

Alerta de Desborde de Ríos y Consulta de Parámetros de Humedad y Temperatura Vía SMS

Alert Overflowing Rivers and Consult Humidity and Temperature Parameters by SMS

Richard Junior Manuel Godínez Tello¹, Luis Arellano Zea²

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

Resumen— En el presente trabajo se presenta el desarrollo de un módulo de telemetría basado en la red de telefonía móvil GSM (*Global System Mobile*) con el fin de alertar a una persona o grupo de personas ante el posible desborde de un río, y permitir la consulta de los parámetros de temperatura y humedad relativa vía mensaje de texto ó SMS (*Short Message Service*). Para la medición del nivel de agua se utilizó tecnología de ultrasonido y para la medición de la humedad y temperatura el sensor digital SHT-11. Las pruebas en campo fueron realizadas en el distrito de Chaclacayo, en el trayecto de las aguas del Río Rímac obteniendo resultados satisfactorios de operación del módulo. Finalmente, se comprobó que la relación que existe entre la humedad relativa y la temperatura del medio ambiente son inversamente proporcionales, denominándose factor Índice de Calor.

Abstract— This paper presents developing a telemetry module based on the mobile phone network GSM (*Global System Mobile*) to alert a person or group of people about the possible overflow of a river, and allow to consult the parameters of temperature and relative humidity by text message or SMS (*Short message Service*). To measure the water level has been used ultrasound technology, and the digital sensor SHT-11 to measure humidity and temperature. Field tests were conducted in the district of Chaclacayo, in the course of the Rímac River with satisfactory results of operation of the module. Finally, it was found that the relationship between relative humidity and environmental temperature are inversely proportional, denominating factor Heat Index.

Palabras claves— GSM, humedad, microcontrolador,

SMS, temperatura, ultrasonido.

Key Words— GSM, humidity, microcontroller, SHT-11, SMS, temperature, ultrasound.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, ante los graves sucesos que trae consigo el calentamiento global de la tierra, miles y millones de personas ven afectada su integridad física frente a los cambios climáticos y los desastres naturales que en consecuencia son generados por éstos. Los incendios forestales, los huaycos, las heladas, las fuertes precipitaciones y por consiguiente el desbordamiento de ríos traen consigo muerte y destrucción. A su vez los países ven afectado su sistema económico debido a las millonarias pérdidas en términos de producción y bienes.

En el caso del continente americano se considera a las inundaciones como la segunda mayor catástrofe hidrometeorológica desde el punto de vista económico según el reporte de la Federación Internacional de la Cruz Roja y Medias Lunas del año 2009. Sin embargo, desde el punto de vista del número de desastres reportados, se encuentra en la primera ubicación desde el año 1999 al 2008 en el mundo [1].

En el ámbito peruano, desde el año 2003 al 2008, se han registrado alrededor de 1'451,251 personas afectadas por lluvias intensas e inundaciones en conjunto, convirtiéndose así en el segundo desastre natural en el Perú después de las heladas [2].

El presente trabajo busca contribuir como una solución ante el posible desborde de un río, aplicando medición de nivel de agua mediante tecnología de ultrasonido y que a su vez el sistema sirva para realizar

¹ Richard Junior Manuel Godínez Tello, e-mail: rgodinez85@gmail.com

² Luis Arellano Zea, e-mail: luis.arellano09@gmail.com

Recepción: Marzo 2011/Aceptación: Mayo 2011

consulta de los parámetros de temperatura y humedad relativa. Para ello se ha desarrollado un módem GSM que realizará la comunicación entre terminales, para tal fin el microcontrolador PIC18F4550 será el encargado del procesamiento de las variables y la gestión de transmisión-recepción de las señales por medio de comunicación serial haciendo uso de los comandos AT. Es preciso resaltar que el sensor SHT-11 de la marca Sensirion fue utilizado para la medición de los parámetros de humedad y temperatura.

II. COMPONENTES DEL SISTEMA

A continuación se describen los cuatro componentes básicos empleados en el sistema:

A. Medición de nivel de agua

Para medir el nivel de agua se utilizó el módulo de ultrasonido modelo HFK-TS601. Para tener una mejor idea del funcionamiento del sensor, se señala que el componente básico de éste es una lámina circular de un material piezoeléctrico. El piezoeléctrico tiene la propiedad de cambiar sus dimensiones cuando se aplica una tensión, provocando una vibración mecánica amortiguada. Este mismo material presenta también el fenómeno inverso, cuando recibe una vibración mecánica, la variación de presión produce un voltaje entre sus caras. La frecuencia de vibración que produce el material piezoeléctrico está en función de la geometría y las propiedades del material de la que está compuesta. Cuando la vibración del piezoeléctrico es superior a los 20,000 Hz (ciclos/segundo), decimos entonces que emite una onda de ultrasonido (tomando como referencia la banda auditiva del oído humano) [3].

Este módulo tiene un rango de alcance entre 0.03 - 3 metros, transforma los datos a impulsos con diferente tiempos de duración, mediante el uso del PIC16F54, y luego ser amplificado a través de una serie de amplificadores operacionales.

El proceso de medición del nivel es como sigue: el microcontrolador PIC18F4550 emite un pulso de 5us a través del terminal SIG (terminal de entrada/salida del HFK-TS601) del módulo, luego la señal cae a cero voltios durante un tiempo T2, pasado este tiempo el módulo transmite una señal de ultrasonido de 40 KHz, el nivel lógico del terminal SIG se pone en bajo cuando el receptor recibe la señal de eco. El tiempo T3 dependerá de la distancia entre el objeto (en nuestro caso nivel de agua) y el módulo. Después de 18.5 ms, el nivel alto se pone en bajo en caso de no encontrar

obstáculo en el rango de 3 metros. Finalmente, el microcontrolador mide la distancia a partir del ancho de pulso que retorna al módulo. Todo este proceso es detallado en la Fig. 1. y la Tabla I.

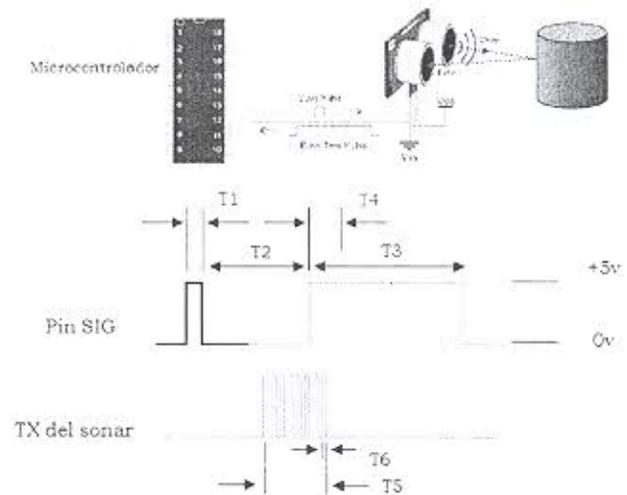


Fig. 1. Gráfico de tiempos de sensoramiento de nivel por ultrasonido a través del módulo HFK-TS601.

TABLA I
TIEMPOS DE SENSORAMIENTO DEL MÓDULO HFK-TS601.

| Linea | Dispositivo | Descripción | Simbolo | Tiempos |
|-------|------------------|--|---------|-----------------------------|
| — | PIC | Tiempo de disparo (trigger) | T1 | 2us (min). 5us recomendable |
| — | Módulo HFK-TS601 | Eco en bajo | T2 | 200 us |
| | | Eco de Máximo ancho de pulso | T3 | 18.5 ms |
| | | Eco de Mínimo ancho de pulso | T4 | 115 us |
| | | Tiempo total de ráfagas | T5 | 200 us @ 40 KHz |
| | | Tiempo de cada ráfaga | T6 | 25 us |
| | | Retardo antes de la siguiente medición | | 200 us |

La velocidad de una onda de ultrasonido en el aire es independiente de la presión atmosférica y está en función de la raíz cuadrada de la temperatura. La velocidad será mayor en un medio húmedo que en seco, debido a que los pesos moleculares de los gases que constituyen la atmósfera son mayores que los del vapor de agua. Asimismo, la velocidad de propagación no depende de la frecuencia de oscilación del transductor para bajas frecuencias. La variación de velocidad puede ser alta respecto a la temperatura. La ecuación (1) es una aproximación lineal a la velocidad (en m/s) y temperatura T (en grados centígrados), en

$$c(T) = V_0 + 0.607 \times T \quad (1)$$

donde V_0 es la velocidad de propagación de la onda sonora a cero grados centígrados de temperatura (331.5 m/s). La humedad juega un rol menor en la velocidad del sonido ya que genera una variación menor al 0.6% de la velocidad en todo el rango de temperatura de operación [4].

B. Medición de temperatura y humedad relativa

Puesto que la humedad relativa es una variable compleja cuyos valores son afectados por la temperatura, se ha propuesto el uso del sensor digital de humedad y temperatura SHT-11, el cual nos ofrece una resolución de 14 bits para la temperatura y de 8 a 12 bits para la humedad, pudiéndose elegir el tipo de resolución más baja si se necesita un menor tiempo de respuesta del sensor, también es capaz de realizar compensación de la humedad con los valores de temperatura. Para el presente trabajo se ha utilizado 12 bits de resolución en el cálculo de la humedad relativa.

Para la compensación no lineal del sensor de humedad y a fin de obtener exactitud en la medición es recomendable convertir la lectura de humedad (SO_{HR}) en la ecuación (2), utilizando los coeficientes dados en la Tabla II [5].

$$HR_{Lineal} = c_1 + c_2 \cdot SO_{HR} + c_3 \cdot SO_{HR}^2 (HR\%) \quad (2)$$

TABLA II
COEFICIENTES DE CONVERSIÓN PARA HUMEDAD RELATIVA LINEAL.

| SO_{HR} | $c1$ | $c2$ | $c3$ |
|-----------|---------|--------|------------|
| 12 bit | -2.0468 | 0.0367 | -1.5955E-6 |

Para temperaturas significativamente diferentes a 25 °C (~77 °F), la señal de humedad requiere compensación de temperatura. La ecuación (3) representa el valor real de humedad relativa compensada y los valores de los coeficientes son mostrados en la Tabla III.

$$HR_{Real} = (T_c - 25) \cdot (t_1 + t_2 \cdot SO_{HR}) + HR_{Lineal} \quad (3)$$

TABLA III
COEFICIENTES PARA COMPENSACIÓN DE HUMEDAD CON TEMPERATURA

| SO_{RH} | $t1$ | $t2$ |
|-----------|------|---------|
| 12 bit | 0.01 | 0.00008 |

El sensor SHT-11 utiliza un sensor capacitivo para la medición de la humedad relativa mientras que para la temperatura hace uso de un sensor de Banda Prohibida. Ambos sensores son perfectamente

acoplados a un convertidor análogo digital de 14 bits y a un circuito de interface serial, el modo de conexión al PIC18F4550 es mostrado en la Fig. 2.

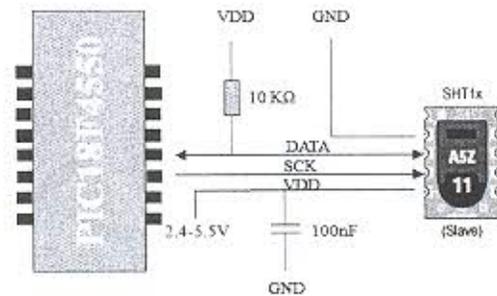


Fig. 2. Conexión del sensor SHT-11 al PIC18F4550.

C. Módem GSM/GPRS/GPS

El desarrollo del módulo de telemetría de GSM/GPRS/GPS al que se le denominó “UBSAT” (por sus siglas, UBicación SATelital) nos llevó a una serie de mejoras a lo largo de su desarrollo [6], teniendo como componente principal el módulo de GSM/GPRS y GPS/SIM548C, productos de SIM Technology. El SIM548C es cuatri-banda y trabaja en las frecuencias EGSM 900 MHz/DCS 1800 MHz y GSM 850 MHz/PCS 1900 MHz.

El módem diseñado se comunica de forma serial al microcontrolador a 4800 baudios a través de comandos AT, éstos últimos conforman instrucciones codificadas indispensables para la generación de llamadas y mensajes de texto. La Fig. 3 y Fig. 4 muestran el diagrama de bloques y el aspecto físico del módem, respectivamente.

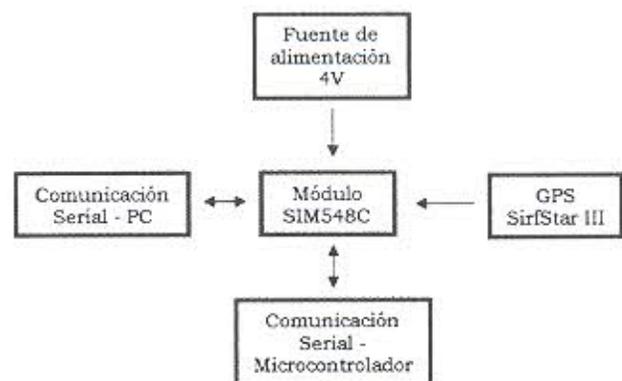


Fig. 3. Diagrama de bloques del módem “UBSAT”.

D. Módulo de procesamiento de parámetros

El módulo de procesamiento está referido al circuito encargado de la medición de los parámetros de humedad, temperatura y distancia, adicionalmente de gestionar las señales de transmisión y recepción a través de la red GSM.

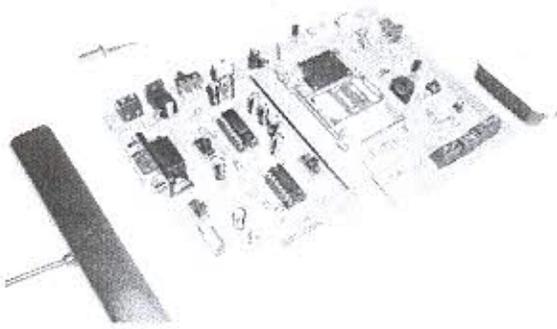


Fig. 4. Módulo de telemetría GSM/GPRS/GPS "UBSAT".

El PIC18F4550 es el componente principal del módulo de procesamiento y como se comentó anteriormente, establece la comunicación serial con el módem de GSM del tipo pregunta-respuesta. La Fig. 5 y la Fig. 6 muestran el diagrama de bloques y el aspecto físico del módulo, respectivamente.

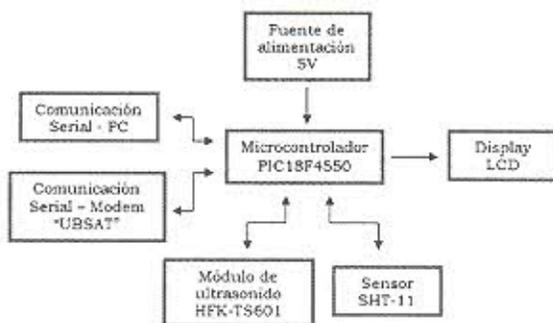


Fig. 5. Diagrama de bloques del módulo de procesamiento de parámetros.

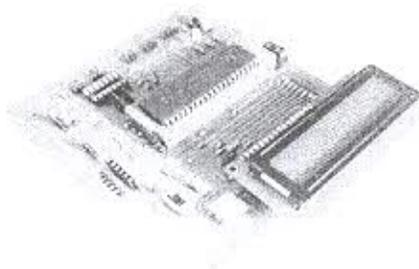


Fig. 6. Módulo de procesamiento con el PIC18F4550.

III. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

El sistema de telemetría presentado posee dos funciones definidas: de alerta ante el inminente peligro de desborde de un río y la de realizar consulta de los parámetros de humedad y temperatura del lugar bajo monitoreo. Para esto fue necesario definir las características del sistema. Para la experimentación se buscó lugares donde el río esté debidamente encausado tal que las variaciones del ancho sea lo menor posible y así obtener un registro muy sensible de la variación del nivel de agua y se garantice la medición real de las variaciones de nivel, la que es fácilmente observable en el entorno de los puentes con estructura base de cemento. Sabiendo que el rango de medición máximo de la distancia es de 3 metros, se calibró el sensor para dos metros de tolerancia como rango posible ante una posible creciente de río, esto quiere decir que en caso de registrar un nivel mayor o igual a un metro el sensor emitirá el valor medido enviándolo al módulo de procesamiento para emitir la señal de alerta, la misma que se realiza efectuando timbradas de llamada al teléfono móvil del usuario a fin de que el proceso se realice en tiempo real y seguidamente, se genere el envío de un mensaje de texto indicando peligro de desborde. En el caso de realizar consulta de parámetros, el usuario u operador de la central de emergencia o monitoreo enviará una timbrada al módem, el módulo de procesamiento interrumpirá su proceso de medición y registrará el último dato de medición de cada uno de los sensores a fin de enviarlos al terminal celular remoto mediante un mensaje de texto. La Fig. 7 muestra el rango total de medición del módulo de ultrasonido, indicando en la escala los rangos permisibles y de peligro para la generación de la señal de alerta.



Fig. 7. Escala de medición permisibles y alerta de peligro.

En la Fig. 8 se muestra el diagrama general de la estructura de los componentes del sistema.

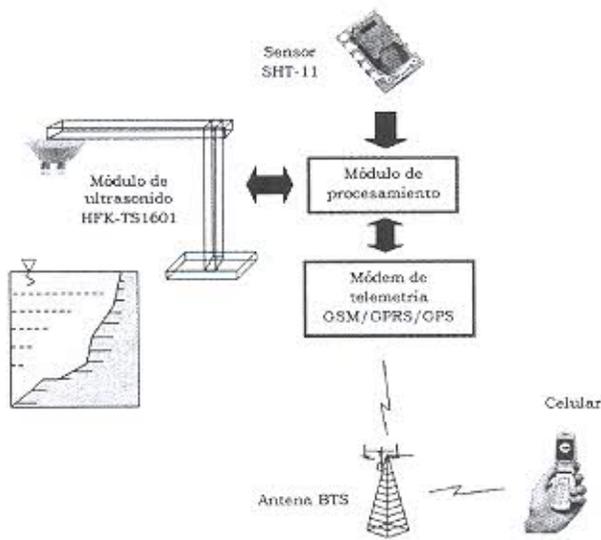


Fig. 8. Diagrama general del sistema.

IV. DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PROGRAMACIÓN

Las funciones de alerta y consulta están codificadas dentro de la programación del microcontrolador, en ella la medición de nivel de agua es el factor determinante para pasar de un modo a otro. En el caso de que el nivel de medición registrado sea menor a 1 metro, el sistema se pondrá en el modo de alerta, y realizará timbradas al usuario, luego registrará todas las mediciones y enviará un mensaje de texto indicando peligro.

En el modo consulta, si el usuario realiza una timbrada al módulo GSM, éste genera una sentencia denominada RING que es transmitida por el puerto serial al microcontrolador, quien posee una función de lectura de caracteres. Dicha lectura de caracteres está limitada a reconocer la palabra RING, garantizando así que la señal está referida a la timbrada de un terminal remoto. El diagrama de flujo mostrado en la Fig. 9 detalla las acciones del proceso.

V. ADQUISICIÓN DE SEÑALES DE CAMPO

Las pruebas realizadas en el campo se efectuaron en el río Rímac, teniendo como referencia la proximidad al puente "Los Ángeles" en el distrito de Chaclacayo, aproximadamente a una hora de Lima Metropolitana. Se registraron 180 datos con el módulo de

procesamiento de parámetros, cada uno con intervalos de 10 segundos, obteniendo las gráficas de medición de distancia, humedad y temperatura, las cuales son presentadas en la Fig. 10.

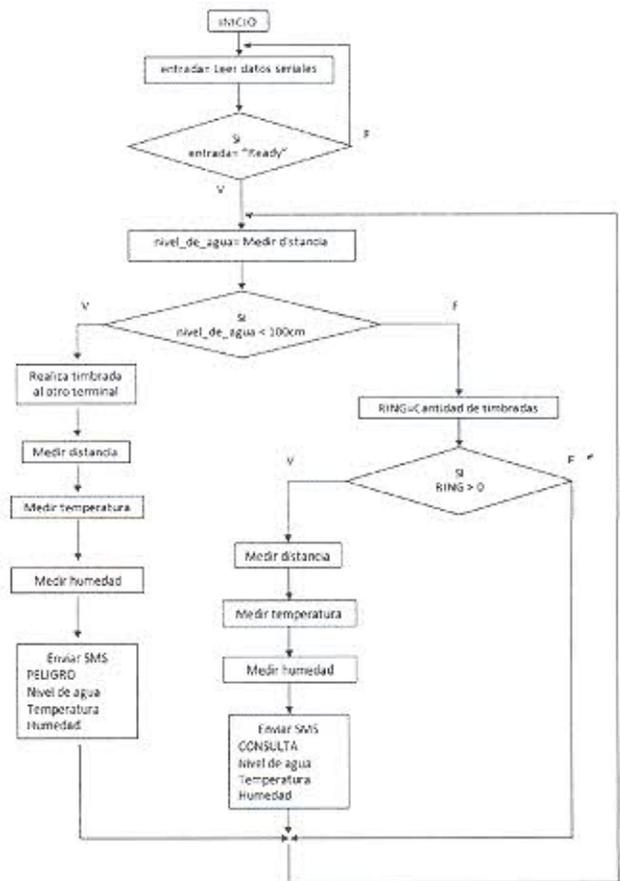


Fig. 9. Diagrama de flujo de la programación del módulo de procesamiento.

En la Fig. 10 se muestra como resultado de las mediciones de campo, una variación de los datos máxima de 15 cm, que corresponde a la fluctuación del nivel del agua en el punto de medición debido a la dinámica propia del río.

VI. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Luego de someter a prueba el sistema los resultados obtenidos fueron satisfactorios, generando mensajes de texto con el aviso de peligro de desborde y mostrando los parámetros de humedad, temperatura y nivel de agua en el caso de realizar la función consulta. La respuesta del sistema fue instantánea. Las imágenes de

los mensajes de texto son mostradas en la Fig. 11.

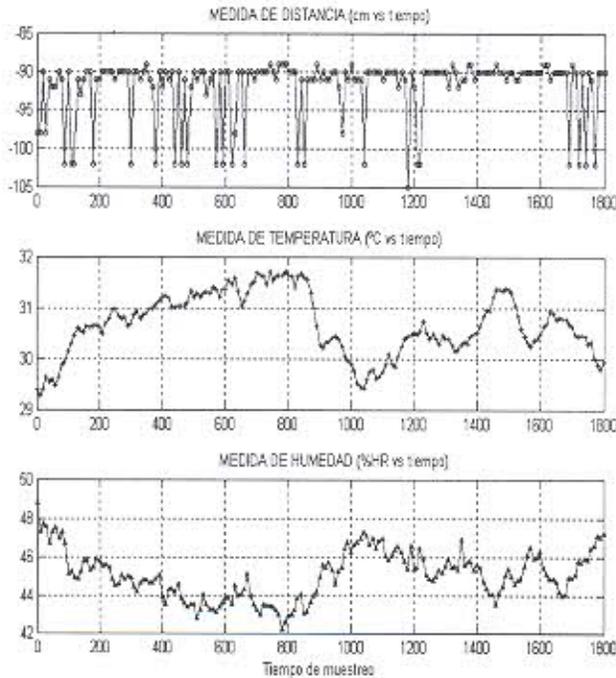


Fig. 10. Gráficas de medición de nivel, humedad y temperatura obtenidas en 30 minutos de pruebas.

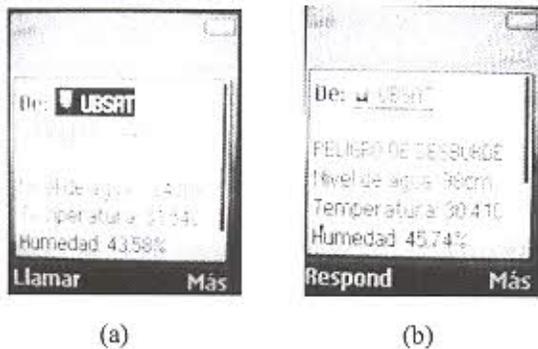


Fig. 11. (a) SMS recibido en modo consulta. (b) SMS recibido en modo de alerta.

Se llegó a comprobar que la relación existente entre la temperatura y humedad relativa en el punto de medición del nivel, corrobora la existencia de una relación inversa proporcional entre ambos parámetros como se observa en los datos de la Fig. 10, la misma que es correlacionada con el concepto de Índice de Calor, cuyos datos son mostrados en la gráfica de la Fig.12, las que se han sido proporcionados por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos - NOAA (National Oceanic and

Atmospheric Administration). Cuando se observa en el valor de medida, aumento de la temperatura en el punto de prueba, implica que en ese punto la atmósfera retiene vapor de agua (crece la presión de saturación) y como el aire sigue conteniendo la misma cantidad de agua (la misma humedad absoluta), entonces disminuye la humedad relativa (que es el cociente entre la presión del vapor de agua y la presión de saturación). Así de esta manera se confirma que a incremento de temperatura corresponde generalmente humedades relativas bajas [7].

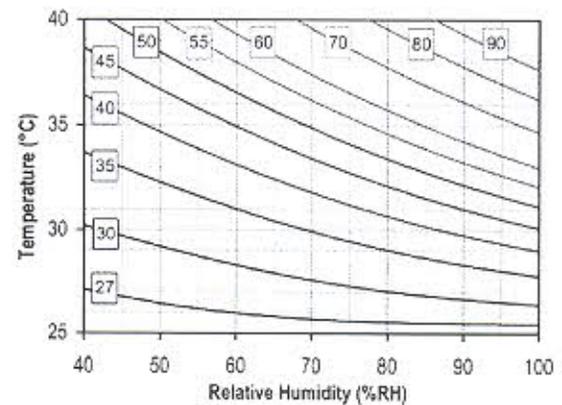


Fig. 12. Índice de Calor en grados centígrados [8].

Además de servir de prevención ante un posible desborde de río, este sistema puede contribuir a los investigadores como una herramienta de detección y prevención de incendios forestales, a partir de los valores obtenidos de temperatura y humedad relativa se pueden determinar las probabilidades de ocurrencia de este tipo de desastre natural.

VII. AGRADECIMIENTOS

Los autores, como integrantes del Grupo de Investigación en Procesamiento de Señales, agradecer a la Ing. Lita Soto Nieto, al Ing. Flavio Carrillo Gomero, asesor del grupo y al Ing. Ever Cifuentes por su apoyo en préstamo de equipos, documentación y sabias críticas ante las cuestiones del trabajo. De igual manera, un agradecimiento a la empresa Sensirion por la donación del sensor SHT-11. Así mismo agradecemos al Vicerrectorado Académico de la UNMSM por habernos permitido participar en la presentación de este trabajo a través del programa de Proyectos de Iniciación Científica.

REFERENCIAS

- [1] International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. "World disasters report 2009: Focus on early warning, early action", pp. 166-173. 2009.
- [2] INDECI, "Compendio Estadístico de Prevención y Atención de Desastres 2008". Instituto Nacional de Defensa Civil. 2008.
- [3] L. Leija, "Métodos de Procesamiento Avanzado e Inteligencia Artificial en Sistemas Sensores y Biosensores". Departamento de Ingeniería Eléctrica, CINVESTAV IPN, México, pp. 35-37,70, 2009.
- [4] B. A. Calvache, y A. Barandica, "Prototipo Industrial de un Medidor Ultrasónico de Nivel". Universidad del Valle. Colombia. 2004.
- [5] Sensirion. "Datasheet SHT-11, Humidity and Temperature Sensor". Version 4.3. pp. 8. 2010.
- [6] R.J.M.G. Tello, "Cálculos de Posicionamiento Global Usando Protocolo NMEA 0183 y Google Earth". *Electrónica – UNMSM*, Vol. N° 25. Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica. ISSN 1531-0853. pp. 43-44. 2010.
- [7] Dirección General de Protección Civil y Emergencias. Ministerio del Interior de España, "Vademecum Remer". 2009.
- [8] Sensirion. "Conditions of thermal Comfort", Influence of Humidity and Temperature on Personal Well-Being. Version 2.0. pp. 2. 2010.