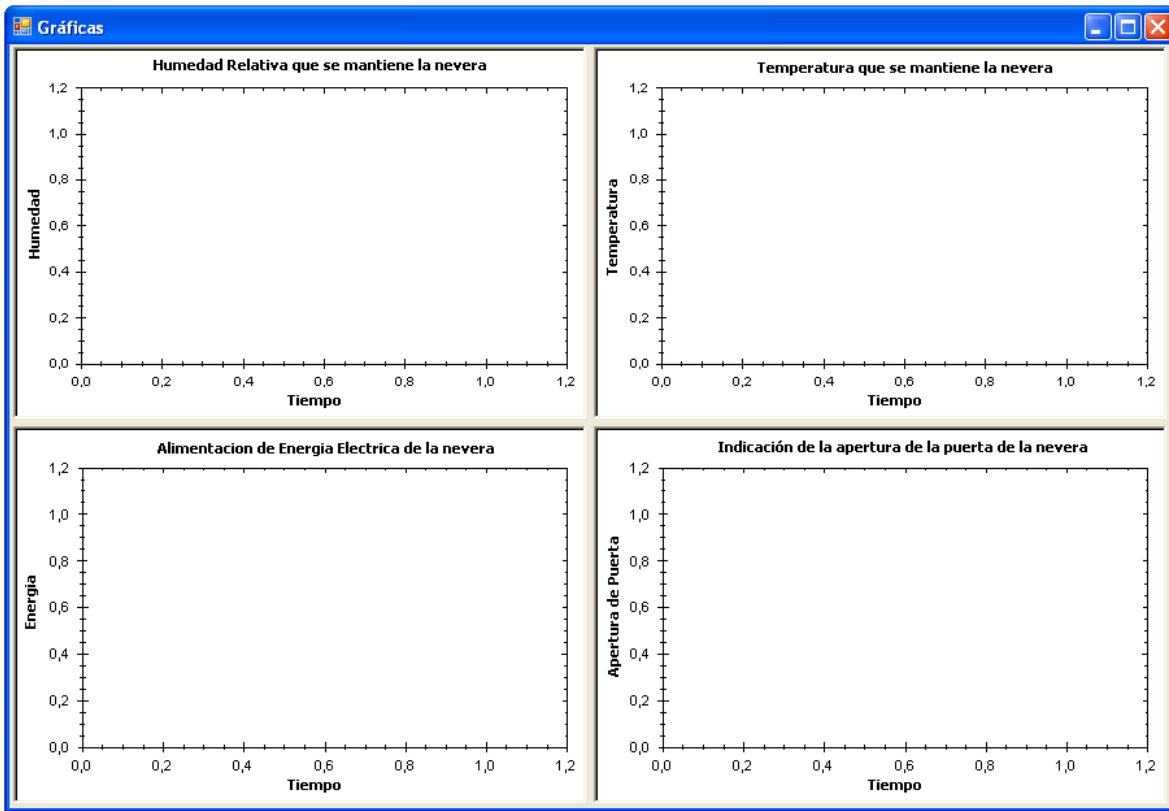
**Gráfica 12: PANTALLA DE ACCESO AL USUARIO**

Después de tener acceso ya es posible solicitar cualquier tipo de informe y gráfica respecto al periodo solicitado por el usuario. Este menú contiene las opciones para escoger el periodo del cual se requiere el informe, la vista previa de la hoja a imprimir, la opción de imprimir y la opción de configurar la página que se va imprimir.



**Gráfica 13: PANTALLA DE SOLICITUD DE INFORME**

Después de dar el periodo del informe que se quiere este muestra todos los datos obtenidos en la pantalla y también muestra las gráficas (Gráfica 14) para cada una de las variables medidas, dentro de cada gráfica se puede dar la opción de hacer zoom y ver con mayor claridad las mediciones, así como también si se pone el ratón sobre cada uno de los puntos medidos se observa el valor medido.



**Gráfica 14: IMAGEN DE LAS GRÁFICAS PRESENTADAS PARA LOS INFORMES**

### **3.2 COMUNICACIÓN CON EL SISTEMA CENTRAL**

La comunicación se realiza por ethernet configurando una red entre el Panel OP6800 y el computador donde se realiza la interface con el usuario.

La dirección IP asignada para el panel OP6800 es 192.168.0.2 y la dirección IP asignada para el computador es 192.168.0.1.

Y el puerto utilizado es 10001, para poder realizar correctamente la comunicación es necesario tener en ambos sistemas configurado el mismo puerto.

La aplicación utilizada para la comunicación es el winsocket.

### **3.3 SISTEMA CENTRAL**

Toda la operación central del proyecto la realiza el sistema de desarrollo de Rabbit semiconductor

#### **3.3.1 Por qué escoger el sistema de desarrollo de Rabbit?**

Rabbit Semiconductor se formó expresamente para diseñar un microprocesador óptimo para el uso en controladores a pequeña y mediana escala. El primer producto es el microprocesador Rabbit 2000. Los diseñadores de Rabbit habían tenido años de experiencia en el uso de microprocesadores Z80, Z180 y HD64180 en los pequeños controladores. El Rabbit comparte una arquitectura similar y un alto grado de compatibilidad con estos microprocesadores, pero es una gran mejora.

El Rabbit ha sido ideado por diseñadores de microcomputadores de bajo costo y cuenta con el apoyo de un innovador sistema de desarrollo en lenguaje C.

El Rabbit es fácil de usar. Las interfaces de hardware y software son sencillas y muy confiables. El Rabbit se ha destacado por la velocidad de cálculo para un microprocesador de bus de 8 bits. Esto se debe a que el set de instrucciones derivadas del Z80 es muy compacto y el diseño de la interfaz de memoria permite la máxima utilización de ancho de banda de la memoria.

El Rabbit es un diseño evolutivo. El conjunto de instrucciones y el diseño de registro es el del Z80 y Z180. El conjunto de instrucciones ha sido aumentado por un gran número de nuevas instrucciones. Algunas instrucciones obsoletas o redundantes del Z180 se han descartado para incluir nuevas instrucciones importantes. La ventaja de este enfoque evolutivo es que los usuarios familiarizados con el Z80 o Z180 pueden comprender inmediatamente el Rabbit. Un código fuente existente creado para Z80 o Z180 puede ser compilado o ensamblado para el Rabbit con cambios mínimos.

La evolución de la tecnología ha hecho obsoletas algunas de las características de la familia Z80/Z180, y estas se han descartado. Una de ellas es que el Rabbit no tiene un soporte especial para manejar la RAM dinámica, pero tiene un buen soporte para memoria estática. Esto se debe a que el precio de la



memoria estática ha disminuido hasta el punto tal que se ha convertido en la opción preferida para mediana escala de sistemas embebidos.

El Rabbit no tiene soporte para DMA (acceso directo a memoria) porque la mayoría de los usos para los que se utiliza tradicionalmente DMA, no se aplican a los sistemas embebidos, o que pueden llevarse a cabo en otras formas, tales como rutinas de interrupción rápida, máquinas de estado externas o procesadores como esclavos.

En desarrollos anteriores se han encontrado deficiencias en el set de instrucciones del Z80 para la ejecución del lenguaje C. El principal problema es la falta de instrucciones para el manejo de palabras de 16 bit y para acceder los datos computados en una dirección, especialmente cuando la pila contiene esos datos. Nuevas instrucciones corrigen estos problemas.

Otro problema con muchos procesadores de 8 bit es su lenta ejecución y una falta de capacidad para el cálculo numérico. Buena aritmética de coma flotante es una característica importante en la productividad de sistemas más pequeños. Es fácil de resolver muchos problemas de programación, si está disponible una adecuada capacidad de coma flotante. El set mejorado de instrucciones del Rabbit suministra capacidades matemáticas más rápidas para coma flotante y enteros.

El Rabbit soporta cuatro niveles de prioridades de interrupción. Esta es una característica importante que permite la utilización eficaz de las rutinas de interrupción súper rápidas para tareas en tiempo real.

El desarrollo de hardware y software del microprocesador tradicional se simplifica para los usuarios de Rabbit. Los emuladores de circuito no son necesarios y no hacen falta para el desarrollador. Además el desarrollo de software se realiza mediante la conexión de un simple cable de interfaz de un puerto serie de un PC hasta el sistema de desarrollo basado en el Rabbit.

Los módulos de desarrollo de Rabbit están diseñados para ser el corazón de sistemas de monitoreo y control embebidos. Las características de un sistema integrado de Rabbit que integra puerto Ethernet ofrece la facilidad de construir sistemas desarrollados en aplicaciones LAN y entornos habilitados para Internet tan fácilmente como los comunes y sencillos sistemas de comunicación seriales.

Integrando una amplia gama de desarrollos específicos que se desarrollaron para satisfacer necesidades muy críticas, y que a la hora de prestar sus servicios sus alcances se veían limitados debido a la dificultad de acceder a equipos que desempeñan funciones específicas en otros niveles de red.

Esta dificultad obligaba al desarrollo de otros microsistemas que representaban un excesivo costo comparado con el desempeño del sistema.

### **3.3.2 Ventajas de Rabbit**

- La arquitectura abierta del Rabbit hace que sea fácil de diseñar un sistema de hardware.
- Hay una gran cantidad de puertos serie y se puede comunicar muy rápidamente.
- Las Interrupciones pueden tener varias prioridades.
- La velocidad del procesador y el consumo de energía están bajo control del programa.
- El modo de ultra baja potencia puede realizar cálculos y ejecutar pruebas de lógica desde que el procesador siga ejecutando tareas, inclusive a los 32 kHz.
- El Rabbit se puede utilizar para crear un periférico inteligente o un procesador esclavo. Por ejemplo, pilas de protocolos puede ser cargadas a un Rabbit esclavo. El master puede ser cualquier procesador.
- En el se puede escribir software muy importante, ya sean 1000 o 50000 líneas de código C. Las herramientas están y son de bajo costo.
- Si se conoce sobre el Z80 o Z180, se conoce la mayor parte del Rabbit.
- El excelente rendimiento de coma flotante se debe a las librerías de código muy reducido y una capacidad de procesamiento poderosa.
- El puerto de programación de 10 pines elimina la necesidad de emuladores de circuito. Un simple conector de 10 pines puede ser usado para descargar y depurar software usando el software Dynamic C y una simple conexión a un puerto serial del PC.
- El Chip de Rabbit está hecho para soportar condiciones industriales de temperatura y voltaje.

### **3.3.3 Ventajas del OP6800**

- Facilidad de mercadeo usando un microprocesador central completamente ingeniado y apropiado para muchas aplicaciones.
- Precios competitivos en comparación con la alternativa de comprar y el montar los componentes individuales.
- Fácil desarrollo y depuración de programas en lenguaje C, incluyendo la rápida y sencilla producción de programas.
- Amplio tamaño de la memoria permite a programas grandes con decenas de miles de líneas de código, y gran almacenamiento de datos.
- Puerto Ethernet integrado para la conectividad de red, libre de licencias de software TCP/IP.

## **3.4 SISTEMA DE SENSORES**

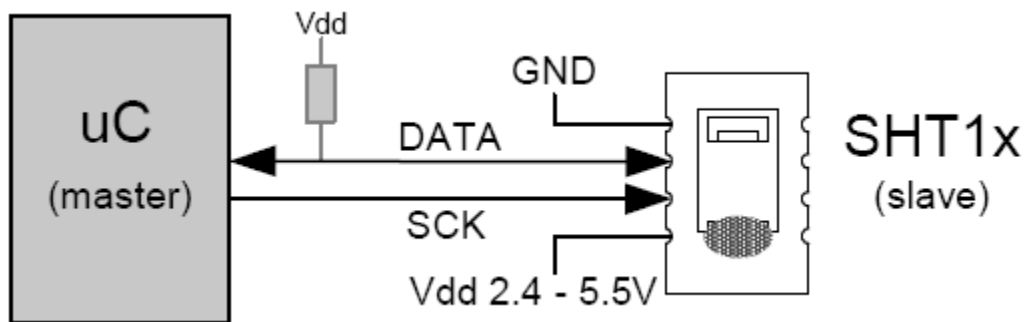
### **3.4.1 Por qué utilizar sensores de humedad y temperatura de Sensirion?**

Los sensores de humedad Sensirion son sensores de tipo capacitivo y por tanto, tienen ventajas en comparación con los sensores de tipo resistivo. Sensores de tipo resistivo sólo se puede utilizar en entornos de no-condensación, no funcionan en los niveles de humedad relativa por debajo del 20% y no muestran la misma buena estabilidad a largo plazo como los capacitivos.

Los sensores de humedad y temperatura de la familia SHTxx son la elección perfecta para medir la humedad relativa y la temperatura por varias razones. Estos sensores están calibrados y por tanto, le permiten ahorrar costes en su proceso de producción. Son de tipo capacitivo alta calidad, muy pequeños, cubren todo el rango de medición de 0 a 100% de humedad relativa y son totalmente sumergibles. Además, el sensor tiene una interfaz digital, que le hace muy fácil de integrar. Al ser un dispositivo de bajo costo, es muy adecuado para productos de alto volumen. En resumen, se trata de una combinación única de precio y calidad.

### 3.4.2 Funcionamiento y programación del Sensor

El circuito de aplicación es el siguiente:



Gráfica 15: CIRCUITO DE APLICACIÓN DEL SENSOR SHT75

La interfaz serial del sensor es desarrollada para la lectura de las mediciones de las variables de temperatura y humedad relativa.

Es una interfaz bidireccional de dos hilos que funciona de la siguiente forma:

#### 3.4.2.1 Entrada de reloj serial (SCK):

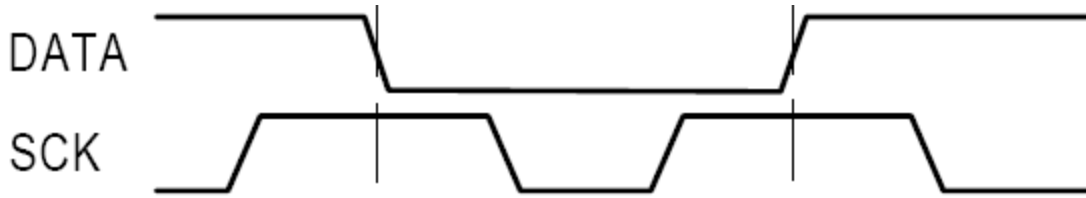
El SCK se utiliza para sincronizar la comunicación entre un microcontrolador y el SHT75. Como la interfaz consiste en lógica estática, entonces no hay mínimo de frecuencia para SCK.

#### 3.4.2.2 Línea de datos serial (DATA):

El pin triestado DATA se utiliza para transferir datos dentro y fuera del dispositivo. DATA cambia después del flanco de bajada y es válida en el flanco de subida del reloj serial SCK. Durante la transmisión la línea DATA debe permanecer estable mientras SCK es alta. Para evitar la disputa de la línea el microcontrolador sólo debe manejar la línea DATA en bajo. Un resistor de pull-up externo es requerido para acoplar la señal a alto, por ejemplo, 10k

### 3.4.2.3 Enviando un comando

Para iniciar una transmisión, una secuencia "Transmisión de inicio" es emitida. Se compone de una puesta en bajo de la línea de datos mientras SCK es alto, seguido por un pulso bajo en SCK y DATA va de nuevo a alto mientras SCK se mantiene en alto.



Gráfica 16: SEÑAL PARA LA TRANSMISIÓN DE INICIO

El comando que sigue consta de tres bits de dirección (sólo "000" se encuentra actualmente soportado) y cinco bits de comando. El SHT75 indica la correcta recepción de un comando colocando la línea DATA en bajo (ACK bit) después del flanco bajada del 8 pulso de reloj SCK. La línea DATA es liberada (y coloca en alto) después del flanco de bajada del noveno pulso de reloj.

COMANDO	CÓDIGO
Reservado	0000x
<b>Medir Temperatura</b>	<b>00011</b>
<b>Medir Humedad</b>	<b>00101</b>
Leer el Registro de Estado	00111
Escribir en el Registro de Estado	00110
Reservado	0101x-1110x
<b>Reset</b> , Interface en reset, borra el registro de estado a los valores iniciales, espere mínimo 11 ms antes del siguiente comando	<b>11110</b>

Tabla 4: COMANDOS PARA EL SHT75

### 3.4.2.4 Secuencia de medición (RH y T)

Después de la emisión de un comando de medición ('00000101' para RH, '00000011' para la temperatura), el controlador tiene que esperar a que la medición sea completada. Esto tiene un máximo de 20/80/320 ms para una medición de 8/12/14bits respectivamente. Con el fin de señalar la finalización de una medición, el SHT75 pone en bajo la línea de datos y entra en modo de inactividad. El controlador debe esperar esta señal antes de reiniciar la línea SCK para la lectura de datos.

Los datos de medida son almacenados hasta que sean leídos, por lo tanto, el controlador puede seguir con otras tareas y realizar la lectura cuando sea conveniente.

Dos bytes de datos de medición serán transmitidos. El controlador debe reconocer cada byte colocando la línea de datos en bajo. La comunicación termina después del dato de medición menos significativo LSB manteniendo ACK en alto.

El dispositivo vuelve automáticamente al modo de reposo después de la medición y por lo tanto la comunicación es terminada.

### 3.4.2.5 Registro de estado

Algunas de las funciones avanzadas del SHT75 están disponibles a través del registro de estado. Se da una descripción de cada una de estas características en la tabla 5:

Bit	Tipo	Descripción	Inicial
7		Reservado	<b>0</b>
6	R	Final de batería (detección de bajo voltaje) '0' for Vdd>2.47 '1' for Vdd<2.47	<b>X</b> Sin valor inicial, el bit solo es actualizado después de la medición
5		Reservado	<b>0</b>
4		Reservado	<b>0</b>
3		Solo para prueba	<b>0</b>
2	R/W	Calentador	<b>0</b> Off
1	R/W	No recarga desde OTP	<b>0</b> Recarga
0	R/W	'1' = 8 bit RH / 12 bit Resolución de Temperatura '0' = 12 bit RH / 14 bit Resolución de Temperatura	<b>0</b> 12 bit RH 14 bit Temp.

Tabla 5: FUNCIONES DEL SENSOR SHT75

### **3.4.2.6 Resolución de la Medición:**

El valor por defecto de la resolución de medición de 14bit (temperatura) y 12bit (humedad) puede reducirse a 12 y 8 bits respectivamente. Esto es especialmente útil en alta velocidad o en aplicaciones de extrema baja potencia.

### **3.4.2.7 Final de batería:**

La función de final de batería detecta voltajes VDD por debajo de 2.47V, con una precisión de +/- 0.05 V.

### **3.4.2.8 Calentador**

Un elemento de calefacción en el chip puede encenderse. Este aumentará la temperatura del sensor de 5 a 15 ° C (9 a 27 ° F). El consumo de energía aumentará en ~ 8mA a 5V.

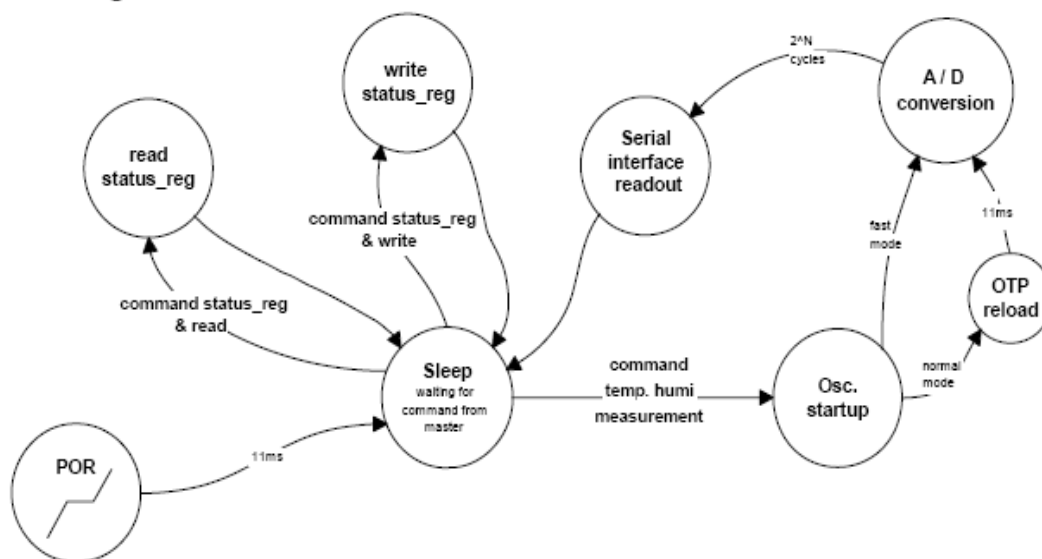
Aplicaciones: Al comparar los valores de temperatura y humedad antes y después de encender el calentador, la funcionalidad adecuada de ambos sensores puede ser verificada.

En ambientes de alta Humedad Relativa (> 95% de RH) calentar el sensor evitará la condensación, mejorará el tiempo de respuesta y la precisión. Pero mientras se calienta el SHT75, este mostrará temperaturas más altas y una humedad relativa inferior que sin calefacción.

### **3.4.2.9 Recarga de calibración antes de la medición:**

Para ahorrar energía y ganar velocidad de recarga OTP antes de cada medición puede ser obviada. Esto ahorra ~ 8.2ms en cada tiempo de medición. Pero si se encuentra en raros entornos con emisiones electromagnéticas el SHT75 puede perder temporalmente los datos de calibración almacenados en la memoria volátil. Los valores por defecto son entonces releídos de la memoria OTP antes de cada medición.

En la gráfica 17 se muestra la máquina de estados en la cual se puede observar cada uno de los caminos que debe tomar el SHT75.



**Gráfica 17: MÁQUINA DE ESTADOS PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL SENSOR**

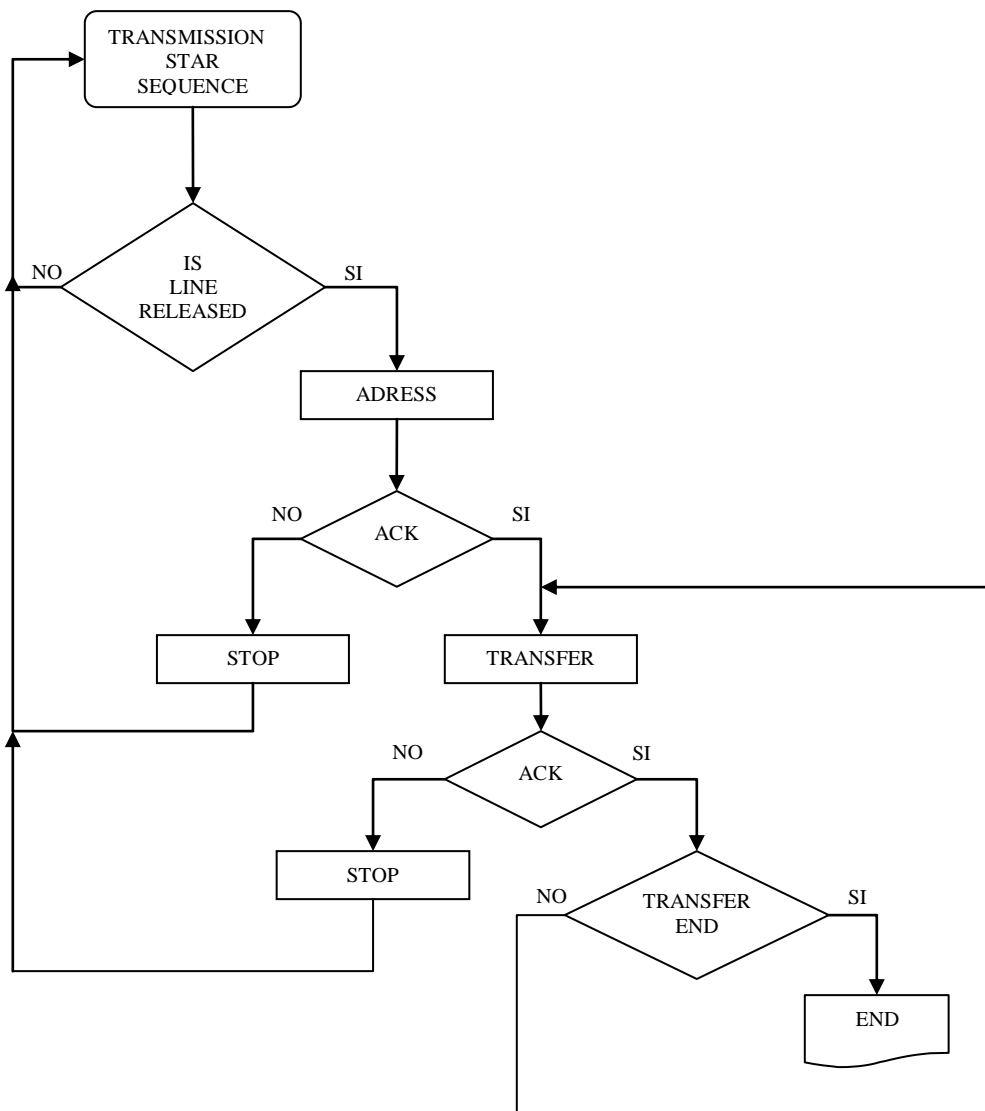
Tomando un estado inicial inactivo, y desde donde parten todas las acciones a realizarse. Desde leer o escribir al registro de estados cumpliendo primero con el envío del comando que indica el destino y la acción que realizará en dicho registro.

También los procedimientos que conduce a la medición de las variables de temperatura y humedad descritos anteriormente, enviando inicialmente el comando de medición de la variable correspondiente, con sus respectivos reconocimientos de envío y recepción, tomando en cuenta los tiempos necesarios para la conversión analógica-digital y la presentación final de los datos medidos a través de la interfaz de dos hilos y terminándose la comunicación por parte del controlador maestro, quien es el responsable de toda la gestión y sincronización de todos los procesos.

Finalmente el sensor vuelve a su estado inicial de inactividad esperando un nuevo evento de medición requerido.

A continuación se muestra un diagrama de flujo que describe la transmisión de un conjunto de datos desde un sensor diseccionado por controlador maestro.





Gráfica 18: DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS

### 3.4.3 Conversión de los datos de salida a valores físicos

#### 3.4.3.1 Humedad Relativa

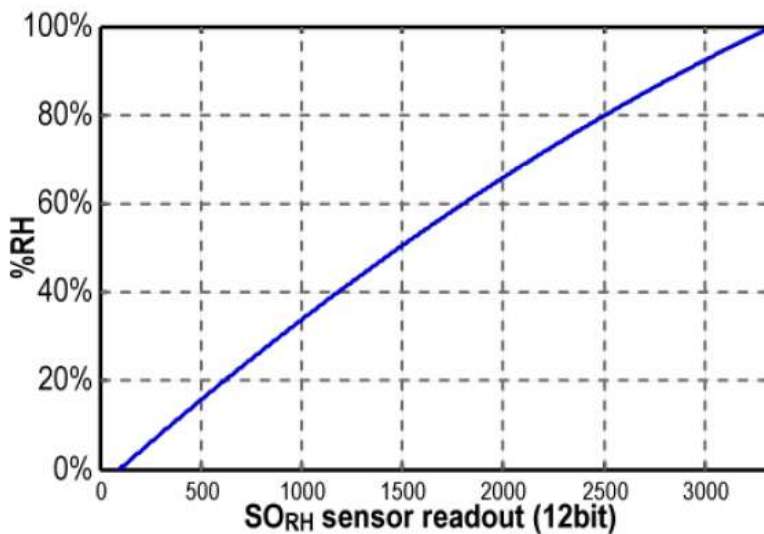
Para compensar la no linealidad del sensor de humedad y obtener la plena exactitud se recomienda convertir la lectura con las siguientes fórmulas:

$$RH_{lineal} = c_1 + c_2 * SO_{RH} + c_3 * SO_{RH}^2$$

$SO_{RH}$	$c_1$	$c_2$	$c_3$
<b>12 bit</b>	-4	0.0405	$-2.8 * 10^{-6}$
<b>14 bit</b>	-4	0.648	$-7.2 * 10^{-4}$

Tabla 6: COEFICIENTES DE CONVERSIÓN PARA LA HUMEDAD RELATIVA

Valores superiores a 99% de Humedad indican aire totalmente saturado y deben ser procesados y mostrados como 100%. El sensor de humedad no tiene gran dependencia de voltaje.



Gráfica 19: CONVERSIÓN DE  $SO_{RH}$  A HUMEDAD RELATIVA

### Compensación del sensor de Humedad RH con la temperatura

Para temperaturas significativamente diferentes de 25 ° C (~ 77 ° F) el coeficiente de temperatura del sensor de Humedad debe ser considerado:

$$RH = (T_{oC} - 25) * (t_1 + t_2 * SO_{RH}) + RH_{lineal}$$

$SO_{RH}$	$t_1$	$t_2$
<b>12 bit</b>	0.01	0.00008
<b>14 bit</b>	0.01	0.00128

Tabla 7: COEFICIENTES DE COMPENSACIÓN CON LA TEMPERATURA

Esto equivale a  $\sim 0.12\%RH / ^\circ C$  @ 50%RH

### 3.4.3.2 Temperatura

El sensor de temperatura de bandgap PTAT (proporcional a la temperatura absoluta) es lineal gracias a su diseño. Se utiliza la siguiente fórmula para convertir la salida digital al valor físico de la temperatura:

$$T = d_1 + d_2 * SO_T$$

$V_{dd}$	$d_1 [^\circ C]$	$d_1 [^\circ F]$	$SO_T$	$d_1 [^\circ C]$	$d_2 [^\circ F]$
<b>5V</b>	-40.00	-40.00	<b>14 bit</b>	0.01	0.018
<b>4V</b>	-39.75	-39.55	<b>12 bit</b>	0.04	0.072
<b>3.5V</b>	-39.66	-39.39			
<b>3V</b>	-39.60	-39.28			
<b>2.5V</b>	-39.55	-39.19			

Tabla 8: COEFICIENTES DE CONVERSIÓN PARA LA TEMPERATURA

## 3.5 CONVERTIDOR DE FUENTE Y MAPA DE BITS

Una herramienta de conversión de mapa de bits y fuente está disponible para convertir fuentes de Windows y mapas de bits monocromo a un formato de archivo de librería compatible con aplicaciones en Dynamic C y displays gráficos.

Caracteres de alfabetos no romanos también pueden ser convertidos mediante la aplicación del convertidor de mapa de bits monocromo a sus mapas de bits correspondientes.

Una vez que se haya convertido, el archivo se muestra en la ventana de edición. Se guarda el archivo como libraryfilename.lib, donde libraryfilename es un nombre de archivo de su elección.

Agregue el archivo de la librería a las aplicaciones con la declaración de # use libraryfilename.lib, o cortando y pegando desde el archivo de la librería que ha creado en el programa de aplicación.

### **3.6 SOFTWARE PARA LA INTERFAZ OP6800**

El software implementado para el OP6800, fue desarrollado en un código en lenguaje C que se compilará y enlazará a través de Dynamic C para luego ser descargado y ejecutado en el sistema objetivo, el OP6800, a través del puerto serial de programación.

Este programa aplica los siguientes conceptos:

- Display gráfico 122x32
- Teclado 1x7
- Medición de temperatura y humedad SHT75
- Conexión TCP/IP
- Entradas digitales (Puerta y Energía)

El OP6800 se encargará de controlar todos los periféricos, incluyendo las entradas y salidas digitales como el display, el teclado y las señales digitales correspondientes a la puerta y la energía.

También controlará la sincronización y el flujo de datos propios de la comunicación que se establece para la lectura de las variables físicas de temperatura y humedad provenientes de las mediciones efectuadas por el sensor SHT75.

De igual forma el OP6800 será el responsable de la conexión con el computador destinado para el servicio de supervisión en forma remota, utilizando una aplicación dedicada para este efecto.

Para cumplir con todas estas funciones y vigilar todos estos procesos el OP6800 debe distribuir las rutinas de control en forma apropiada, es decir

debe crearse una rutina principal en tiempo real, que administre tiempos de ejecución de cada tarea, para esto se utilizan ciertas funciones propias del Dynamic C que permite llevar a cabo multitareas de forma rápida, segura y efectiva.

Se empieza definiendo parámetros importantes

```
#define TCPCONFIG 1
/** Configuración tcp **/
#define MAX_tcp_SOCKET_BUFFERS 1
/* Frecuencia (en segundos) para enviar un paquete tcp. */
#define TIEMPO_ENVIO_TRAMA      60
/* Puerto local (en el rabbit)*/
#define IP_REMOTA                "10.1.1.1"
/* Puerto tcp destino (en el servidor) */
#define PUERTO_REMOTO            1234
/** End of configuration section **/
```

La IP remota y el puerto remoto son parámetros importantes para establecer la conexión TCP/socket con el PC. La conexión TCP/socket se realiza en general mediante tres pasos entre un cliente y un servidor. La siguiente es una explicación simplificada de este proceso.

- El cliente solicita una conexión mediante el envío de un segmento TCP con el bit de control de sincronización.
- El servidor responde con su propio segmento de sintonización que incluye la información de identificación que fue enviada por el cliente en el primer segmento de sincronización.
- El cliente reconoce el segmento de sincronización del servidor.

La conexión es entonces establecida y es identificada únicamente por cuatro números llamados socket o par socket:

(dirección IP de destino, número de puerto de destino) (dirección IP de origen, número de puerto de origen)

Durante la fase de configuración de la conexión, estos valores se introducen en una tabla y se guardan mientras dura la conexión.

Luego se coloca el logo en mapa de bits correspondiente a la empresa desarrolladora del proyecto:

```
// Bitmap           : Logotipo bmp  
// Monocromatico   : Foreground Negro, Background Blanco  
// Modo            : Landscape
```

```
xdata logo-usco_bmp {  
  \x00',\x00',\x00',\x00',\x00',\x1F',  
  \x00',\x00',\x00',\x00',\x00',\x1F',  
  \x00',\x00',\x00',\x00',\x00',\x1F',  
  \x00',\x00',\x00',\x00',\x00',\x1F',  
  \x00',\x00',\x00',\x00',\x00',\x1F',  
  \x03',\xFC',\x00',\x0F',\xF8',\x1F',  
  \x03',\xFC',\x7F',\x0F',\xF8',\x1F',  
  \x03',\xFC',\xFF',\x8F',\xF8',\x1F',  
  \x03',\xFF',\xF7',\xEF',\xF8',\x1F',  
  \x03',\xFF',\xFB',\xFF',\xF8',\x1F',  
  \x01',\xFB',\xFF',\xF3',\xF0',\x1F',  
  \x01',\xFB',\x00',\x03',\xF0',\x1F',  
  \x01',\xFB',\x28',\x03',\xF0',\x1F',  
  \x01',\xF8',\x30',\x43',\xF0',\x1F',  
  \x01',\xF8',\x00',\x43',\xF0',\x1F',  
  \x01',\xFB',\x08',\x03',\xF0',\x1F',  
  \x01',\xFB',\x3F',\x03',\xF0',\x1F',  
  \x01',\xFB',\x71',\x23',\xF0',\x1F',  
  \x01',\xFB',\xF0',\x03',\xF0',\x1F',  
  \x01',\xFA',\x69',\x93',\xF0',\x1F',  
  \x01',\xF8',\x7C',\x1B',\xF0',\x1F',  
  \x01',\xF8',\x40',\x1B',\xF0',\x1F',  
  \x01',\xFE',\x19',\x0B',\xF0',\x1F',  
  \x01',\xFF',\x18',\x0B',\xF0',\x1F',  
  \x01',\xFF',\x9E',\x0B',\xF0',\x1F',  
  \x01',\xFF',\x9F',\x03',\xF0',\x1F',  
  \x01',\xFF',\xCF',\x33',\xF0',\x1F',  
  \x01',\xFA',\x67',\x0B',\xF0',\x1F',  
  \x01',\xF8',\x07',\xE3',\xF0',\x1F',  
  \x01',\xFB',\x33',\xC3',\xF0',\x1F',  
  \x01',\xFA',\x00',\x03',\xF0',\x1F',
```

```

'\x01', '\xFB', '\xC0', '\x73', '\xF0', '\x1F',
'\x01', '\xFB', '\xC3', '\xE3', '\xF0', '\x1F',
'\x01', '\xFB', '\xF7', '\xC3', '\xF0', '\x1F',
'\x01', '\xF9', '\x1F', '\x07', '\xF0', '\x1F',
'\x01', '\xF8', '\x20', '\x0B', '\xF0', '\x1F',
'\x01', '\xFF', '\xFE', '\x3F', '\xF0', '\x1F',
'\x01', '\xFF', '\xFF', '\xFF', '\xF0', '\x1F',
'\x01', '\xFF', '\xFF', '\xFF', '\xF0', '\x1F',
'\x01', '\xFF', '\xFF', '\xFF', '\xF0', '\x1F',
'\x01', '\xFF', '\xFF', '\xFF', '\xE0', '\x1F',
'\x00', '\xFF', '\xFF', '\xFF', '\xE0', '\x1F',
'\x00', '\xFF', '\xFF', '\xFF', '\xE0', '\x1F',
'\x00', '\x7F', '\xFF', '\xFF', '\xC0', '\x1F',
'\x00', '\x3F', '\xFF', '\xFF', '\x00', '\x1F',
'\x00', '\x00', '\x00', '\x00', '\x00', '\x1F',
'\x00', '\x00', '\x00', '\x00', '\x00', '\x1F',
'\x00', '\x00', '\x00', '\x00', '\x00', '\x1F',
'\x00', '\x00', '\x00', '\x00', '\x00', '\x1F',
'\x00', '\x00', '\x00', '\x00', '\x00', '\x1F'
};

```

La aplicación llama las principales tareas, como las de iniciar sistema, abrir buffer para conexión de socket, si no encuentra conexión, muestra mensaje de fallo. En el momento de establecer conexión arma el buffer para dejar listo y orientado a la conexión

```

void main()
{
    static long tout;
    initsystem();
    glPrintf( 0 , 0 , &fi6x8, "BUSCANDO LA RED...");
    tout=0;
    sock_init();
    tcp_open(&sock,0,aton(IP_REMOTA),PUERTO_REMOTO,NULL);
    while(!sock_established(&sock) && sock_bytesready(&sock)==-1) {
        tcp_tick(NULL);
        tout++;
        if(tout==50000){
            tout=0;
            glPrintf( 0 , 0 , &fi6x8, "NO HAY CONEXION  ");
        }
    }
}

```

```

    msDelay(1000);
    break;
}
}
glBlankScreen();
glPrintf( 0 , 0 , &fi6x8, "Empresa");
    glPrintf( 0 , 8 , &fi6x8, "CAVA No 1");
    glPrintf( 0 , 16 , &fi6x8, _PRIMARY_STATIC_IP);
beep(3,100);
tecnico();
beep(3,100);
ajustes();
for (;;) {
    supervision();
}
}

```

La rutina initsystem() inicializa el teclado y todas las funciones del display que serán utilizadas, así como variables que intervienen durante todo el proceso de supervisión.

El estado final será un loop indefinido que permite desarrollar la rutina de supervisión:

```

supervision()
{ auto int i;
    glBlankScreen();
    glBackLight(1);
glPrintf(0,0, &fi6x8, "Buscando Sensores....");
    while(1){
    costate {
        tcp_tick(NULL);
    }
    costate {
        sensores();
        entradas();
        alarmas();
    }
    costate {

```



```

        waitfor(DelaySec(TIEMPO_ENVIO_TRAMA));
        send_packet();
    }
    costate {
        Pantalla_ini();
        waitfor(DelayMs(1000));
        Pantalla_1();
        waitfor(DelayMs(1000));
        Pantalla_1l();
        waitfor(DelayMs(1000));
        Pantalla_2();
        waitfor(DelayMs(1000));
        Pantalla_2l();
    }
    costate{
        waitfor(alment || almenp || almene);
        ledOut(0,1);
        waitfor(DelayMs(500));
        ledOut(0,0);
    }
}
}

```

En esta rutina se aprecia el desarrollo de multitareas que se llevan a cabo con la misma prioridad a través de la función *costate*, cumpliendo con todas las tareas de supervisión.

Las lecturas de los sensores, de las entradas digitales (puerta y energía), el envío de tramas a través del socket ya creado en la conexión con el PC y todas las funciones de visualización de las variables y características que presentan de manera amigable y precisa las condiciones de funcionamiento y alarma de la unidad de enfriamiento

## CONCLUSIONES

- Con la implementación de un sistema de monitoreo constante, confiable, seguro, protegido contra eventuales fallas y supervisado desde un computador local se desarrolló un sistema de gran ayuda para el campo de la salud, orientado a evitar la pérdida de la capacidad inmunizante de las vacunas, ayudando a cumplir con los requisitos de conservación exigidos y utilizando los alcances tecnológicos en beneficio de la comunidad.
- Un gran aporte de este proyecto es que está diseñado para ser utilizado como un sistema central para el desarrollo de aplicaciones de monitoreo y control embebidos, buscando implementar nuevos servicios simultáneamente, con la facilidad de construir sistemas desarrollados en aplicaciones LAN y entornos habilitados para Internet.
- Una característica muy importante que incorpora este proyecto es la utilización de sensores de última generación obteniendo una calidad superior de señal, tiempo rápido de respuesta e insensibilidad a interferencias electromagnéticas, además un diminuto tamaño y bajo consumo de potencia, garantizando confiabilidad, excelente estabilidad a largo plazo, versatilidad, funcionalidad y economía.
- La resolución y la velocidad de muestreo puede ser ajustada por software, según los requerimientos de precisión y conexión que se presenten en el proyecto, con valores entre 8 a 14 bits para la resolución y hasta 10 Mhz de frecuencia máxima, convirtiéndose en un sistema muy versátil y fácil de configurar.
- La interfaz utilizada presenta de manera amigable y precisa las condiciones de funcionamiento y alarma de cada una de las unidades de enfriamiento proporcionando un teclado y display adecuado para la visualización, integrando además puerto Ethernet para cumplir con la conectividad a redes, fácil desarrollo y depuración en lenguaje C y un amplio tamaño de memoria para la implementación de altas cantidades de líneas de código y gran almacenamiento de datos.

- El software Dynamic C utilizado en el proyecto ofrece un desarrollo integrado, útil, adecuado y muy practico para escribir software embebido; además suministra extensiones para lenguaje C que soportan desarrollos de sistemas en tiempo real, desempeñando multitareas cooperativas.
- Se debe tener en cuenta que en el caso de una eventual falla en la conexión a la energía eléctrica, el almacenamiento de los datos medidos es limitado y para una situación de desconexión prolongada el reporte detallado de medición se perdería después de cierto límite, por lo tanto es necesario un respaldo apropiado para dichas situaciones como la activación de plantas eléctricas u otros sistemas similares, con el fin de no perder información y por supuesto no poner en riesgo la calidad de las vacunas.
- Un problema con muchos procesadores de 8 bit es su lenta ejecución y una falta de capacidad para el cálculo numérico. Buena aritmética de coma flotante es una característica importante en la productividad de sistemas más pequeños. Es fácil de resolver muchos problemas de programación, si está disponible una adecuada capacidad de coma flotante. El set avanzado de instrucciones del Rabbit suministra capacidades matemáticas mejoradas para el manejo de coma flotante y enteros.
- Con el desarrollo del proyecto se le da mucha seguridad a los entes de salud para que sus programas de vacunación no presenten ningún inconveniente en la etapa de mantenimiento y manipulación de las vacunas de la cadena de frío.

## **BIBLIOGRAFIA**

[www.who.org](http://www.who.org) (características de las vacunas, cadena de frío)

[www.aventispasteur.com](http://www.aventispasteur.com) (cadena de frío, procedimientos para mantenimiento de las vacunas)

[www.icn.ch](http://www.icn.ch) (condiciones de almacenamiento de las vacunas, cadena de frío)

[www.alfabeta.net](http://www.alfabeta.net) (cadena de frío)

[www.rabbitsemiconductor.com](http://www.rabbitsemiconductor.com) (MINICOM OP6800, microprocesador Rabbit 2000, dynamic C)

[www.sensirion.com](http://www.sensirion.com) (sensor de temperatura y humedad SHT75)

# **ANEXOS**



**ANEXO A. VISTA EXTERNA DEL HARDWARE DE LA INTERFACE**



**ANEXO B: VISTA INTERNA DEL HARDWARE DE LA INTERFACE**

# **Diseño e implementación de una interface para el monitoreo de la cadena de frío para vacunas**

## **Design and implementation of an interface for monitoring of the vaccines cold chain**

Leonidas Romero <sup>1</sup>, Ramón Romero <sup>2</sup> y Yamil Armando Cerquera <sup>3</sup>

### **Resumen**

El proyecto va dirigido a los programas de inmunización que constituyen uno de los aspectos más importantes en la promoción de la salud. Se enfoca en el mantenimiento de la fase de almacenamiento de la cadena de frío para la conservación de las vacunas.

Debido a la característica termosensible de las vacunas, es necesario que su conservación se encuentre entre 2 y 8 °C, afectando en gran medida su efectividad en el caso de producirse errores durante su transporte, almacenamiento y manipulación, por tanto es imprescindible una correcta planificación logística de los programas de inmunización, incluyéndose un sistema de supervisión de las unidades de enfriamiento, en donde se almacenan las vacunas.

Los alcances del sistema de supervisión remota están orientados a asegurar el funcionamiento de cada unidad de enfriamiento, supervisar el valor de la temperatura y humedad relativa en cada unidad en tiempo real e informar sobre las condiciones críticas que acontezcan; identificar el estado de la puerta o compuerta de la unidad, permitiendo establecer el cierre o apertura de la misma; determinar la conexión o desconexión de la energía eléctrica que alimenta la unidad de enfriamiento; proporcionar un panel de visualización práctico y funcional que muestre las condiciones de funcionamiento y un dispositivo de señalización que indique en forma local las condiciones de funcionamiento y de alarma de la unidad de enfriamiento al personal responsable de la supervisión del sistema; proporcionar un sistema de alimentación de emergencia con baterías recargables, de manera que ante eventos de fallas de energía se continúe supervisando el funcionamiento de la unidad, con autonomía de 2 horas y con respaldo de la información en memoria no volátil.

*Palabras clave:* Humedad Relativa; Temperatura; Vacunas; Cadena de frío; Monitoreo; Sensor SHT 75; Interface OP6800

### **Abstract**

The project is intended for the immunization program which is one of the most important aspects in health promotion. It focuses on the maintenance of the storage phase of the cold chain for the preservation of vaccines.

Because of the thermal characteristic of vaccines, it is necessary that its preservation is between 2 to 8 °C, greatly affecting its effectiveness when errors occur during transport, storage and handling, so it is essential a proper logistical planning of immunization programs, including a monitoring system for the cooling units, where the vaccines are stored.

The scope of the remote monitoring system are designed to ensure the operation of each cooling unit, monitoring the value of the temperature and relative humidity in each unit in real-time and reporting the critical conditions that may occur; identifying the state of the door or gate of the unit knowing the closure or opening, determining the connection or disconnection of electric power that feeds the cooling unit; providing a practical and functional display panel that shows operating conditions and a signaling device to indicate on a local way the operating and warning conditions of the cooling unit to the staff in charge of overseeing the system; providing a power system backing with rechargeable batteries, so that when the power failures occur, the system continues monitoring the operation of the cooling unit, with autonomy of 2 hours and backing the information up in nonvolatile memory.

*Keywords:* Relative Humidity; Temperature; Vaccines; Cold Chain; SHT 75Sensor; OP6800 Interface

<sup>1</sup> Ingeniero Electrónico. Universidad Surcolombiana. Avenida Pastrana Carrera 1ª - Neiva . [ljpablo@hotmail.com](mailto:ljpablo@hotmail.com)

<sup>2</sup> Ingeniera Electrónica. Universidad Surcolombiana. Avenida Pastrana Carrera 1ª - Neiva. [rjmemo@hotmail.com](mailto:rjmemo@hotmail.com)

<sup>3</sup> Ingeniero Agrícola. Especialista en Sistemas. Docente Universidad Surcolombiana. Avenida Pastrana Carrera 1ª - Neiva. [yacerque@gmail.com](mailto:yacerque@gmail.com)



## 1. Introducción

Gracias al avanzado desarrollo de la Electrónica y su importante campo de acción, se constituye en una de las herramientas más poderosas y confiables para la atención y cubrimiento de una de las necesidades básicas del ser humano como es la promoción de la salud. La prevención de las enfermedades infecciosas mediante las vacunas constituye uno de los aspectos de mayor importancia.

Entre las enfermedades infecciosas de interés en salud pública, hay algunas para las que no existe un tratamiento específico, pero que pueden ser prevenidas eficazmente mediante la vacunación y otras que disponen de terapia específica, pero cuya eficacia no es absoluta, lo que refuerza el papel de las inmunizaciones.

Se reconoce en general que los programas de inmunización son uno de los tipos de intervención de salud más eficaces. Sin embargo, para muchos países las prácticas seguras de inyección y la calidad de las vacunas son un problema importante. El sistema de la cadena del frío puede ayudar a resolver este problema. (CIE,2009)

Se denomina cadena o red de frío al sistema de conservación, manejo, transporte y distribución de las vacunas que permite conservar su eficacia desde su salida del laboratorio fabricante hasta el lugar donde se va a proceder a su administración.(MPSP,2005)

Con el sistema de la cadena del frío puede ser mayor la calidad, la seguridad y la eficacia de los programas de inmunización en curso. El único método que en la actualidad permite garantizar la eficacia protectora de una vacuna desde su elaboración hasta su administración, es el mantenimiento de la cadena de frío.

Debido a que la efectividad de las vacunas puede verse afectada por múltiples factores como luz, temperatura, humedad, que pueden ocasionar la pérdida de su capacidad inmunizante de forma irreversible y aumentándose con el tiempo de exposición a dichos factores(Thakker,1992); se hace necesario un sistema de monitoreo que permita supervisar de una manera constante, confiable y segura las condiciones de conservación durante todo el proceso.

Según distintos estudios realizados, se responsabiliza a la inadecuada conservación y manipulación de las vacunas como la posible causa de casos de sarampión en personas inmunizadas en Canadá(Steinmetz,1983), se argumentaba que la existencia de deficiencias en el mantenimiento de la cadena del frío puede ser considerada como una de las cinco posibles causas del brote de difteria en la antigua Unión Soviética en 1990(Chen,2000); y más recientemente Gold en Australia detectó un incremento considerable de los costes de una campaña de vacunación de adultos frente a tétanos y difteria, debido a la congelación de los preparados por un incorrecto almacenamiento de los mismos(Gold,1998).

El único método que en la actualidad permite garantizar la inmunogenicidad y eficacia protectora de una vacuna desde su elaboración hasta su administración, es el mantenimiento de la cadena del frío. Este proceso comprende un sistema de conservación estable y controlado (temperatura idónea), manejo, transporte y distribución de las vacunas, con la prioridad de conservar su eficacia desde su salida del laboratorio fabricante hasta el lugar donde se va a efectuar la administración, garantizando que sean conservadas a la temperatura adecuada y evitar su deterioro.

Actualmente, en la mayoría de los establecimientos destinados para la importante fase de almacenamiento de la cadena de frío, se presentan diferentes factores que de una u otra forma constituyen un alto riesgo en contra de las condiciones adecuadas de conservación de las vacunas.

Algunos factores son:

- La baja frecuencia en la toma de los valores de temperatura y humedad, que se realiza 2 veces/día, una toma en las horas de la mañana y otra en las horas de la tarde, teniéndose un reporte inapreciable de los posibles

cambios repentinos de estas variables, que sin una oportuna corrección llevaría a una regulación fuera de los límites permitidos.

- La precisión de los elementos utilizados para la medición, debido a que se hace con medidores análogos, que aunque entregan resultados aceptables, presentan fallas en su calibración y en la resolución para el muestreo.
- El error humano en la toma de las mediciones, debido a que las apreciaciones del valor mostrado están sujetas a la relativa agudeza de los sentidos del personal destinado para tal fin.
- No se lleva un reporte detallado y continuo en el tiempo de la supervisión de las mediciones y condiciones exteriores e interiores de la unidad de enfriamiento.

## 2. Metodología

El proyecto se desarrolla en tres partes principales una Interface con el Usuario, un Sistema Central y un sistema de sensores, como se muestra en el diagrama de bloques de la Figura 1:

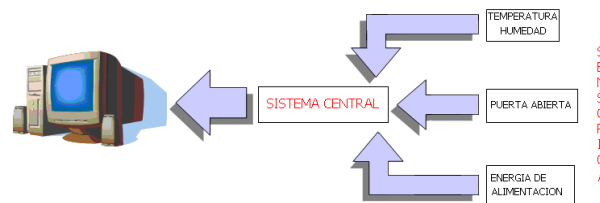


Fig.1 diagrama de bloques del proyecto

### 2.1 Interface con el usuario

El usuario manejará desde un computador personal todos los datos medidos desde el Sistema Central, podrá realizar con estos todo tipo de informes mostrando todo lo ocurrido con las diferentes variables que se están midiendo temperatura, humedad relativa, energía de alimentación de la nevera y tiempo en el que transcurre abierta o cerrada la nevera.

#### 2.1.1 Programas utilizados para la interface

Se utilizan dos programas para guardar las bases de datos y hace parte de las especificaciones con que el proyecto se desarrolla, Excel y Access; y el programa utilizado para el dialogo con el usuario se realiza en Visual Basic.

**Excel:** este programa es utilizado para almacenar todos los datos separados en carpetas y por años para que cualquier persona pueda tener acceso a ellos y sea de muy fácil utilización.

**Access:** este programa es utilizado para almacenar, igual que el anterior, todos los datos pero con la diferencia que todos estos quedarán en una sola base de datos, el programa principal utilizado para el diálogo con el usuario hecho en Visual Basic es el que va tener acceso a esta base de datos, por facilidad y mayor eficiencia del programa con el se podrán hacer las diferentes gráficas e informes de cualquier fecha solicitada por el usuario final que lo requiera.

**Visual Basic:** con este programa se realiza toda la ambientación y diálogo con el usuario, desde el momento que se ejecuta este comienza a mostrar las mediciones que en ese mismo instante está realizando el Sistema Central. En este aparecen las diferentes variables fecha, hora, apertura de la puerta de la nevera, energía de alimentación de la

nevera, humedad relativa, temperatura y las diferentes alarmas para cada una de las variables que se están midiendo.



Fig. 2 Pantalla de monitoreo-interface con el usuario

Para poder realizar cualquier tipo de informe y gráfica de los datos medidos para cualquier periodo de tiempo solicitado por el usuario este debe ingresar una clave para darle seguridad a los datos medidos y que solo el encargado de supervisar el sistema tenga acceso a este. Dentro del menú hay dos tipos de clientes que pueden tener acceso, el administrador y el usuario. El administrador es el que tiene acceso al programa principal y hacerle cualquier tipo de modificación, este tiene acceso para hacer cualquier tipo de ajuste si el programa falla, es el que hace la asistencia. El Usuario es el que tiene acceso solo a la parte de supervisión al monitoreo y los diferentes informes que solicite.

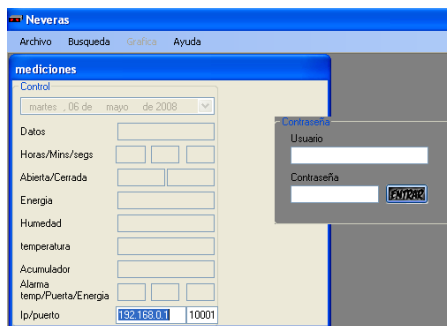


Fig. 3 Pantalla de acceso del usuario

Después de tener acceso ya es posible solicitar cualquier tipo de informe y gráfica respecto al periodo solicitado por el usuario. Este menú contiene las opciones para escoger el periodo del cual se requiere el informe, la vista previa de la hoja a imprimir, la opción de imprimir y la opción de configurar la página que se va imprimir.

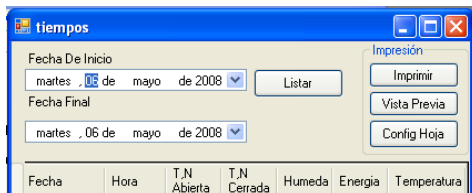


Fig. 4 Pantalla de solicitud de informe

Después de dar el periodo del informe que se quiere este muestra todos los datos obtenidos en la pantalla y también muestra las gráficas para cada una de las variables medidas, dentro de cada gráfica se puede dar la opción de hacer

zoom y ver con mayor claridad las mediciones, así como también si se pone el ratón sobre cada uno de los puntos medidos se observa el valor medido.

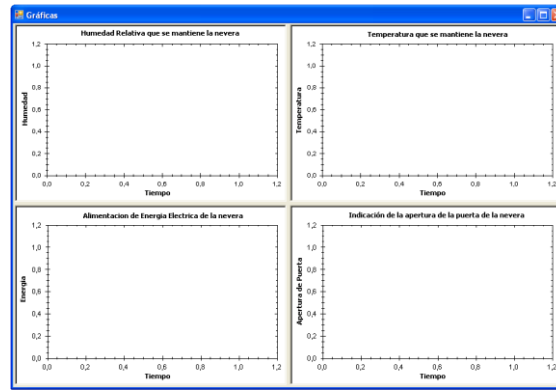


Fig.5 Gráficas presentadas para los informes

## 2.2 Sistema central

Toda la operación central del proyecto la realiza el sistema de desarrollo de Rabbit semiconductor. Específicamente utilizamos la interface programable OP6800 que ofrece conectividad Ethernet y un procesamiento de datos basado en el microprocesador Rabbit 2000

### 2.2.1 Ventajas del procesador Rabbit 2000

- La arquitectura abierta del Rabbit hace que sea fácil de diseñar un sistema de hardware, con una gran cantidad de puertos serie y se puede comunicar muy rápidamente.
- Las Interrupciones pueden tener varias prioridades.
- La velocidad del procesador y el consumo de energía están bajo control del programa.
- El Rabbit se puede utilizar para crear un periférico inteligente o un procesador esclavo. Por ejemplo, pilas de protocolos puede ser cargadas a un Rabbit esclavo. El master puede ser cualquier procesador.
- En el se puede escribir software muy importante, ya sean 1000 o 50000 líneas de código C. Las herramientas están y son de bajo costo.
- Si se conoce sobre el Z80 o Z180, se conoce la mayor parte del Rabbit.
- El excelente rendimiento de coma flotante se debe a las librerías de código muy reducido y una capacidad de procesamiento poderosa.
- El puerto de programación de 10 pines elimina la necesidad de emuladores de circuito. Un simple conector de 10 pines puede ser usado para descargar y depurar software usando el software Dynamic C y una simple conexión a un puerto serial del PC.
- El Chip de Rabbit está hecho para soportar condiciones extremas de temperatura y voltaje.

### 2.2.2 Ventajas de la Interface OP6800

- Gran desempeño usando un microprocesador central completamente ingeniado y apropiado para muchas aplicaciones.
- Precios competitivos en comparación con la alternativa de comprar y el montar los componentes individuales.
- Fácil desarrollo y depuración de programas en lenguaje C, incluyendo la rápida y sencilla producción de programas.

- Amplio tamaño de la memoria permite a programas grandes con decenas de miles de líneas de código, y gran almacenamiento de datos.
- Puerto Ethernet integrado para la conectividad de red, libre de licencias de software TCP/IP.

### 2.3 Sistema de sensores

Debido a que la efectividad de las vacunas puede verse afectada por muchos factores, es estrictamente necesario que estas sean sometidas a una supervisión lo mas precisa y continua que sea posible; lográndose con una selección adecuada del sistema de sensores con los parámetros requeridos para una buena medición, que incluye precisión, exactitud y buena resolución. El sensor utilizado para este proyecto es el SHT75 de Sensirion.

#### 2.3.1 Por qué utilizar sensores de humedad y temperatura de Sensirion?

Los sensores de humedad Sensirion son sensores de tipo capacitivo y por tanto, tienen ventajas en comparación con los sensores de tipo resistivo. Sensores de tipo resistivo sólo se puede utilizar en entornos de no-condensación, no funcionan en los niveles de humedad relativa por debajo del 20% y no muestran la misma buena estabilidad a largo plazo como los capacitivos.

Los sensores de humedad y temperatura de la familia SHTxx son la elección perfecta para medir la humedad relativa y la temperatura por varias razones. Estos sensores están calibrados y por tanto, le permiten ahorrar costes en su proceso de producción. Son de tipo capacitivo alta calidad, muy pequeños, cubren todo el rango de medición de 0 a 100% de humedad relativa y son totalmente sumergibles. Además, el sensor tiene una interfaz digital, que le hace muy fácil de integrar. Al ser un dispositivo de bajo costo, es muy adecuado para productos de alto volumen. En resumen, se trata de una combinación única de precio y calidad.

En la gráfica siguiente se muestra la máquina de estados en la cual se puede observar cada uno de los modos de operación del SHT75.

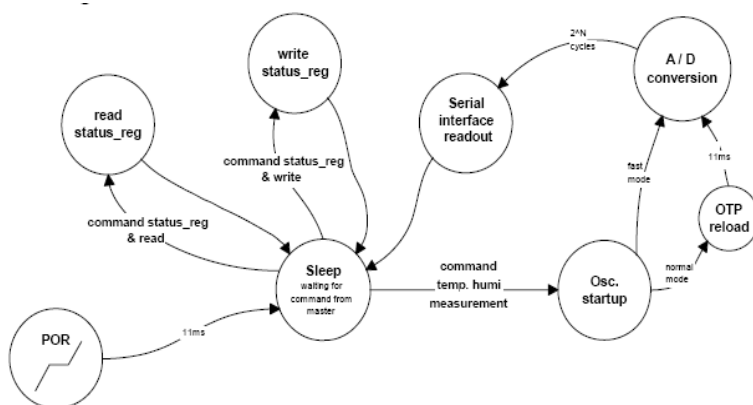


Fig. 6 Máquina de estados para el funcionamiento del sensor(Sensirion,2006)

Tomando un estado inicial inactivo, y desde donde parten todas las acciones a realizarse. Desde leer o escribir al registro de estados cumpliendo primero con el envío del comando que indica el destino y la acción que realizará en dicho registro.

En este diagrama también se encuentran los procedimientos que conducen a la medición de las variables de temperatura y humedad relativa, enviando inicialmente el comando de medición de la variable correspondiente, con sus respectivos reconocimientos de envío y recepción, tomando en cuenta los tiempos necesarios para la conversión analógica-digital y la presentación final de los datos medidos a través de la interfaz de dos hilos y terminándose la

comunicación por parte del controlador maestro, quien es el responsable de toda la gestión y sincronización de todos los procesos. Finalmente el sensor vuelve a su estado inicial de inactividad esperando un nuevo evento de medición requerido.

### 3. Resultados

#### 3.1 Software para la interface OP6800

El software implementado para el OP6800, fue desarrollado en un código en lenguaje C que se compilará y enlazará a través de Dynamic C para luego ser descargado y ejecutado en el sistema objetivo, el OP6800, a través del puerto serial de programación.

Este programa aplica los siguientes conceptos:

- Display gráfico 122x32
- Teclado 1x7
- Medición de temperatura y humedad SHT75
- Conexión TCP/IP
- Entradas digitales (Puerta y Energía)

El OP6800 se encargará de controlar todos los periféricos, incluyendo las entradas y salidas digitales como el display, el teclado y las señales digitales correspondientes a la puerta y la energía.

También controlará la sincronización y el flujo de datos propios de la comunicación que se establece para la lectura de las variables físicas de temperatura y humedad provenientes de las mediciones efectuadas por el sensor SHT75.

De igual forma el OP6800 será el responsable de la conexión con el computador destinado para el servicio de supervisión en forma remota, utilizando una aplicación dedicada para este efecto.

Para cumplir con todas estas funciones y vigilar todos estos procesos el OP6800 debe distribuir las rutinas de control en forma apropiada, es decir debe crearse una rutina principal en tiempo real, que administre tiempos de ejecución de cada tarea, para esto se utilizan ciertas funciones propias del Dynamic C que permite llevar a cabo multitareas de forma rápida, segura y efectiva.

La IP remota y el puerto remoto son parámetros importantes para establecer la conexión TCP/socket con el PC. La conexión TCP/socket se realiza en general mediante tres pasos entre un cliente y un servidor. La siguiente es una explicación simplificada de este proceso.

- El cliente solicita una conexión mediante el envío de un segmento TCP con el bit de control de sincronización.
- El servidor responde con su propio segmento de sincronización que incluye la información de identificación que fue enviada por el cliente en el primer segmento de sincronización.
- El cliente reconoce el segmento de sincronización del servidor.

La conexión es entonces establecida y es identificada únicamente por cuatro números llamados socket o par socket:

(dirección IP de destino, número de puerto de destino) (dirección IP de origen, número de puerto de origen)

Durante la fase de configuración de la conexión, estos valores se introducen en una tabla y se guardan mientras dura la conexión.

La aplicación llama las principales tareas, como las de iniciar sistema, abrir buffer para conexión de socket, si no encuentra conexión, muestra mensaje de fallo. En el momento de establecer conexión arma el buffer para dejar listo y orientado a la conexión.

Una rutina especial inicializa el teclado y todas las funciones del display que serán utilizadas, así como variables que intervienen durante todo el proceso de supervisión.

El estado final será un loop indefinido que permite desarrollar la rutina de supervisión. En esta rutina se aprecia el desarrollo de multitareas que se llevan a cabo con la misma prioridad a través de la función *costate*, cumpliendo con todas las tareas de monitoreo, tales como, las lecturas de los sensores, de las entradas digitales (puerta y energía), el envío de tramas a través del socket ya creado en la conexión con el PC y todas las funciones de visualización de las variables y características que presentan de manera amigable y precisa las condiciones de funcionamiento y alarma de la unidad de enfriamiento.

#### **4. Conclusiones**

Con la implementación de un sistema de monitoreo constante, confiable, seguro, protegido contra eventuales fallas y supervisado desde un computador local se desarrolló un sistema de gran ayuda para el campo de la salud, orientado a evitar la pérdida de la capacidad inmunizante de las vacunas, ayudando a cumplir con los requisitos de conservación exigidos y utilizando los alcances tecnológicos en beneficio de la comunidad.

Un gran aporte de este proyecto es que está diseñado para ser utilizado como un sistema central para el desarrollo de aplicaciones de monitoreo y control embebidos, buscando implementar nuevos servicios simultáneamente, con la facilidad de construir sistemas desarrollados en aplicaciones LAN y entornos habilitados para Internet.

Una característica muy importante que incorpora este proyecto es la utilización de sensores de última generación obteniendo una calidad superior de señal, tiempo rápido de respuesta e insensibilidad a interferencias electromagnéticas, además un diminuto tamaño y bajo consumo de potencia, garantizando confiabilidad, excelente estabilidad a largo plazo, versatilidad, funcionalidad y economía.

Se debe tener en cuenta que en el caso de una eventual falla en la conexión a la energía eléctrica, el almacenamiento de los datos medidos es limitado y para una situación de desconexión prolongada el reporte detallado de medición se perdería después de cierto límite, por lo tanto es necesario un respaldo apropiado para dichas situaciones como la activación de plantas eléctricas u otros sistemas similares, con el fin de no perder información y por supuesto no poner en riesgo la calidad de las vacunas.

#### **5. Bibliografía**

CIE,2009. La Cadena del Frío Para las Vacunas: Mantener los Enlaces del Frío. <http://www.icn.ch>

Chen RT, Hardy IR, Rodhes PH, Tyshchenko DK, Moiseeva AV, Marievsky VF, 2000. Ukraine, 1992: First Assessment of Diphtheria Vaccine Effectiveness During the Recent Resurgence of Diphtheria in the Former Soviet Union. 78-83.

Gold MS, Kemp AE, Ousbourn M,1998. Counting the Cost of Disrupting the Vaccine Cold Chain. 168.

MPSP,2005.Generalidades en Vacunas. <http://www.mpsp.org/mpsp/Boletines/Boletin1/genevacu.htm>

Rabbit Semiconductor, 2006. MiniCom (OP6800) User's Manual. [www.rabbitsemiconductor.com](http://www.rabbitsemiconductor.com)

Sensirion,2006. Application Note Status Register. [www.sensirion.com](http://www.sensirion.com)

Steinmetz N, Furesz J, Reinhold C, Yarosh W,1983. Storage Conditions of Live Measles, Mumps and Rubella Virus Vaccines in Montreal. 128.

Thakker Y, Woods S, 1992. Storage of Vaccines in the Community: Weak Link in the Cold Chain? BMJ.304.