

## Monitorización de Información Meteorológica.

Documento: Especificación inicial de la aplicación “Monitorización de Información Meteorológica”

Autores: Patricia López Martínez, José M. Drake y Julio Medina

Fecha: 25-2-2011

Se desea desarrollar una aplicación para automatizar la captura, registro, y acceso a la información meteorológica de una región geográfica. Para ello se quiere desarrollar el software de dos subsistemas: Las Estaciones Meteorológicas Autónomas (EMA) que son muchas unidades y están ubicadas en diferentes puntos de la región, y el Concentrador Meteorológico Regional (CMR) que es un único servicio centralizado que controla las estaciones remotas, registra la información meteorológica histórica y la sirve a las aplicaciones meteorológicas que la demande.

Las EMAs son equipos autónomos dotados de sensores para la medida de la velocidad y dirección del viento, temperatura, presión, humedad e iluminación del punto geográfico en que se encuentran instaladas. Las funciones de una EMA son:

- Leer con periodicidad de minuto sus sensores y evaluar y registrar los valores medios y extremos de un conjunto de magnitudes de interés meteorológico relativos a intervalos horarios.
- Almacenar la información meteorológica horaria de hasta diez días, y bajo demanda del CMR retransmitírsela.
- Evaluar su estado operativo y el estado de carga de sus baterías, y generar las alarmas que requiera su mantenimiento.
- Ofrecer una sencilla interfaz local de usuario, con el objetivo de proporcionar manualmente la información registrada en casos extremos de incomunicación.

El CMR está comunicado telemáticamente con las EMAs de la región y está dotado de recursos de almacenamiento masivo suficientes para construir una base de datos de los registros meteorológicos históricos de la región. Tiene cuatro funciones:

- Supervisa y controla el estado operativo de las EMAs y genera los avisos de mantenimiento que requieren.
- Demanda diariamente la información meteorológica registradas por las EMAs, y en caso de que alguna de ellas se encuentre incomunicada, gestiona su mantenimiento y la recuperación de la información almacenada en ella.
- Almacena en ficheros la información meteorológica histórica de la región, organizada por puntos geográficos, horas y fechas.
- Sirve a las aplicaciones meteorológicas clientes la información almacenada en su base de datos de acuerdo con una interfaz normalizada.

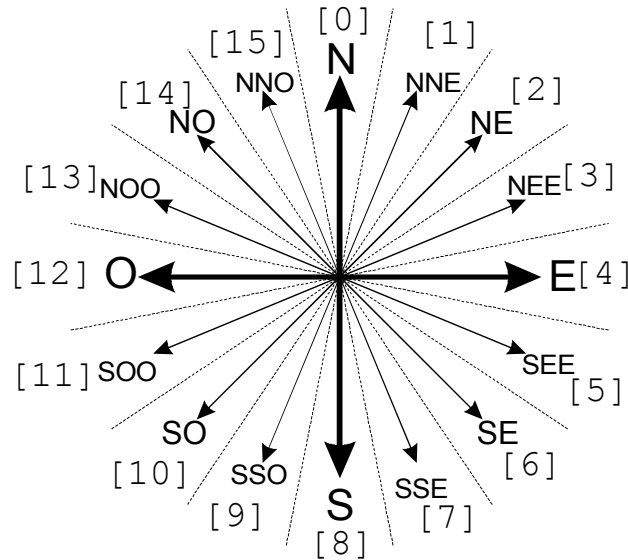
### Sensores de las EMAs

Cada estación dispone de un conjunto de sensores físicos cuyos registros se encuentran mapeados en la memoria física del procesador. Estos registros son todos de 16 bits, esto es pueden almacenar códigos enteros comprendidos entre 0 y  $2^{16}-1$ , y se accede a ellos por su dirección física (Address). Pueden ser de sólo lectura o de sólo escritura, y uno de sólo escritura y otro de sólo lectura pueden corresponder a la misma dirección física.

**Sensor de dirección del viento:** Se ha construido con una veleta cuyo ángulo de giro se ha acoplado a un codificador capaz de diferenciar 16 ángulos de 22.5°:

**Código :** Rango de ángulos.

0 : Norte ±11.25°	4 : Este ±11.25°	8 : Sur±11.25°	12 : Oeste±11.25°
1 : NNE ±11.25°	5 : SEE±11.25°	9 : SSO±11.25°	13 : NOO±11.25°
2 : NE ±11.25°	6 : SE±11.25°	10 : SO±11.25°	14 : NO±11.25°
3 : NEE ±11.25°	7 : SSE±11.25°	11 : SOO±11.25°	15 : NNO±11.25°



La dirección del viento se lee como los 4 bits menos significativos del registro asociado al sensor.

**Registro:** Address: 220 Tipo: Solo lectura

**Sensor de velocidad del viento:** Se basa en un anemómetro que gira con una velocidad de rotación que es proporcional a la velocidad del viento, y un contador que cuenta los cuadrantes que gira el anemómetro (incrementa 4 por cada revolución). Cuando se lee el contador, se obtiene el estado de cuenta y posteriormente se inicializa a cero, por lo que la lectura que se lee es el número de revoluciones del anemómetro desde la anterior lectura. A fin de que la lectura no sea sensible a la precisión con la que se establece el tiempo de lectura, se proporciona un segundo contador que cuenta centésimas de segundo, y que se inicializa y se lee sincrónicamente con el contador del anemómetro.

En el rango de velocidades de viento comprendido entre 0 y 120Km/h, el anemómetro gira con una velocidad angular de valor 0.8 (rev/s)/(Km/h), esto es, hasta una velocidad angular de 96 rev/s cuando la velocidad del viento sea de 120 Km/h..

De acuerdo con estas características, la velocidad del viento se puede determinar de la lectura de ambos contadores  $N_{Anemómetro}$  y  $N_{Referencia}$ :

$$v_{viento} (Km/h) = \frac{100}{0.8 \times 4} \frac{N_{Anemómetro}}{N_{Referencia}}$$

Ambos contadores son de 16 bits, por lo que el tiempo entre lecturas debe ser suficientemente corto para que los contadores no alcancen su máximo valor de cuenta que es  $2^{16}-1$ . Este tiempo tiene que ser en el peor caso (cuando la velocidad del viento es 120 Km/h) inferior a 170 segundos.

El sensor se lee leyendo sucesivamente dos veces un único registro de 16 bits. La primera lectura para la cuenta de ambos contadores y proporciona el estado de cuenta del contador del anemómetro, mientras que la segunda lectura del registro proporciona la cuenta del contador de referencia e inicia de nuevo la cuenta en ambos contadores.

Registro: Address = 221      Tipo: Sólo lectura

**Sensor de temperatura:** Se ha construido mediante un termistor de resistencia de platino (PRT) y un conversor analógico digital de 12 bits (códigos entre 0 y  $2^{12}-1$ ), y permite medir linealmente temperaturas en el rango  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $60^{\circ}\text{C}$  a los que respectivamente corresponde los códigos 0 y 4096. La temperatura que corresponde a cualquier código es:

$$T(^{\circ}\text{C}) = -40^{\circ}\text{C} + \text{Código} \frac{100^{\circ}\text{C}}{4096}$$

El máximo tiempo entre dos medidas de la temperatura es de 5ms.

A este sensor se accede mediante un único registro de solo lectura, del que sus 12 bits menos significativos representan el código del sensor.

Registro: Address: 222      Tipo: Sólo lectura.

**Sensor de humedad:** Es un sensor capacitativo sensible a la humedad relativa y un conversor A/D de 8 bits de resolución (códigos entre 0 y 255), y permite medir linealmente la humedad relativa en el rango 0% a 100% a los que respectivamente corresponde los códigos 0 y 256. La humedad relativa que corresponde a cualquier código es:

$$RH(\%) = \text{Código} \frac{100\%}{256}$$

El máximo tiempo entre dos medidas de la temperatura es de 15 segundos.

A este sensor se accede mediante un único registro de solo lectura, del que sus 8 bits menos significativos representan el código del sensor.

Registro: Address: 223      Tipo: Sólo lectura.

**Sensor de presión:** Es un sensor de presión absoluta basado en diafragma y galgas extensiométricas y un conversor A/D de 8 bits de resolución (códigos entre 0 y 255), y permite medir linealmente la presión atmosférica en el rango de 0.8 a 1.2 Atmosferas, los que respectivamente corresponde los códigos 0 y 256. La presión atmosférica que corresponde a cualquier código es:

$$P(At) = 0.8(At) + \text{Código} \frac{0.4(At)}{256}$$

El máximo tiempo entre dos medidas de la temperatura es de 5 ms.

A este sensor se accede mediante un único registro de solo lectura, del que sus 12 bits menos significativos representan el código del sensor.

Registro: Address: 224      Tipo: Sólo lectura.

**Sensor de iluminación:** Está basado en un fotosensor y un conversor A/D de 8 bits de resolución (códigos entre 0 y 255), y permite medir linealmente la iluminancia ambiente en el rango de 0 a 250 lux, los que respectivamente corresponde los códigos 0 y 256. La iluminancia que corresponde a cualquier código es:

$$E(Lux) = \text{Código} \frac{250(Lux)}{256}$$

El máximo tiempo entre dos medidas de la iluminancia es de 5 ms.

A este sensor se accede mediante un único registro de solo lectura, del que sus 8 bits menos significativos representan el código del sensor.

Registro: Address: 225      Tipo: Sólo lectura.

**Medida de la lluvia recogida:** Es un sistema de medida de peso que determina la cantidad de agua acumulada en el depósito que recoge la lluvia correspondientes a 50 cm<sup>2</sup> de superficie. Este sensor mide agua acumulada, por lo que deduce el agua caída como la diferencia del peso de agua recogida entre medidas sucesivas. Cuando se encuentre diferencias negativas, el agua recogida en ese intervalo se considera cero. Esto puede ser debido a evaporación o a vaciado del depósito.

El sistema de medida es un peso con resolución de 12 bits (códigos entre 0 y 4095), y permite medir linealmente el peso entre 0 y 10 Kp a los que respectivamente corresponden los códigos 0 y 4096.

La estación tiene capacidad de vaciar automáticamente el depósito, abriendo y cerrando la válvula de drenaje. A tal fin, debe detectar cuando el depósito supera el 90% del peso máximo, y en tal caso dejar abierta la válvula durante un minuto (obviamente el agua recogida durante el minuto de vaciado no se contabiliza).

A este sensor se accede mediante dos registros, uno de lectura del que se lee el peso de agua disponible, y uno de escritura, en el que si se escribe 0 se cierra la válvula de drenaje, y si se escribe un valor distinto de cero se abre la válvula. Ambos registros se mapean sobre la misma dirección de memoria.

Registro: Address: 226      Tipo: Lectura y escritura.

**Sensor de estado de carga de baterías:** Determina el estado de carga de la batería en función de su tensión nominal. Su estado se codifica en 8 códigos (3 bits) que representa el % de carga con una resolución de 12,5%:

**Código : % de carga.**

**0** : 0%-12%      **2** : 25%-37%      **4** : 50%-62%      **6** : 75%-87%  
**1** : 12%-25%      **3** : 37%-50%      **5** : 62%-75%      **7** : 87%-100%

El estado de carga de la batería se lee como los 3 bits menos significativos del registro asociado al sensor.

Registro:      Address: 227      Tipo: Solo lectura

### Magnitudes físicas meteorológicas que registra las EMAs.

En cada EMA, se deben evaluar cada minuto un conjunto de magnitudes de interés meteorológico, y con el conjunto de medidas que corresponda a cada hora del día realizar un análisis estadístico que es el que se almacena localmente en la estación.

Las magnitudes meteorológicas que deben medirse son:

- La dirección del viento: Moda de las muestras horarias
- La velocidad del viento: Valor medio, valor máximo y valor mínimo por hora.
- La temperatura: Valor medio, valor máximo y valor mínimo.
- La temperatura aparente: Valor medio, valor máximo y valor mínimo
- La humedad relativa: Valor medio, valor máximo y valor mínimo
- La presión atmosférica: Valor medio, valor máximo y valor mínimo
- La iluminancia: Valor medio, valor máximo y valor mínimo
- El volumen de agua de lluvia recogida: Valor acumulado
- La temperatura de punto de rocío: Valor medio, máximo y mínimo
- 

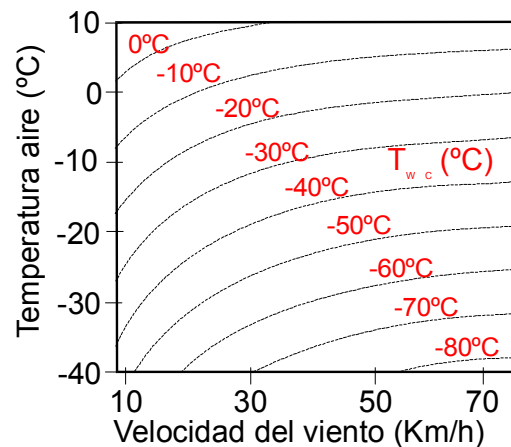
#### Concepto y cálculo de la temperatura aparente

La sensación térmica que percibe el cuerpo humano depende tanto de la temperatura del aire, como de la velocidad de aire que recibe. A tal fin, se define la temperatura aparente  $T_{WC}$  (wind chill) que describe de forma fiable el confort ambiental a temperaturas templadas, y el peligro de congelación a temperaturas gélidas.

Desde 2001, el National Weather Service de Estados Unidos define la temperatura aparente mediante la expresión

$$T_{WC} = 0.045 \times (5.27 \sqrt{v} + 10.45 - 0.28 v) \times (T_a - 33) + 33$$

siendo:  $T_{WC}$  = Temperatura aparentes (°C)  
 $v$ : la velocidad del aire en Km/h  
 $T_a$ : La temperatura del aire (°C)



#### Concepto y cálculo de la Temperatura de punto de rocío.

La temperatura de punto de rocío  $T_{rocio}$  es la temperatura a la que se condensaría el vapor de agua que existe en la atmósfera. Esta es función directa de la masa de vapor que existe por

unidad de masa de aire, o lo que es lo mismo de la presión parcial de vapor  $p_v$  que existe. La relación entre  $p_v$  y  $T_{\text{rocío}}$  es:

$$p_v = 6.1078 \times 10^{\frac{7.5 \times T_{\text{rocío}}}{T_{\text{rocío}} + 237.3}} \quad \text{siendo} \quad \left| \begin{array}{l} p_v : \text{Presión de vapor (KiloPascal (kPa))} \\ T_{\text{rocío}} : \text{Temperatura de punto de rocío (}^\circ\text{C)} \end{array} \right.$$

Los sensores no miden directamente la presión parcial de vapor  $p_v$ , sino la humedad relativa RH, que representa en % la fracción entre la presión parcial de vapor que existe y la presión de saturación de vapor  $p_{\text{vs}}(T)$  a la temperatura  $T$  en que se hace la medida.

$$RH(\%) = 100 \times \frac{p_v}{p_{\text{vs}}(T)}$$

La presión de vapor de saturación  $p_{\text{vs}}(T)$  es una función termodinámica de la temperatura,

$$p_{\text{vs}}(T) = 6.1078 \times 10^{\frac{7.5 \times T}{T + 237.3}} \quad \text{siendo} \quad \left| \begin{array}{l} p_{\text{vs}} : \text{Presión de saturación de vapor (kPa)} \\ T : \text{Temperatura (}^\circ\text{C)} \end{array} \right.$$

**Ejemplo:** Considérese que a una temperatura  $T = 27^\circ\text{C}$  se mide la humedad relativa que resulta ser  $RH = 80\%$ . ¿Cuál es la temperatura de punto de rocío  $T_{\text{rocío}}$ ?

Si la temperatura es  $T = 27^\circ\text{C}$  la presión de saturación de vapor  $p_{\text{vs}}(T)$  es:

$$p_{\text{vs}} = 6.1078 \times 10^{\frac{7.5 \times 27}{27 + 237.3}} = 35.65 \text{ kPa}$$

Si la humedad relativa es  $RH = 80\%$ , la correspondiente presión parcial de vapor es:

$$p_v = 35.65 \times \frac{80}{100} = 28.52 \text{ kPa}$$

La temperatura de punto de rocío  $T_{\text{rocío}}$  es

$$T_{\text{rocío}} = \frac{237.3 \times \log\left(\frac{28.52}{6.1078}\right)}{7.5 - \log\left(\frac{28.52}{6.1078}\right)} = 23.25^\circ\text{C}$$

## Evaluación del estado operativo de la EMAs

Las Estaciones Meteorológica Autónomas son equipos automáticos que no requieren operador, sin embargo en caso de que se detecten malfunciones en ellas, debe desplazarse un técnico de mantenimiento para su reparación. A tal fin la estación debe detectar las posibles malfunciones y en su caso reportar los problemas al CMR junto con la transferencia de la información meteorológica.

Problemas que deben ser detectados en las EMAs son:

1. Fallo de comunicación. Es detectada por el CMR como consecuencia de que una EMA no responde a un requerimiento enviando la información meteorológica. Respuesta: La EMA debe ser reparada antes de los 10 días posteriores a la última comunicación.
2. Fallo en el acceso a los sensores: Se eleva algún tipo de excepción en la lectura o escritura de los registros de los sensores. Respuesta: La EMA deja de registrar las magnitudes que dependen del sensor con problemas. Se requiere la reparación urgente.

3. Ha transcurrido mas de 10 días desde la última transferencia de datos.  
Respuesta: Se sobrescriben los datos registrados mas antiguos por los mas recientes, y se notifica en la siguiente transferencia.
4. Fallo en la batería: Se detecta cuando el estado de carga de la batería no supera en todo un día el 75%, o cuando en algún momento cae por debajo del 12.5%.  
Respuesta: Se requiere la reparación urgente.

### Comandos que atiende una EMA.

Una EMA responde a dos tipos de comandos telemáticos (procedentes del CMR):

- Requerimiento de la información meteorológica registrada localmente.
- Confirmación de que la información ha sido recibida. Esta se introduce a fin de que los datos meteorológicos registrados en las EMAs no se puedan perder. Por ello, cuando se transmiten no se borran de memoria, si no que se espera la confirmación para realizarlo.

El protocolo que debe seguirse para la transferencia de los datos es:

1. El CMR Requiere la información meteorológica.
2. El EMA envía la información disponible y la marca como enviada (no la borra).
3. El CMR confirma haber recibido la información.
4. El EMA borra la información marcada como enviada.

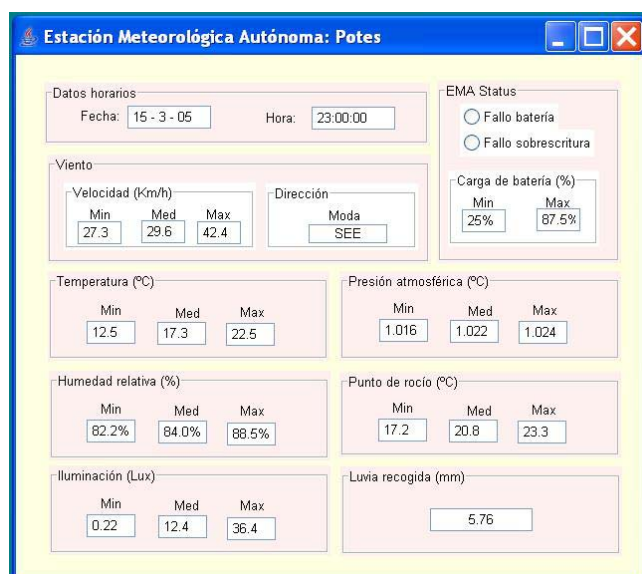
Si el CMR no confirma, sino requiere de nuevo la información meteorológica, el EMA envía la información total almacenada (haya sido o no enviada previamente) y la marca como enviada.

### Interfaz de usuario de la EMA.

Tiene una funcionalidad muy simple. Se compone de un display con capacidad de visualizar los datos meteorológicos de una hora. Dispone de un conjunto de botones que permite:

1. Visualizar una a una las informaciones horarias almacenadas.
2. Borrar las informaciones históricas almacenadas.

En la figura se muestra un diseño inicial de la interfaz de usuario de una EMA.



## Configuración del CMR

El CMR se configura a partir de un fichero de configuración en el que se describen el nombre del punto geográfico y el URL para la comunicación con cada EMA. La información global que se proporciona es:

- region: Nombre de la región
- fecha: Fecha en la que se ha elaborado el fichero de configuración
- bd\_path: Dirección local del directorio raíz del Sistema de Ficheros.

Por cada EMA se proporcionan los siguientes datos:

- Lugar en el que está situada.
- Identificador de la EMA.
- Número de teléfono donde se localiza el modem.

En la siguiente tabla se muestra un ejemplo del Fichero de Configuración:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<CONFIGURACION_REGIONAL region="Cantabria" fecha="22/02/05T11:45:00" bd_path="C:\MIM_Data">
  <EMA lugar="General Dávila" identificador="GENDAV" modem="942272727" />
  <EMA lugar="Castilla" identificador="CASTIL" modem="942222222" />
  <EMA lugar="Sta Cruz de Bezana" identificador="SCRUZB" modem="942345678" />
  <EMA lugar="Miengo" identificador="MIENGO" modem="942253362" />
  <EMA lugar="Santillana del Mar" identificador="SANMAR" modem="942281683" />
  <EMA lugar="Comillas" identificador="COMILL" modem="942333745" />
  <EMA lugar="San Vicente de la Barquera" identificador="VICBAR" modem="942376223" />
  <EMA lugar="Unquera" identificador="UNQUER" modem="942429191"/>
</CONFIGURACION_REGIONAL>
```

## Ciclo operativo del CMR

El CMR se comunica diariamente y a una hora fija con todas las EMAs que dispone en su configuración. Si falla la comunicación con una EMA se repite el intento de comunicación cada hora hasta que se consiga la transferencia.

El CMR requiere la información meteorológica de las EMAs, las registra en forma persistente, y en el caso de que no se hayan producido errores, confirma la recepción a la EMA a fin de que borre de memoria la información previamente transferida.

## Registro de la información meteorológica regional

La información meteorológica recibida en el CMR de cada EMA se almacena en ficheros la información organizada en archivos por punto geográfico EMA, horas y fechas. Tras su escritura la información puede ser leída pero no modificada.

## Notificación de los fallos.

Los fallos detectados por el CMR deben ser notificados a los servicios de mantenimiento, indicando el punto geográfico con fallo, el tipo de fallo y en su caso la urgencia de la reparación.

## Interfaz de acceso a la información histórica.

El CMR debe implementa la siguiente interfaz de acceso a los datos meteorológicos históricos.



```

/**
 * Interfaz para el acceso a los datos meteorológicos históricos del proyecto MIM.
 *
 * @author José M. Drake
 * @version 18-2-08
 */
import java.util.Date;
import java.util.List;
public interface Meteorology_Access{
/**
 * Obtiene un identificador normalizado a partir del nombre de un punto geográfico. El Nombre y el Code
 * son String, pero el Code está normalizado de acuerdo a ciertas reglas.
 *
 * @param Nombre Nombre del punto geográfico
 * @return Identificador normalizado del punto geográfico.
 */
String Code(String Nombre);

/**
 * Retorna una lista con todas las fichas de información meteorológica que correspondan al punto
 * geográfico cuyo Code se pasa como "pgCode" y que correspondan tiempos comprendidos entre las
 * fechas "fInicial" y "fFinal".
 *
 * @param pgCode Código de un punto geográfico. Si es null hace referencia a todos los puntos
 * geográficos.
 * @param fInicial Fecha inicial de los datos requeridos. Si es null hace referencia a primera fecha
 * registrada
 * @param fFinal Fecha final de los datos requeridos. Si null hace referencia a la última fecha
 * registrada
 * @return Retorna una lista de fichas meteorológicas.
 */
List<FichaMetereologica> LocalizaDatosMeteorológicos(String pgCode,Date fInicial, Date fFinal);

/**
 * Retorna una lista con todas las fichas de información meteorológica que correspondan a una lista de
 * puntos geográficos definidos por su Code y que se pasa en "pgList" y que correspondan tiempos
 * comprendidos entre las fechas "fInicial" y "fFinal".
 *
 * @param pgList Lista de código de puntogeográficos. Si es null se hace referencia a todos los puntos
 * geográficos.
 * @param fInicial Fecha inicial de los datos requeridos. Si es null hace referencia a primera fecha
 * registrada
 * @param fFinal Fecha final de los datos requeridos. Si null hace referencia a la última fecha
 * registrada
 * @return Retorna una lista de fichas meteorológicas.
 */
List<FichaMetereologica> LocalizaDatosMeteorológicos(List pgList,Date fInicial, Date fFinal);

public interface FichaMetereologica{
List getError();
String getFecha();
String getHora();
String getEMA();
String getDireccionViento();
String getVelocidadViento();
String getMaxVelocidadViento();
String getMinVelocidadViento();
String getTemperatura();
String getMaxTemperatura();
String getMinTemperatura();
String getHumedadRelativa();
String getMaxHumedadRelativa();
String getMinHumedadRelativa();
String getPresion();
String getMaxPresion();
String getMinPresion();
String getIluminancia();
String getMaxIluminancia();
String getMinIluminancia();
String getVolumenAgua();
String getTemperaturaRocio();
String getMaxTemperaturaRocio();
String getMinTemperaturaRocio();
}

```