

Implementación de una red de medición meteorológica en la Corporación Universitaria Minuto de Dios

Guillermo Hernández T.¹

Julián Andrés Quintana C.²

Fecha de recepción: septiembre de 2015 / **Fecha de aceptación:** diciembre de 2015

Resumen

El trabajo muestra la experiencia de la Corporación Universitaria Minuto de Dios (UNIMINUTO, sede principal y regional Cundinamarca) en el diseño, implementación y puesta en marcha de una red de medición meteorológica. Se aborda como objetivo inicial la instalación de estaciones meteorológicas en ambientes urbanos (sedes de la Corporación) y en espacios abiertos (fincas de la Corporación), con el fin de monitorear variables que permiten conocer y comprender el comportamiento de la atmósfera a altas resoluciones temporales.

El artículo resalta la participación de algunas instituciones de educación superior en Colombia, en la conformación de redes de monitoreo ambiental que contribuyen a la gestión del riesgo asociado a fenómenos climáticos extremos, al estudio de la meteorología local y regional, así como a la divulgación académica y científica. Así mismo, se analiza el impacto social, académico e investigativo que genera la conformación de redes automáticas de medición meteorológica y cómo estos esfuerzos individuales facilitan y contribuyen a fortalecer convenios con entidades oficiales para fines de gestión medioambiental.

El documento finaliza con la experiencia propia de UNIMINUTO en la formulación de proyectos e investigaciones que facilitan el proceso de aprendizaje de docentes y estudiantes, así como el fortalecimiento de la investigación institucional, usando información climatológica de alta calidad y alta resolución temporal.

Palabras claves: estaciones (meteorología), gestión del riesgo, redes de medición ambiental.

Implementation of a network of measuring weather in the Corporación Universitaria Minuto de Dios

Abstract

This research report presents the experience of Corporación Universitaria Minuto de Dios (UNIMINUTO, the head office and the headquarter of Cundinamarca) on designing and implementing a meteorological measurement network. Initially, the meteorological stations were installed in urban environments (some headquarters of the university) and open spaces (farms of the university) in order to monitor variables that allow to know and understand the atmosphere behavior at high temporal resolutions.

This article highlights the participation of some Colombian universities in the creation of environmental monitoring networks that contribute to the risk management associated with extreme weather events, as well as to the local and regional meteorological research and the academic and scientific dissemination. It is also analyzed social, academic and investigative impacts generated by the creation of automatic meteorological measurement networks. Furthermore, it is studied how these individual efforts facilitate and contribute to strength agreements with government institutions for environmental management purposes.

At the end of this report, it can be found UNIMINUTO's own experience formulating projects and researches to facilitate students and teachers' learning process and contribute to strength the institutional research using high-quality and high temporal resolution climatological data.

Keywords: meteorological stations, risk management, environmental measurement networks.

¹ Ingeniero agrícola, Magíster en Ingeniería – Recursos Hidráulicos, docente Ingeniería Civil – Corporación Universitaria Minuto de Dios, Bogotá, D.C., Colombia. Miembro del Grupo de Estudios e Investigación en Ingeniería Civil (GEIIC) guhernandez@uniminuto.edu

² Ingeniero civil, docente ingeniería civil – Corporación Universitaria Minuto de Dios, Bogotá, D.C., Colombia. Miembro del Grupo de Estudios e Investigación en Ingeniería Civil (GEIIC) jquintana@uniminuto.edu

Introducción

La instrumentación meteorológica permite caracterizar la variabilidad espacio-temporal del clima mediante la captura, almacenamiento y procesamiento de información climatológica a diferentes resoluciones temporales. Esta información permite apoyar estudios en diversas áreas de la ingeniería en las cuales se requiere el conocimiento de la dinámica climatológica. A su vez, la consolidación de datos climatológicos provenientes de las redes de medición, permiten establecer alianzas nacionales con entidades académicas y oficiales con las cuales se comparte información con fines de investigación y desarrollo de tecnologías para múltiples propósitos. En definitiva, las redes de información climática contribuyen al desarrollo de proyectos académicos interdisciplinarios, así como a la investigación aplicada en diversos ámbitos de las geociencias.

En el marco de la convocatoria interna para apoyar la investigación interdisciplinaria e interinstitucional en la sede principal de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, se aprobó el proyecto de investigación titulado “Instrumentación hidrometeorológica del campus universitario UNIMINUTO. Sede principal y regional Cundinamarca” durante el año 2014. En el mes de febrero de 2015, se suscribió el acta de inicio y se realizó el proceso de compra de las primeras estaciones meteorológicas.

Durante la ejecución del proyecto se definió, como parte integral del mismo, la construcción de la Red Meteorológica UNIMINUTO (RMU) operada por el programa de Ingeniería Civil de la sede principal como un paso inicial en el desarrollo de un Sistema de Monitoreo Hidroclimático, de Calidad de Aire y Agua, proyectado a futuro y enmarcado dentro del sistema de investigaciones CTI&S-UNIMINUTO.

En términos operativos, la RMU tiene, además de las estaciones de medición, una central de monitoreo, captura y procesamiento

de información. La función de la central se puede clasificar en tres categorías principales, (Jiménez *et al.*, 2008):

- *Procesos educativos:* su función es apoyar todas las actividades pedagógicas que se puedan derivar de la RMU y desarrollar procedimientos de calificación, seguimiento y mejoramiento de la calidad de la información generada en las estaciones meteorológicas.
- *Manejo de la información:* la estación de control se encarga de recibir y registrar la información, administrar las bases de datos, operar las aplicaciones disponibles y mantener la página web actualizada.
- *Gestión y promoción de la red:* se encarga de divulgar las características de la red (en el momento a través de la emisora UNIMINUTO) y sus ventajas funcionales y sociales, además de aunar, en lo posible, nuevos recursos para su ampliación y mejoramiento. También gestiona los acuerdos con entidades públicas y gubernamentales, así como las visitas técnicas a otras redes.

Las experiencias en Colombia (Mejía, *et al.*, 2008), muestran impactos y desarrollos de alto nivel de investigación que resaltan la utilidad de obtener registros meteorológicos de alta resolución espacio-temporal y cómo las instituciones educativas se vinculan con la sociedad para la solución de problemas asociados al clima que, generalmente impactan de manera negativa en sociedades vulnerables.

Métodos

Conformación de la RMU

Enmarcada en el sistema de investigaciones de UNIMINUTO, la RMU define y adopta el enfoque de la investigación que lo compromete con la persona humana y el desarrollo social sostenible. Los actores sociales básicos del sistema son: los investigadores, el grupo de investigación (GEIIC),

el semillero de investigación en hidráulica (HidroUMD) y los centros de investigación. Todos estos actores son responsables de la investigación, la producción de conocimiento y el desarrollo de innovaciones sociales y productivas.

Así, la RMU se integra a la investigación con las demás funciones misionales del sistema universitario (docencia y proyección social). De igual manera, propicia las relaciones con

el Sistema Nacional de Educación Superior y el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

Durante la primera fase de ejecución del proyecto se realizó la compra, instalación y calibración de cuatro estaciones meteorológicas telemétricas tipo Davis Vantage Pro2 Plus, tabla 1. Actualmente se cuenta con la adquisición de dos estaciones adicionales en proceso de instalación.

Tabla 1. Estaciones actuales de la RMU

| Tipo de estación | Nombre de la estación | Altitud (m.s.n.m.) | Ubicación | Fecha de Instalación | Fecha de Transmisión |
|--------------------------------|---|---------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Climatológica Telemétrica (CT) | UNI-01 Uniminuto-Sede principal | 2585 | Bogotá, D.C., Barrio Minuto de Dios | Abril 24 de 2015 | Agosto 1 de 2015 |
| Climatológica Telemétrica (CT) | UNI-02 Uniminuto-Sede Zipaquirá | 2590 | Zipaquirá Cundinamarca | Mayo 2015 | Agosto 17 de 2015 |
| Climatológica Telemétrica (CT) | UNI-03 Uniminuto-Sede Agroparque SM | 1384 | Tena Cundinamarca | Junio 2015 | En proceso |
| Climatológica Telemétrica (CT) | UNI-04 Uniminuto-Sede Girardot | 326 | Girardot Cundinamarca | Junio 2015 | Agosto 3 de 2015 |
| Climatológica Telemétrica (CT) | UNI-05 Uniminuto-Sede Pacho | En proceso | Pacho Cundinamarca | En proceso | En proceso |
| Agroclimática Telemétrica (AT) | UNI-06 Uniminuto-Finca Mosquera | En proceso | Mosquera Cundinamarca | En proceso | En proceso |

Las estaciones meteorológicas cuentan con sensores y aparatos que permiten registrar elementos del clima como son la precipitación, dirección y velocidad del viento, temperatura, humedad relativa, radiación solar y radiación

UV. Las características detalladas de cada sensor, junto con su precisión y rango de medición se especifican en el catálogo del equipo, que puede ser consultado en <http://www.davisnet.com>.

En abril de 2015, se instaló la primera estación en la sede principal (Barrio Minuto de Dios, Bogotá, D.C.). Durante el proceso de instalación y puesta en marcha se realizaron pruebas de calidad de la información transmitida, así como ajustes en los intervalos de monitoreo. Finalmente, a partir del mes de agosto de 2015 entraron en operación tres estaciones de las cuales se dispone de registros cada minuto y se realizan boletines a nivel mensual alimentados por análisis a escala diaria. Estos boletines se publican de manera seriada y se encuentran disponibles en la plataforma informática desarrollada para el proyecto.

Para el año 2016, con la entrada en funcionamiento de la finca ubicada en el municipio de Mosquera (Cundinamarca), se adquirió una nueva estación telemétrica que se integra a la RMU con características de medición propia de una estación agroclimática con fines de investigación agrícola. Como parte de la visión de la RMU, se espera que para el año 2020 se cuente con mínimo quince estaciones climatológicas telemétricas, una estación hidrológica y dos estaciones de calidad: una para agua y otra para aire (contaminación ambiental), tabla 2.

Tabla 2. Proyección de estaciones 2015–2020.

| Tipo de estación | Nombre de la estación | Ubicación | Fecha |
|--------------------------------|--|----------------------------|--------------------------|
| Climatológica Telemétrica (CT) | UNI-07 Uniminuto-Sede Soacha | Soacha Cundinamarca | Primer semestre de 2016 |
| Climatológica Telemétrica (CT) | UNI-08 Uniminuto-Sede Facatativá | Facatativá Cundinamarca | Segundo semestre de 2016 |
| Climatológica Telemétrica (CT) | UNI-09 Uniminuto-Sede Llanos | Villavicencio Meta | Segundo semestre de 2017 |
| Climatológica Telemétrica (CT) | UNI-10 Uniminuto-Sede Ibagué | Ibagué Tolima | Primer semestre de 2018 |
| Climatológica Telemétrica (CT) | UNI-11 Uniminuto- Sede Bello | Bello Antioquia | Segundo semestre de 2018 |
| Climatológica Telemétrica (CT) | UNI-12 Uniminuto-Sede Neiva | Neiva Huila | Primer semestre de 2019 |
| Climatológica Telemétrica (CT) | UNI-13 Uniminuto-Sede Pitalito | Pitalito Huila | Segundo semestre de 2019 |
| Climatológica Telemétrica (CT) | UNI-14 Uniminuto-Sede Garzón | Garzón Huila | Primer semestre de 2020 |
| Climatológica Telemétrica (CT) | UNI-15 Uniminuto-Sede Buga | Buga Valle | Segundo semestre de 2020 |

Continuación Tabla 2. *Proyección de estaciones 2015–2020.*

| Tipo de estación | Nombre de la estación | Ubicación | Fecha |
|------------------------------|--|---------------------------------------|--------------------------|
| Hidrológica Telemétrica (HT) | UNI-16 Uniminuto-Canal Salitre Bogotá | Bogotá, D.C. Cundinamarca | Primer semestre de 2017 |
| Calidad del Aire (CAa) | UNI-17 Uniminuto-Sede Principal | Bogotá, D.C. Barrio Minuto de Dios | Primer semestre de 2017 |
| Calidad del Agua (CAw) | UNI-18 Uniminuto-Finca Mosquera | Mosquera Cundinamarca | Segundo semestre de 2017 |

Este monitoreo incluye acuerdos de cooperación con la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), así como de la Secretaría de Medio Ambiente de Bogotá y las entidades de gestión del riesgo de los municipios de influencia de las estaciones. Estos acuerdos se establecen con el fin de desarrollar un sistema de monitoreo del clima urbano e hidrológico de cuencas, así como complementar los planes de gestión del riesgo. Además, se espera que UNIMINUTO sea una universidad líder en aportes investigativos en el área de meteorología.

Desarrollo de la Plataforma Web

Uno de los objetivos y productos de la RMU, es la producción de boletines climatológicos mensuales con el fin de mostrar el comportamiento medio de las variables asociadas al clima local. Sin embargo, debido a la alta resolución temporal de la RMU (información cada minuto), se estableció un protocolo de trabajo a escala horaria y diaria. El objetivo es tener la mejor información posible y así contar con registros confiables de alta resolución temporal.

A su vez, como respuesta a la necesidad del flujo de información y divulgación, se propuso el

desarrollo de una aplicación Web que facilitara la interacción entre los diferentes nodos. A grandes rasgos, las funciones de la aplicación Web son: captar la información remitida por las estaciones de monitoreo, direccionarla a bases de datos, procesarla para generar nueva información y permitir su acceso controlado, (Figura 1).

En la aplicación Web se puede acceder a los siguientes servicios:

- Inicio: se cuenta con la información básica de la RMU como su concepción, misión, visión y planes de mejora.
- Noticias y eventos: se publican periódicamente eventos y noticias relevantes a la RMU como adquisición de nuevos equipos, alianzas interinstitucionales, congresos académicos, ponencias e investigaciones.
- Mapa: permite la interacción del usuario con cada una de las estaciones de la RMU donde se puede identificar su ubicación, fotografía de la estación, datos actuales de temperatura, humedad relativa, radiación solar, velocidad del viento y precipitación, así como el pronóstico del clima, (Figura 2).

- Reportes: en esta se puede acceder y conocer el historial de los datos meteorológicos de cada estación, así como los boletines a resolución mensual y anual que se emiten periódicamente.
- Contacto: permite la interacción con usuarios interesados en conocer más detalles de la RMU.
- Login: es un área restringida para la administración de la plataforma Web.

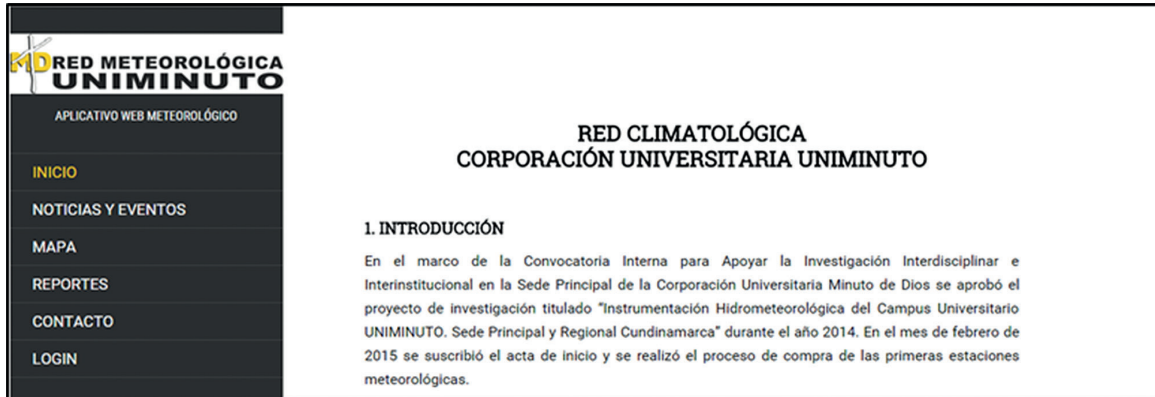


Figura 1. Pantalla de inicio. Plataforma Web RMU

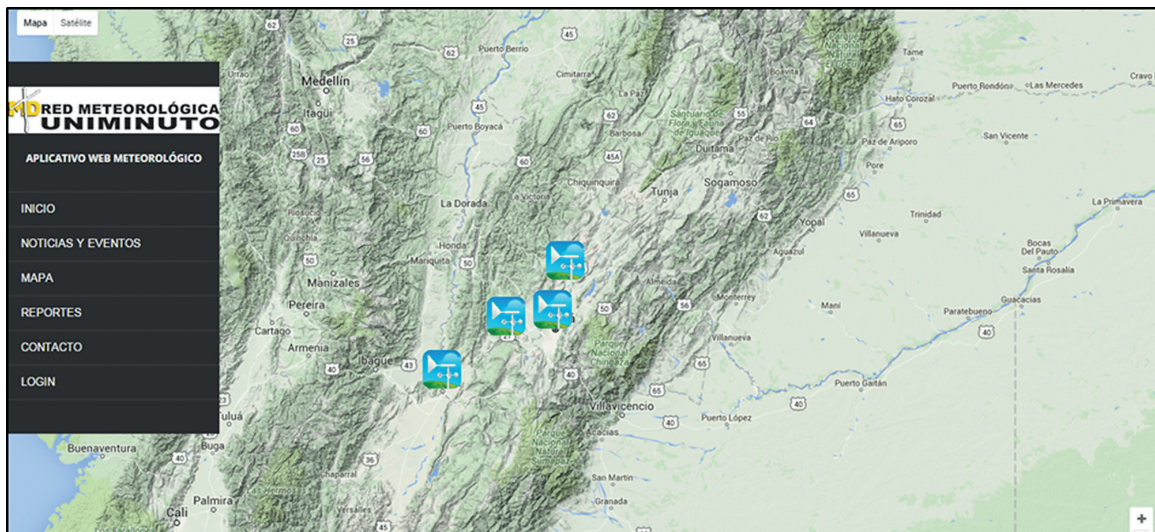


Figura 2. Mapa interactivo para consulta de las estaciones de la RMU.

Una de las posibilidades futuras de la plataforma Web, consiste en la generación de pronósticos climatológicos locales que ayuden a la gestión y generación de alarmas por riesgos o

desastres naturales. Un paso hacia este propósito es el desarrollo dentro de la aplicación de un módulo que exporte las series temporales y permita la generación de pronósticos.

Resultados

En esta fase de desarrollo de la RMU, se cuenta con el procesamiento inicial de las series de tiempo con el fin de caracterizar estadísticamente el comportamiento de las variables climáticas. A su vez, se han desarrollado algoritmos para el análisis de calidad de las series, homogeneidad de la información, datos atípicos, así como sistematizar los vacíos que se generan en la transmisión de datos debido a interrupción del servicio de luz o Internet.

Para fines de divulgación técnica de las variables y, teniendo en cuenta la temporalidad de las series, se ha propuesto trabajar el día climatológico comenzando desde las 06:00 a.m.

hasta las 05:59 a.m. del día siguiente. Bajo esta configuración el día climatológico define una franja diurna (06:00 a.m. hasta 17:59 p.m.) y una nocturna (18:00 p.m. hasta las 05:59 a.m. del día siguiente), de forma continua.

Esta configuración permite la caracterización de variables como la temperatura (Figura 3), humedad relativa y velocidad del viento. A su vez, la radiación solar queda caracterizada únicamente dentro de la franja diurna (Figura 4). El comportamiento de la precipitación diaria (Figura 5), es importante en los análisis a escala mensual y para los días en los que se presenta precipitación se realiza un análisis independiente de cada tormenta en cuanto a intensidad y duración.

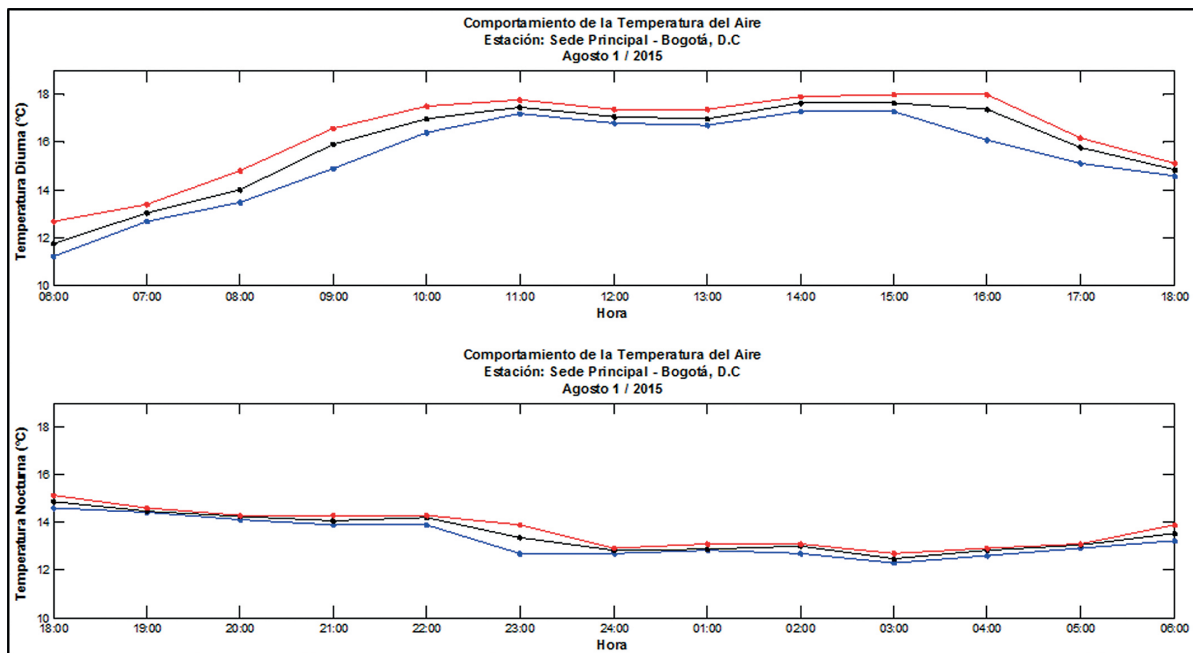


Figura 3. Comportamiento horario de la temperatura. Boletín climatológico diario.

Esta configuración permite la caracterización de variables como la temperatura (Figura 3), humedad relativa y velocidad del viento. A su vez, la radiación solar queda caracterizada únicamente dentro de la franja diurna (Figura 4). El

comportamiento de la precipitación diaria (Figura 5), es importante en los análisis a escala mensual y para los días en los que se presenta precipitación se realiza un análisis independiente de cada tormenta en cuanto a intensidad y duración.

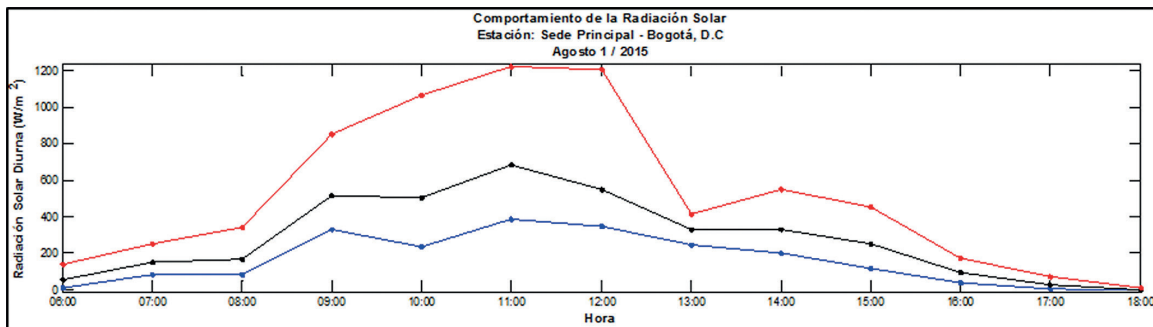


Figura 4. Comportamiento horario de la radiación solar. Boletín climatológico diario.

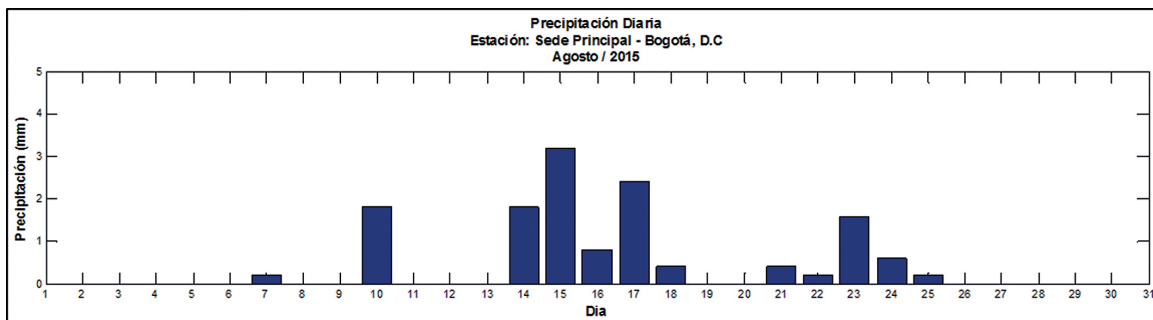


Figura 5. Precipitación diaria. Boletín mensual RMU.

Con los resultados y análisis desarrollados se realizan boletines climatológicos que se publican periódicamente en la plataforma Web. Estos boletines representan los primeros resultados de investigación del proyecto y se soportan con la información reportada por el IDEAM (IDEAM, 2015).

Finalmente, gracias a la gestión realizada con la emisora UNIMINUTO Radio, desde el mes de octubre se emiten las condiciones actuales del clima. Esta transmisión se realiza usando los registros de la estación ubicada en la sede principal.

Conclusiones

La propuesta de conformar una red de información hidrometeorológica en la Corporación Universitaria Minuto de Dios, busca

realizar aportes a la sociedad en cuanto a mejorar las mediciones del clima que permitan mejores diseños de ingeniería, así como la gestión del riesgo derivado de procesos climatológicos adversos a nivel urbano y rural. Es importante resaltar que la información derivada de la RMU y todos los análisis y boletines son abiertos al público en general y de esta manera se busca que la sociedad se identifique y acerque al conocimiento de su clima local.

Ante escenarios de un deterioro ambiental progresivo y alarmante, y dadas las inciertas circunstancias de cambio climático que enfrentamos, es deseable que la información no sea manejada por entidades privadas, cuando los eventos que comprometen la seguridad social y alimentaria afectan a toda la sociedad (Jiménez et al., 2008). La RMU busca como objetivo principal involucrar a la comunidad educativa de

UNIMINUTO en todo el país, para que entienda los aspectos básicos relacionados con los procesos atmosféricos y del clima, y para que los jóvenes y maestros se fortalezcan en el conocimiento básico de la meteorología y sus aplicaciones.

Sin embargo, la RMU aspira a que, progresivamente, se generen alianzas de cooperación con otras instituciones y entidades con el fin de contribuir al desarrollo y evolución de la meteorología colombiana, haciendo que cada día las instituciones de educación superior asuman la tarea del manejo de la información y los desarrollos académicos e investigativos que de esta se generan.

Referencias

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (Agosto de 2015).

Predicción climática y alertas. Publicación N° 246.

Jiménez, J. F., Ramírez, C. J., Ochoa, A., Poveda, G., Zapata, C. M. y Marín, M. I. (2008). *Red piloto de información hidrometeorológica para el Valle de Aburrá*. Avances en Recursos Hidráulicos. Medellín, Colombia.

Vélez, J. J., Duque, N. D., Mejía, F. y Orozco, M. (2008). *Red de monitoreo climático para dar apoyo a la prevención y atención de desastres en Manizales, Colombia*.

Mejía, F., Londoño, J. P., y Pachón, J. A. (2006). *Red de estaciones meteorológicas para prevención de desastres en Manizales-Caldas (Colombia)*. Taller Internacional sobre Gestión del Riesgo a nivel local. Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales.

