

INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE RED DE MONITOREO HIDROCLIMATOLÓGICO EN SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA CLIMATOLÓGICO.

Experiencia SATC Norte de Santander
Con Enfoque Investigativo

Jacipt Alexander Ramón | Derly Estefany Vera Mogollón | Gandhi Michael Bustos Celis



Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz



INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE RED DE MONITOREO HIDROCLIMATOLÓGICO EN SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA CLIMATOLÓGICO

Con Enfoque Investigativo



Jacipt Alexander Ramón Valencia
Derly Estefany Vera Mogollón
Gandhi Michael Bustos Celis

**CONVENIO INTERADMINISTRATIVO N° 9677 - PPA001-800-2017
CELEBRADO ENTRE EL FONDO NACIONAL DE GESTIÓN DEL RIESGO DE
DESASTRES REPRESENTADO FIDUPREVISORA S.A., DEPARTAMENTO DE
NORTE DE SANTANDER Y LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**



OBJETO:

Aunar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros para diseñar, implementar y poner en funcionamiento un sistema de alertas hidroclimatológicas tempranas (SATC) ante eventos climáticos de inundación y sequía como medida de adaptación al cambio climático, que vincule la sostenibilidad y ampliación del sistema actual a través del componente de generación y análisis de información meteorológica con la participación comunitaria y la respuesta oportuna de los organismos competentes en la cuencas de los ríos Zulia, Pamplonita, Táchira, Chitagá, Algodonal y Tibú

Ramón Valencia, Jacipt; Vera Mogollón, Derly y Bustos, Gandhi
Instalación y operación de red de monitoreo en sistemas de
alerta temprana climatológico. Experiencia SATC Norte de
Santander.

Incluye datos biográficos de los autores. -- Contiene bibliografía.
ISBN 978-958-52243-6-0

Colección:
Área: Ingeniería Ambiental



Jacipt Alexander Ramón
Gandhi Michael Bustos

Universidad de Pamplona
Km 1 Vía Bucaramanga
Pamplona - Colombia

Primera edición: Pamplona,
febrero 2020

ISBN: 978-958-52243-6-0

Diagramación: Ana Katherine
Lizarazo V.

AGRADECIMIENTOS:

Los autores expresamos nuestros agradecimientos a:

La Unidad Nacional para la Gestión de Riesgo de Desastres (UNGRD), entidad de apoyo y financió el proyecto a través de la oficina de subdirección para la Reducción del Riesgo de Desastres.

A la Gobernación del departamento de Norte de Santander quien a través del Consejo Departamental para la Gestión del Riesgo de Desastres del departamento de Norte de Santander apoyó, colaboró y financió la realización de las actividades del proyecto de investigación.

A los consejeros municipales de gestión del riesgo de desastres de los municipios de las cuencas de los ríos Zulia, Pamplonita, Táchira, Chitagá, Algodonal y Tibú del departamento de Norte de Santander, por la articulación y acompañamiento de las actividades del proyecto de investigación.

A la vicerrectoría de investigaciones a través de los Grupos de Investigaciones Ambientales Agua, Aire y Suelo GIAAS, de la Universidad de Pamplona, por la gestión y ejecución de las actividades del proyecto de investigación.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS:	5
CONTENIDO	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	11
ÍNDICE DE TABLAS.....	13
ÍNDICE DE GRÁFICOS	14
ÍNDICE DE INFOGRAFÍAS	15
ABREVIATURAS	16
.....	17
PRÓLOGO.....	17
CAPÍTULO 1: APARTADO INTRODUCTORIO.....	20
1.1 PRESENTACIÓN DEL LIBRO	21
1.2 INTRODUCCIÓN.....	23
CAPÍTULO 2: MARCO CONEPTUAL.....	27
CAPÍTULO 3: ANTECEDENTES REDES DE MONITOREO	39
3.1 RED DE MONITOREO REGIÓN CENTRO ANDINA DEL ECUADOR.....	40
3.2 RED HIDROMETEOROLÓGICA DEL DISTRITO CAPITAL DE BOGOTÁ	42
3.3 SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA AMBIENTAL (SIATA).....	43
3.4 RED DE MONITOREO HIDROCLIMATOLÓGICA DE NORTE DE SANTANDER	45
3.4.1 Acercamiento:.....	47
3.4.2 Diagnósticos:.....	47
3.4.3 Identificación de zonas de interés:.....	48

3.4.4 Identificación de puntos de instalación:.....	48
3.4.5 Implementación de la red de monitoreo:.....	48
CAPÍTULO 4: RED DE MONITOREO METEOROLÓGICA SATC NORTE DE SANTANDER	49
4.1 OBJETIVO.....	50
4.2 ÁREA DE APLICACIÓN	50
4.3 OBSERVACIONES.....	50
4.4 METODOLOGÍA	51
4.5 DIAGNÓSTICO.....	56
4.5.1. Corroborar:.....	56
4.5.1 Matriz de Valoración de sitios de Instalación.....	57
4.5.2 Matriz de valoración de estaciones instaladas.....	60
4.6 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.....	63
4.6.1 CARACTERÍSTICAS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS.....	66
4.6.2 Especificaciones Estación Meteorológica MA 3081.....	70
4.8 DESCRIPCIÓN DE METODOLOGÍA DE INSTALACIÓN.....	74
4.8.1 Composición del Sistema Integrado de Sensores (ISS) o unidad externa.	74
4.8.2 Equipo meteorológico instalado en campo	90
4.8.3 Estructura de anclaje y/o soporte.....	91
4.9 Inconvenientes comunes, reparación y mantenimientos.....	92
4.9.1 Guía de averías.....	92
4.9.2 Medidas de Mantenimiento y cuidado de estación.....	95
CAPÍTULO 5 RED DE MONITOREO HIDROLÓGICA SATC NORTE DE SANTANDER.....	99
5.1 OBJETIVO.....	100
5.2 ÁREA DE APLICACIÓN	100
5.3 OBSERVACIONES.....	100

5.4 METODOLOGÍA	101
5.5 DIAGNÓSTICO	105
5.5.1 Matriz de Valoración de sitios de Instalación	106
5.6 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	109
5.6.1 Características estación hidrológica de radar por impulso	110
5.7.1 Características sensor hidrológico (Gauger GSM)	114
5.8.1 Medidor de flujo magnético.....	120
5.9.1 Soportes y anclajes de sensores.....	121
CAPITULO 6: REQUERIMIENTO DE OBRA CIVIL PARA LAS ESTACIONES HIDROLÓGICAS AUTOMÁTICAS.....	122
6.1 Requerimientos de obra civil para las estaciones hidrológicas automáticas.	123
6.2 Obras de estructura necesaria para sensores de nivel	123
6.2.1 Caseta en mampostería	123
6.2.2 Carpintería metálica	125
CAPÍTULO 7: IMPLEMENTACIÓN DE LA RED HIDROMETEOROLÓGICA INSTALADA EN EL DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER.	127
7.1 Implementación de la red meteorológica SATC.	128
7.1.1 Estaciones instaladas en el departamento.....	128
7.1.2 Estaciones de comparativa IDEAM - SATC	133
7.2 Implementación de la red hidrológica SATC.....	138
7.2.1 Estaciones Instaladas en el departamento:.....	138
7.2.2 Proceso de calibración	142
7.2.3 Valla informativa	146
7.2.3 Red hidrológica proyectada a instalar.	146
CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES	148

CAPÍTULO 9: BIBLIOGRAFÍA.....	151
BIBLIOGRAFÍA.....	152
AUTORES.....	156
Jacipt Alexander Ramón Valencia.....	157
Derly Estefany Vera Mogollón.....	159
Gandhi Michael Bustos Celis.....	160

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Objetivo de la red de monitoreo meteorológica.....	51
Figura 2: Metodología de red de monitoreo meteorológica	53
Figura 3: Metodología de implementación de la red meteorológica y selección de puntos	54
Figura 4: Metodología de instalación.....	57
Figura 5: Equipo y herramientasFuente: Autores.....	72
Figura 6: Etapas de ensamblaje mecánico de estaciones	89
Figura 7: Objetivo de la red de monitoreo hidrológica	101
Figura 8: Sistema de información hidrometeorológica	102
Figura 9: Metodología de la red de monitoreo hidrológica	103
Figura 10: Implementación de la red hidrológica y selección de puntos.....	104

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Sistema de Información para la Gestión del Riesgo y Cambio Climático.	42
Ilustración 2: Plataforma web SIATA 2019	44
Ilustración 3: Red de monitoreo Meteorológica en la región centro andina Ecuatorial.....	41
Ilustración 4: Sistema de información hidrometeorológica.....	52
Ilustración 5: Equipo meteorológico a instalar en el departamento.....	64
Ilustración 6: Kit de componentes de la estación.	74
Ilustración 7: Accesorios de ensamblaje estación.....	75
Ilustración 8: Ensamblaje del anemómetro.....	76
Ilustración 9: Sujeción de cazoletas (anemómetro).....	77
Ilustración 10: Montaje del SIM y conexión de sensores.	78
Ilustración 11: Conjunto ISS Inalámbrico.....	79
Ilustración 12: Colector de lluvia o pluviómetro.....	82
Ilustración 13: Modo de inserción del imán	83
Ilustración 14: Modelo de estación funcionando.	84
Ilustración 15: Consola de adquisición de datos.....	85
Ilustración 16: Ensamble de la estación MA 3081	87
Ilustración 17: Consola de adquisición de datos MA 3081	88
Ilustración 18: Soporte en "L" y platina para instalación de estación meteorológica.	91
Ilustración 19: Soporte tipo trípode para estación meteorológica.	92
Ilustración 20: Estación hidrológica de radar por impulsos.....	110
Ilustración 21: Sensor reflectivo por radar de impulso.	111
Ilustración 22: Batería sensor reflectivo de radar por impulso	112
Ilustración 23 panel solar estación de radar por impulso.....	113
Ilustración 24: Antena Yagi.....	113
Ilustración 25: Transmisor Satlink logger – SDI 12.	114

Ilustración 26: Sensor hidrológico gauger GSM.....	115
Ilustración 27. Batería de 12V Y 35A.....	117
Ilustración 28: Panel solar para estación hidrológica	118
Ilustración 29: Regulador de carga 20A.....	119
Ilustración 30. Gabinete	119
Ilustración 31. Medidor de flujo magnético.....	120
Ilustración 32. Platina de anclaje para sensor hidrológico.....	121
Ilustración 33 Estructura de Soporte Sensor Hidrológico	121
Ilustración 34: Montaje de sensor Hidrológico Fuente de Alimentación.....	126
Ilustración 35: Red meteorológica del Sistema de Alertas Tempranas Instalada en N. de S.	132
Ilustración 36: Estaciones de la red meteorológica del SATC analizadas en N. de S	133
Ilustración 37: Estaciones MA 3081 Municipio de Pamplona Izq. Municipio de Mutiscua Der.....	134
Ilustración 38: Estaciones Davis Vantage Pro2. Municipio de Villa del Rosario Izq. Municipio de Tibú Der.	134
Ilustración 39: Sensores hidrológicos instalados Q. Arpero y Viuda.....	138
Ilustración 40: Estación hidrológica Quebrada la Viuda.....	139
Ilustración 41: Instalación del sensor hidrológico y su encerramiento	140
Ilustración 42: Resultado del aforo.	144
Ilustración 43: Aforo con medidor de flujo magnético.....	145
Ilustración 44: Valla informativa	146
Ilustración 45. Red hidrológica proyectada a ejecutar.	147

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de selección de puntos de instalación.	58
Tabla 2: Ponderado de matriz de calificación de puntos	60
Tabla 3: Rango de criterio para puntos de instalación.	60
Tabla 4: Matriz de diagnósticos de estaciones instaladas.....	61
Tabla 5: Especificaciones de la unidad externa Davis V. Pro2.	66
Tabla 6: Especificaciones de la unidad interna Davis V. Pro 2.....	68
Tabla 7: Fuente de alimentación Davis Vantage Pro 2.....	68
Tabla 8: Especificaciones unidad externa MA 3081.	70
Tabla 9: Especificaciones unidad interna MA 3081.....	71
Tabla 10: Tipo de alimentación de estación MA 3081.....	71
Tabla 11: Equipo instalado en campo.	90
Tabla 12: Problemas comunes y solución.....	93
Tabla 13. Matriz de selección de punto instalación estación hidrológica.....	106
Tabla 14. Ponderado de matriz de calificación de puntos.....	108
Tabla 15. Rango de criterio para puntos de instalación.....	108
Tabla 16: Municipios e impactos en las diferentes cuencas del departamento.	130
Tabla 17. Aforo con medidor de flujo en el Río Pamplonita.	143

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Comparativa de datos acumulados de precipitación IDEAM – SATC “Pamplona”	135
Gráfico 2: Comparativa de datos acumulados de precipitación IDEAM – SATC “Villa Rosario”	136
Gráfico 3: Comparativa de datos acumulados de precipitación IDEAM – SATC “Chitagá”	137
Gráfico 4: Perfil río Pamplonita – sección transversal.....	145

ÍNDICE DE INFOGRAFÍAS

Infografía 1: Metodología de implementación de red de monitoreo SATC Norte de Santander	46
---	----

ABREVIATURAS

CORPONOR: Corporación Regional de la frontera Nororiental
CAR: Corporación Autónoma Regional.
CDGRD: Consejo Departamental para la Gestión del Riesgo de Desastres.
CIIFEN: Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño.
CMGRD: Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres.
CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
DIMAR: Dirección General Marítima.
EIRD: Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres.
EOT: Esquema de Ordenamiento Territorial.
GFS: Global Forecast System - Sistema de pronóstico global.
IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
IDF: Intensidad – Duración – Frecuencia.
IDIGER: Instituto Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático.
IFRC: Federación Internacional de la Cruz Roja y la Media Luna Roja,
NOAA: Administración Nacional Oceánica y Atmosférica.
OMM: Organización Meteorológica Mundial.
OSSO: Observatorio Sismológico del Suroccidente.
PMGRD: Plan Municipal para la Gestión de Riesgo de Desastres.
SATC: Sistema de Alerta Temprana Climatológica.
SCMH: Servicio Colombiano de Hidrología y Meteorología.
SGC: Sistema de Gestión de Calidad.
UNGRD: Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastre.
WRF: Weather Research and Forecasting - Investigación y pronóstico del tiempo.
SGC: Servicio Geológico Colombiano
EMRE: Estrategia Municipal de Respuesta a emergencias

PRÓLOGO

Desde la perspectiva nacional la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres -UNGRD, ha venido impulsando a través de la Ley 1523 de 2012 la cual, adopta una Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres; la implementación de sistemas de alertas tempranas ante eventos climáticos extremos en los

departamentos vulnerables del territorio colombiano. Además, desde la esfera preventiva y de gestión del riesgo, en aras de garantizar el cumplimiento de la Constitución Política y la ley, los derechos de las personas y el desarrollo sostenible del territorio departamental, insta a los departamentos a través del Consejero departamental y municipales de gestión de riesgo de desastres a implementar sistemas de alertas tempranas hidroclimatológicas, con el fin de dar estricto cumplimiento a los lineamientos establecidos, tendientes a prevenir y mitigar siniestros relacionados con los eventos naturales y calamidades conexas.

En este sentido, la Universidad de Pamplona a través del grupo de Investigaciones ambientales Agua, Aire y Suelo GIAAS categoría A, ha venido adelantando una investigación de tipo cuantitativa - aplicada a través de la línea de investigación Variabilidad y cambio climático con la realización de proyectos de investigación desde el año 2013 en alianza con la Unidad Nacional de gestión del riesgo de desastres UNGRD, el consejo departamental de gestión del riesgo de desastres del departamento de Norte de Santander CDGRD y la Agencia de Cooperación Alemana GIZ proyectos de investigación en sistema de alerta temprana ante eventos climáticos extremos en las cuencas de los ríos Zulía y pamplonita, departamento de Norte de Santander (Convenio No. 9677-04-898-2013), con una inversión \$430.000.000; el cual fue uno de los proyectos ganadores del "Primer concurso Nacional para el reconocimiento e implementación de proyectos de reducción del riesgo a través de medidas de adaptación a la variabilidad y al cambio climático" realizado en el año 2012 por la Unidad Nacional de gestión del riesgo de desastres UNGRD; el objetivo general del proyecto fue Diseñar e implementar un sistema de alertas agroclimáticas tempranas (SAT) ante inundaciones, sequías, deslizamientos e incendios forestales, que vincule el componente de generación y análisis de información meteorológica y la participación comunitaria.

Todo lo anterior, es posible puesto que el Proyecto SATC se encuentra comprometido con el departamento y sus colaboradores para ejecutar e

implementar la red de monitoreo hidrometeorológico con la más alta tecnología a fin de prestar servicios eficientes y generar alertas en tiempo real ya que, la data emitida por la estación meteorológica es de tiempo minutal y para las estaciones hidrológicas son cada tres minutos, esta frecuencia en el envío de datos es de vital importancia para los SAT.

Actualmente el departamento de Norte de Santander cuenta con 26 estaciones meteorológicas instaladas en las cuencas en estudio, así como la instalación de tres sensores hidrológicos distribuidos en el área. El proyecto sigue su objetivo y es poder abarcar todo el territorio, proyectándose así implementar nueve estaciones para un total de 35 y 12 estaciones hidrológicas para un total de 15 en el área de las cuencas Pamplonita, Zulia, Chitagá, Táchira, Algodonal y Tibú.

INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE RED DE MONITOREO
HIDROCLIMATOLÓGICO EN SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA
CLIMATOLÓGICO

1

APARTADO
INTRODUCTORIO

1.1 PRESENTACIÓN DEL LIBRO

La implementación de la red de monitoreo del sistema de alerta temprana del departamento de Norte de Santander, tiene por objeto identificar y evaluar los escenarios de riesgo con respecto a los fenómenos naturales que presentan alta vulnerabilidad en los municipios del departamento y que requieren de atención inmediata, garantizando así la vida de las comunidades expuestas. Así mismo, comprende la instalación, operación y mantenimiento de estaciones meteorológicas, hidrológicas y sistemas de sirena en los municipios del departamento de Norte de Santander como modelo de ejecución del proyecto del Sistema de Alertas Tempranas como medida de adaptación al Cambio Climático (SATC), permite identificar las zonas más vulnerables y críticas en cuanto a eventos de desastre natural en los diferentes municipios del departamento con alta probabilidad de riesgo; es por ello que el SATC se encuentra contempla en sus actividades la realización y llevar a cabo jornadas de capacitación a entidades participes en el proceso de implementación de las estaciones que permitan obtener datos en tiempo real con el fin de conocer el tiempo atmosférico en tiempo real para la activación de alertas ante la posible ocurrencia de eventos meteorológicos extremos y poder alimentar la data con respecto a las variables del clima. Así mismo la fundamentación teórica y estructuras metodológicas juegan un papel importante puesto que permiten establecer acontecimientos climatológicos bajo escenarios de cambio climático y un ejemplo claro de ello fue la ola invernal del 2010 – 2011 que golpeo al departamento siendo este uno de los más vulnerables, (Alzate, Rojas, Mosquera, & Ramón, 2015).

Cabe resaltar que en Colombia el mayor riesgo lo representan las amenazas sísmicas altas y medias, seguidas por el potencial que tienen las inundaciones y los movimientos en masa (Campos, y otros, 2012), así mismo la frecuencia de

eventos extremos en el departamento Norte de Santander ha aumentado, presentándose antecedentes relacionados con deslizamientos por lluvia, avenidas torrenciales, inundaciones e incendios forestales.

Por lo anterior los sistemas de alerta temprana deben estar articulados a sistemas eficientes de comunicación e incluir el manejo del riesgo (Domínguez & Lozano, 2014) y es por esta razón que la conformación de redes de monitoreo o SAT's a nivel nacional tienen un rol importante en cuanto a la toma de decisiones para activar protocolos de respuesta ante riesgos latentes.

1.2 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Unidad Nacional de Gestión de Riesgo y Desastre (UNGRD, Unidad Nacional de Gestión del Riesgo y Desastre, 2019) define a los sistemas de alerta temprana, como un mecanismo autónomo que no necesita de otro sistema para estar interconectado, su función es dar aviso y advertir a la comunidad en tiempo real ante cualquier eventualidad en las zonas de alto riesgo ante la manifestación de un fenómeno natural, como las inundaciones y las sequías las cuales son amenazas de tipo meteorológicas e hidrológicas con mayor importancia debido a la magnitud de los daños que causan, por lo que en las últimas décadas ha crecido el interés por la implementación de sistemas de alerta temprana (SAT) para contrarrestar las eventualidades y minimizar los detrimentos en las poblaciones (Ocharan, 2007) (Lenton, 2011) (Domínguez & Lozano, 2014). Tales sistemas han contribuido a reducir las pérdidas económicas y el número de heridos o víctimas mortales. Por otra parte, (López, Carvajal, & Enciso, 2017) establecen que los sistemas de alerta temprana facilitan los procesos de adaptación y mitigación de impactos siempre y cuando estos cuenten con todas las herramientas e insumos para su puesta en operación.

El cambio climático y la inexistencia de herramientas de planificación territorial han llevado al incremento de amenazas meteorológicas e hidrológicas (UNEP & GEAS, 2012) y es por esta razón que se requiere de implementar sistemas de alerta temprana que monitoreen dichas amenazas y permitan disminuir las pérdidas de vidas humanas. Es así como los pronósticos del tiempo atmosférico y la generación de boletines es de suma importancia a la hora de hablar de la conformación de redes de monitoreo o SAT's, puesto que de ellos dependen muchos sectores como lo es la producción agrícola, ganadería y la comunidad en general y esta última es quien se encarga de prevenir, lidiar y actuar tomando decisiones acertadas, en cuanto a las posibles eventualidades climáticas

extremas que se puedan presentar en los territorios afectando a dichos sectores (Palacios, Ramón, & Herrera, 2018).

Por otra parte, la explotación indiscriminada de los recursos naturales y materias primas que son utilizadas para abastecer el consumo desmedido de las poblaciones en cuanto a bienes y servicios a nivel mundial genera grandes impactos directamente proporcionales en el medio ambiente y unos ejemplos de ello lo es el cambio climático y la variabilidad climática, por lo tanto trae consigo la alteración del clima y la inestabilidad de los ecosistemas a los que hoy conocemos y sobre todo a las poblaciones más vulnerables del mundo que se encuentran en riesgo latente y situando en riesgo la seguridad alimentaria de estas, puesto que no se encuentran preparadas para mitigar y actuar ante las posibles eventualidades por fenómenos naturales. Estudios realizados, dejan entrever que el 20% más rico de la población mundial consume el 80% de los recursos; y en conjunto estamos utilizando un 50% más de recursos naturales de los que la Tierra puede soportar, con impactos devastadores sobre la naturaleza y el acceso a la alimentación, el agua, la tierra y la energía. Esto ha hecho que nuestro planeta sea un lugar cada vez más hostil para millones de personas en todo el mundo, especialmente los más pobres, que son los que más sufren el impacto del deterioro del medio ambiente (Salazar, 2019)

Por lo que se refiere a la climatología, la Organización Mundial Meteorológica (OMM, 2011) la define como el estudio de las variaciones extremas del clima y su influencia en las actividades diarias; al mismo tiempo se entiende por clima las condiciones meteorológicas normales correspondientes a un lugar y periodo de tiempo determinado. De igual forma el clima se puede explicar mediante descripciones estadísticas de las tendencias y en particular de las variables como temperatura, humedad, punto de rocío, precipitación, presión atmosférica, incidencia solar, rayos ultravioletas, velocidad y dirección del viento. (Barriga, Viscaíno, & Recalde, 2015), establece que el equipo con capacidad de proveer información sobre las variables meteorológicas sin la participación de un observador se designa como una estación meteorológica automática, esta

almacena todas las mediciones realizadas en un registrador de datos y se conecta por medio de radiofrecuencia con la consola en donde se visualizan los datos medidos en la estación.

No obstante, la estación a instalar en el departamento para la implementación de la red de meteorológica es la estación MA 3081 la cual se compone de un equipo multifuncional que cuenta con seis sensores (Anemómetro, Temperatura y Humedad relativa, Pluviómetro y Radiación solar y Rayos UV) / función de alarma / puerto USB / software de análisis EasyWeather que permite observar los datos meteorológicos y símbolos gráficos, así como la demostración se almacena e imprime los datos. De la misma manera se cuenta con la adquisición e instalación de estaciones meteorológicas de tecnología Davis Vantage Pro2 modelo 6152 y 6163 el cual es un equipo multifuncional que permite la medición en tiempo real de diferentes variables meteorológicas, este equipo es multifuncional porque cuenta con un juego de sensores que miden parámetros como: (Temperatura, Humedad relativa, Presión barométrica, Precipitación, Velocidad y dirección del viento, Radiación solar y Rayos UV) los cuales son enviados por medio de un canal de baja frecuencia hacia una pantalla LCD que permite observar el comportamiento de las variables medidas por los sensores, esta pantalla se conecta con un dispositivo de conectividad que permite la descarga de los datos meteorológicos obtenidos en tiempo real y a su vez son enviados a la plataforma web SATC.

La conectividad de estas se basa en el uso de una placa electrónica con memoria de almacenamiento que permite la descarga de los datos por medio de una conexión a internet y estos son enviados al servidor donde se encuentra la plataforma web SATC; de igual forma y por medio de un PC se monitorea las variables en tiempo real usando el software Weatherlink el cual es una aplicación de fácil uso y descarga para la interpretación de la información. Este tipo de estaciones son muy prácticas, de fácil instalación, además los conjuntos de sensores exteriores resisten a la corrosión y a todas las condiciones del clima.

Por otra parte, los sensores hidrológicos GaugerGSM transmite información de medición a un destino predefinido. Hay dos opciones disponibles: datos GPRS a un centro de monitoreo basado en la web o SMS a un destino. El intervalo de informe es programable por el usuario. El sistema también identifica y transmite una alerta en eventos como situaciones llenas y vacías. El sistema puede programarse para identificar y alertar sobre cambios rápidos de nivel que indiquen cantidades de disminución y cambios repentinos. El sistema también puede transmitir información de estado de contacto de encendido / apagado. Este sensor es robusto y de material resistente que permite monitorear en tiempo real el nivel en las diferentes quebradas y ríos del departamento. Este es un sensor de nivel ultrasónico sin contacto con módem celular GSM integrado (solo Gauger GSM) e interfaz USB.

INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE RED DE MONITOREO
HIDROCLIMATOLÓGICO EN SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA
CLIMATOLÓGICO

2 MARCO CONCEPTUAL

Adaptación: Comprende el ajuste de los sistemas naturales o humanos a los estímulos climáticos actuales o esperados o a sus efectos, con el fin de moderar perjuicios o explotar oportunidades beneficiosas, En el caso de los eventos hidrometeorológicos la Adaptación al Cambio Climático corresponde a la gestión del riesgo de desastres en la medida en que está encaminada a la reducción de la vulnerabilidad o al mejoramiento de la resiliencia en respuesta a los cambios observados o esperados del clima y su variabilidad (Congreso de la República, 2012)

Agrometeorología: Es un instrumento eficaz que puede ser tomado como criterio objetivo de decisión en ordenación agrícola. Su aplicación contribuye a seguir la eficacia de la planificación de cultivos minimizando riesgos y maximizando la cantidad y calidad de las cosechas. (Hernández, 1993)

Alerta: Estado que se declara con anterioridad a la manifestación de un evento peligroso, con base en el monitoreo del comportamiento del respectivo fenómeno, con el fin de que las entidades y la población involucrada activen procedimientos de acción previamente establecidos. (Congreso de la República, 2012)

Amenaza: Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales. (Congreso de la República, 2012)

Análisis y evaluación del riesgo: Implica la consideración de las causas y fuentes del riesgo, sus consecuencias y la probabilidad de que dichas consecuencias puedan ocurrir. Es el modelo mediante el cual se relaciona la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos y ambientales y sus probabilidades. Se estima el

valor de los daños y las pérdidas potenciales, y se compara con criterios de seguridad establecidos, con el propósito de definir tipos de intervención y alcance de la reducción del riesgo y preparación para la respuesta y recuperación. (Congreso de la República, 2012)

Anemómetro: Este se encuentra compuesto por un conjunto giratorio formado por un eje y tres brazos con semiesferas adosadas (coperolas), formando un ángulo de 120° entre sí. Las coperolas pueden tener forma semiesférica o de cono truncado. Este instrumento está sujetado por rodamientos de acero inoxidable (rulemanes) introducidos en un casquete de metal. En el extremo del eje hay un disco con una serie de agujeros, un emisor y un receptor de luz infrarroja. Cuando coinciden emisor, orificio y receptor se envía un impulso eléctrico. La cantidad de pulsos depende de la velocidad de rotación. (Hernandez, 1993)

Balance de Radiación: Es la energía que llega al límite de la atmosfera equivalente a unos 130 W/m² o 1.25 cal/cm² min, aproximadamente un 17% es absorbida por el ozono y el vapor de agua. El ozono absorbe toda la radiación ultravioleta de $\lambda < 2900\text{\AA}$ y el vapor de agua absorbe, en menor cantidad las radiaciones correspondientes a unas estrechas bandas situadas entre 0,9 y 2,1 μ . Alrededor del 31% de dicha radiación es reflejada inmediatamente al espacio por la atmósfera, las nubes y la superficie terrestre, por lo que en realidad es sólo el 69% restante lo que calienta la tierra y la atmósfera. (Ferrerías, 2019)

Barómetro & presión barométrica: Un barómetro es un dispositivo que mide la presión ejercida sobre él por la atmósfera de la tierra. Esta medición se denomina presión barométrica. Las personas no sienten la presión barométrica porque la presión atmosférica está empujando en todas las direcciones de forma equitativa (Meteoagro, Manual de operación de estación meteorológica profesional. , 2019)

Brillo Solar: Es la radiación del sol es a través de la medición de las horas de sol efectivo en el día (brillo solar o insolación), que se asocia a la cantidad de tiempo durante el cual la superficie del suelo es irradiada por la radiación solar directa (IDEAM, 2005)

Calamidad pública: Es el resultado que se desencadena de la manifestación de uno o varios eventos naturales o antropogénicos no intencionales que al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en las personas, los bienes, la infraestructura, los medios de subsistencia, la prestación de servicios o los recursos ambientales, causa daños o pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales, generando una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento de la población, en el respectivo territorio, que exige al municipio, distrito o departamento ejecutar acciones de respuesta a la emergencia, rehabilitación y reconstrucción. (Congreso de la República, 2012)

Cambio climático: Importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más). El cambio climático se puede deber a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo, o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras. (Congreso de la República, 2012)

Clima: Es el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, caracterizado por los estados y evoluciones del tiempo, en un periodo y región dados, y controlado por factores forzantes y determinantes, y por la interacción entre los diferentes componentes del sistema climático (atmósfera, hidrosfera, litosfera, criósfera, biosfera y antroposfera) (IDEAM, 2005)

Conocimiento del riesgo: Es el proceso de la gestión del riesgo compuesto por la identificación de escenarios de riesgo, el análisis y evaluación del riesgo, el monitoreo y seguimiento del riesgo y sus componentes y la comunicación para

promover una mayor conciencia del mismo que alimenta los procesos de reducción del riesgo y de manejo de desastre. (Congreso de la República, 2012)

Cuenca: territorio cuyas aguas van a parar a un mismo río, lago o mar.

Desastre: Es el resultado que se desencadena de la manifestación de uno o varios eventos naturales o antropogénicos no intencionales que al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en las personas, los bienes, la infraestructura, los medios de subsistencia, la prestación de servicios o los recursos ambientales, causa daños o pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales, generando una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad, que exige del Estado y del sistema nacional ejecutar acciones de respuesta a la emergencia, rehabilitación y reconstrucción. (Congreso de la República, 2012)

Emergencia: Situación caracterizada por la alteración o interrupción intensa y grave de las condiciones normales de funcionamiento u operación de una comunidad, causada por un evento adverso o por la inminencia del mismo, que obliga a una reacción inmediata y que requiere la respuesta de las instituciones del estado, los medios de comunicación y de la comunidad en general. (Congreso de la República, 2012)

Estaciones meteorológicas: Se entiende como estación meteorológica el sitio donde se hacen observaciones y mediciones puntuales de las diferentes variables meteorológicas, usando instrumentos apropiados, con el fin de establecer el comportamiento atmosférico en las diferentes zonas de un territorio. (IDEAM, 2005)

Exposición (elementos expuestos): Se refiere a la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios ambientales y recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza. (Congreso de la República, 2012)

Gestión del riesgo: Es el proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia del mismo, impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entiéndase: rehabilitación y reconstrucción. Estas acciones tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible. (Congreso de la República, 2012)

Hidrografía: ciencia que se encarga del estudio de los cuerpos de agua, y en sentido más estricto a la medida, recopilación y representación de los datos relativos al fondo del océano, las costas, las corrientes, de manera que se puedan plasmar sobre un mapa.

Hidrograma: es un gráfico que muestra la variación en el tiempo de alguna información hidrológica tal como: nivel de agua, caudal, carga de sedimentos entre otros.

Hidrología: Es la ciencia que trata con las aguas de la tierra, su ocurrencia, circulación, distribución, sus propiedades químicas y físicas y su interacción con medio ambiente. Teniendo en cuenta que el agua dulce es un recurso limitado y vulnerable, esencial para la vida, el desarrollo y el medio ambiente.

Hidrometría: obtiene y provee datos relacionados con la distribución espacial y temporal del recurso hídrico. Base sobre la cual se apoyan los estudios hidrológicos, planeación y manejo de los recursos hídricos.

Humedad atmosférica: Es el porcentaje de humedad que contiene el aire con respecto al total que es capaz de contener como función de su temperatura y su presión (IDEAM, 2005)

Intervención: Corresponde al tratamiento del riesgo mediante la modificación intencional de las características de un fenómeno con el fin de reducir la amenaza que representa o de modificar las características intrínsecas de un elemento expuesto con el fin de reducir su vulnerabilidad. (Congreso de la República, 2012)

Intervención correctiva: Proceso cuyo objetivo es reducir el nivel de riesgo existente en la sociedad a través de acciones de mitigación, en el sentido de disminuir o reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad de los elementos expuestos. (Congreso de la República, 2012)

LCD: es un acrónimo para "Pantalla de Cristal Líquido" ("Liquid Crystal Display" en inglés). Este es un tipo común de pantalla usada en televisores, computadores, relojes de pulsera y relojes digitales, en este serán visualizados los datos tomados por la estación (Meteoagro, Manual de operación de estación meteorológica profesional. , 2019).

Meteorología: parte de la física que estudia los fenómenos naturales de la atmósfera terrestre y los factores que producen el tiempo atmosférico.

Monitoreo: Proceso de seguimiento de las condiciones de calidad y cantidad del recurso en cualquiera de los ambientes en que se presente, continental (superficial y subterráneos), marino o costero, durante un tiempo indefinido o definido y en un área específica. Este proceso de monitoreo conlleva al concepto de red, normas y estándares, entendido este como el conjunto de actividades relativas al a recolección de datos, diseñados y procesados para lograr un objetivo único o un conjunto de objetivos compatibles.

Presión atmosférica: presión que ejerce la atmósfera que rodea la tierra sobre todos los objetos que se hallan en contacto con ella. La presión atmosférica cambia con la altitud, a mayor altitud menor presión atmosférica, un aumento en altitud de 1000 m representa una disminución de presión atmosférica de aproximadamente 100 hPa (MetAs, 2019)

Presión atmosférica absoluta: La presión atmosférica absoluta es de hecho la presión atmosférica en el barómetro sin consideración de la altitud (Meteoagro, Manual de operación de estación meteorológica profesional. , 2019)

Presión atmosférica normalizada: presión ejercida por la atmósfera bajo condiciones normalizadas, igual a 1013,25 hPa (760 mmHg). La cual idealmente se presenta a una altitud de 0 m.s.n.m. (sobre el nivel medio del mar), temperatura ambiente de 20 °C, humedad de 65 %HR y densidad del aire de 1,2 kg/m³ (MetAs, 2019)

Presión atmosférica relativa: La presión atmosférica relativa es la misma que la presión barométrica. El cálculo de la presión atmosférica relativa es la combinación de la presión atmosférica absoluta y la altitud (Meteoagro, Manual de operación de estación meteorológica profesional. , 2019)

Presión barométrica: presión atmosférica local más una corrección por la altitud geopotencial local. La presión barométrica oscila alrededor de la presión atmosférica normalizada (1 013,25 hPa) (MetAs, 2019)

Precipitación: La precipitación es la caída de partículas de agua líquida o sólida que se originan en una nube, atraviesan la atmósfera y llegan al suelo. La cantidad de precipitación es el volumen de agua lluvia que pasa a través de una superficie en un tiempo determinado (IDEAM, 2005)

Prevención de riesgo: Medidas y acciones de intervención restrictiva o prospectiva dispuestas con anticipación con el fin de evitar que se genere riesgo. Puede enfocarse a evitar o neutralizar la amenaza o la exposición y la vulnerabilidad ante la misma en forma definitiva para impedir que se genere nuevo riesgo. Los instrumentos esenciales de la prevención son aquellos previstos en la planificación, la inversión pública y el ordenamiento ambiental

territorial, que tienen como objetivo reglamentar el uso y la ocupación del suelo de forma segura y sostenible. (Congreso de la República, 2012)

Protección financiera: Mecanismos o instrumentos financieros de retención intencional o transferencia del riesgo que se establecen en forma ex ante con el fin de acceder de manera ex post a recursos económicos oportunos para la atención de emergencias y la recuperación. (Congreso de la República, 2012)

Radiación Solar: A la meteorología agrícola le interesa principalmente las condiciones meteorológicas en las capas más bajas de la atmósfera que es donde los factores meteorológicos más directamente influyen en los intercambios de energía de la radiación solar en la superficie del suelo y en las plantas. La producción agrícola puede ser considerada esencialmente como la conversión de la energía de la radiación solar, el agua y las materias nutrientes del suelo en productos económicos terminados. (Ferrerías, 2019)

Recuperación: Son las acciones para el restablecimiento de las condiciones normales de vida mediante la rehabilitación, reparación o reconstrucción del área afectada, los bienes y servicios interrumpidos o deteriorados y el restablecimiento e impulso del desarrollo económico y social de la comunidad. La recuperación tiene como propósito central evitar la reproducción de las condiciones de riesgo preexistentes en el área o sector afectado. (Congreso de la República, 2012)

Reducción del riesgo: Es el proceso de la gestión del riesgo, está compuesto por la intervención dirigida a modificar o disminuir las condiciones de riesgo existentes, entiéndase: mitigación del riesgo y a evitar nuevo riesgo en el territorio, entiéndase: prevención del riesgo. Son medidas de mitigación y prevención que se adoptan con antelación para reducir la amenaza, la exposición y disminuir la vulnerabilidad de las personas, los medios de subsistencia, los bienes, la infraestructura y los recursos ambientales, para evitar o minimizar los daños y pérdidas en caso de producirse los eventos físicos peligrosos. La

reducción del riesgo la componen la intervención correctiva del riesgo existente, la intervención prospectiva de nuevo riesgo y la protección financiera. (Congreso de la República, 2012)

Respuesta: Ejecución de las actividades necesarias para la atención de la emergencia como accesibilidad y transporte, telecomunicaciones, evaluación de daños y análisis de necesidades, salud y saneamiento básico, búsqueda y rescate, extinción de incendios y manejo de materiales peligrosos, albergues y alimentación, servicios públicos, seguridad y convivencia, aspectos financieros y legales, información pública y el manejo general de la respuesta, entre otros. La efectividad de la respuesta depende de la calidad de preparación. (Congreso de la República, 2012)

Riesgo de desastres: Corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente, el riesgo de desastres se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad. (Congreso de la República, 2012)

Red Meteorológica: Una red meteorológica es el conjunto de estaciones, convenientemente distribuidas, en las que se observan, miden y/o registran los diferentes fenómenos y elementos atmosféricos que son necesarios en la determinación del estado del tiempo y el clima en una región, para su posterior aplicación a diversos usos y objetivos (IDEAM, 2005)

Red Climatológica: Esta red la componen las denominadas estaciones climatológicas en las cuales se miden, además de la precipitación, otras variables meteorológicas como la temperatura, las características de humedad del aire, el brillo solar, el viento (dirección, recorrido y velocidad) y la evaporación, con el propósito de obtener las variables usadas para el seguimiento y estudio del

clima. En las estaciones climatológicas se toman datos tres veces al día o se registran continuamente (IDEAM, 2005)

Tanque de evaporación: Es un recipiente con dimensiones aproximadamente de 1.5 a 2 metros con una altura entre 0.3 y .4 metros pueden estar instalados sobre varas de madera en el suelo o enterrados en el piso. Se les llena con agua hasta unos 0.5 metros del borde y cada 24 horas se mide el nivel y se procede a obtener la diferencia en mm (Ferrerías, 2019)

Temperatura: Es una medida del grado de calor o frío de un cuerpo o un medio los tres parámetros que describen el régimen de la temperatura en un determinado lugar son la temperatura media, la máxima media y la mínima media, en la escala media mensual multianual (IDEAM, 2005)

Temperatura del Suelo: Se utilizan para medir la temperatura del suelo y a distintas profundidades. Se recomienda que todo el termómetro esté sumergido para evitar el error por columna emergente. Los termómetros que miden distintas profundidades se colocan dentro de un compartimento de plástico, cerámica o cualquier material que adquiera la temperatura de la tierra. (Hernández, 1993)

Viento: Es el aire en movimiento. Se representa por un vector que puede ser descompuesto en una componente horizontal y otra vertical. La proyección horizontal del vector viento es lo que llamamos viento, y a la componente vertical se le denomina corriente ascendente o descendente, según corresponda.

Para identificar el viento, es necesario determinar su dirección y velocidad. La dirección del viento se define como aquella de donde procede. Se expresa en grados sexagesimales contados en el sentido que giran las manecillas del reloj, a partir del norte geográfico, utilizando los rumbos de la rosa de los vientos. Las 8 direcciones principales son Norte, Noreste, Este, Sureste, Sur, Suroeste, Oeste y Noroeste. La velocidad del viento es la distancia que recorre una partícula de aire en la unidad de tiempo. Se expresa en metros por segundo (m/s), kilómetros

por hora (km/h) o nudos. Cuando la velocidad del viento es inferior a 0,5 m/s se dice que el viento está en calma (IDEAM, 2005)

Vulnerabilidad: Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos. (Congreso de la República, 2012)

INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE RED DE MONITOREO
HIDROCLIMATOLÓGICO EN SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA
CLIMATOLÓGICO

3 ANTECEDENTES: REDES DE MONITOREO

Los Sistemas de Alerta Temprana (SAT) son herramientas que permiten proveer una información oportuna y eficaz a través de instituciones técnicas, científicas y comunitarias, por medio de herramientas y elementos, que permiten a los individuos expuestos a una amenaza latente, la toma de decisiones para evitar o reducir su riesgo y su preparación para que puedan brindar una adecuada respuesta teniendo en cuenta sus capacidades. Estos sistemas propenden capacitar a organismos de socorro y a comunidades con el fin de actuar frente a una eventualidad con tiempo suficiente y de manera adecuada para minimizar las lesiones personales y evitar a toda costa pérdidas humanas (UNGRD, Guía para la implementación de sistemas de alerta temprana., 2019)

La necesidad de poder tener datos meteorológicos hoy en día es de suma importancia puesto que medir las condiciones atmosféricas en tiempo real permite identificar cambios inesperados en el clima y entender el comportamiento de los diferentes fenómenos que se presentan a diario como lo son las altas precipitaciones en temporadas de sequía y viceversa. Como consecuencia de lo anterior, las redes de meteorología que se vienen implementado a nivel nacional e internacional son de suma importancia para conocer y predecir el tiempo atmosférico por medio de pronósticos locales y regionales.

3.1 RED DE MONITOREO REGIÓN CENTRO ANDINA DEL ECUADOR

En este sentido, (Barriga, Viscaíno, & Recalde, 2015) en su trabajo detalla la implementación de una red de monitoreo con nueve estaciones meteorológicas automáticas instaladas en la región centro andina del Ecuador, estas cuentan con transmisión de datos por medio de un interconector de enlace RS 232 a un módem de Servicio General de paquetes de Radio (GPRS) en sitios determinados dentro del convenio de cooperación interinstitucional para la implementación de una red provincial de monitoreo Hidrometeorológico con el fin de poder medir las diferentes parámetros como temperatura, humedad, precipitación, dirección

del viento, radiación solar y presión barométrica. Luego de la implementación de la red (ver ilustración 3), se obtuvo que las estaciones meteorológicas automáticas generan registros en tiempo real cada hora durante las veinticuatro horas del día y estos datos son registrados en un servidor FTP, los cuales pueden ser observados en la página web <http://iner.esPOCH.edu.ec>; Cabe resaltar que el acceso a la información es libre y gratis para descarga de dichas variables como también el acceso a graficas que determinan el comportamiento de estas.

Ilustración 1: Red de monitoreo Meteorológica en la región centro andina Ecuatorial.



Fuente: (Barriga, Viscaíno, & Recalde, 2015).

3.2 RED HIDROMETEOROLÓGICA DEL DISTRITO CAPITAL DE BOGOTÁ

La red hidrometeorológica del Distrito Capital de Bogotá se articula a través de la acción de un extenso conjunto de entidades públicas, agrupadas para conformar el Sistema Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático (SDGR-CC), así mismo, el Fondo Distrital para la Gestión de Riesgo y Cambio Climático (FONDIGER). El SDGR-CC está conformado por todos los organismos y entidades públicas del ámbito nacional y regional con jurisdicción en el Distrito Capital, así como por las organizaciones privadas con o sin ánimo de lucro y las organizaciones comunitarias y ciudadanas. La institución distrital encargada del sistema es el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (IDIGER), conocido anteriormente como Fondo de Prevención y Atención de Emergencias (FOPAE).

Fuente: <http://www.sire.gov.co/> 2019.

Ilustración 2: Sistema de Información para la Gestión del Riesgo y Cambio Climático.



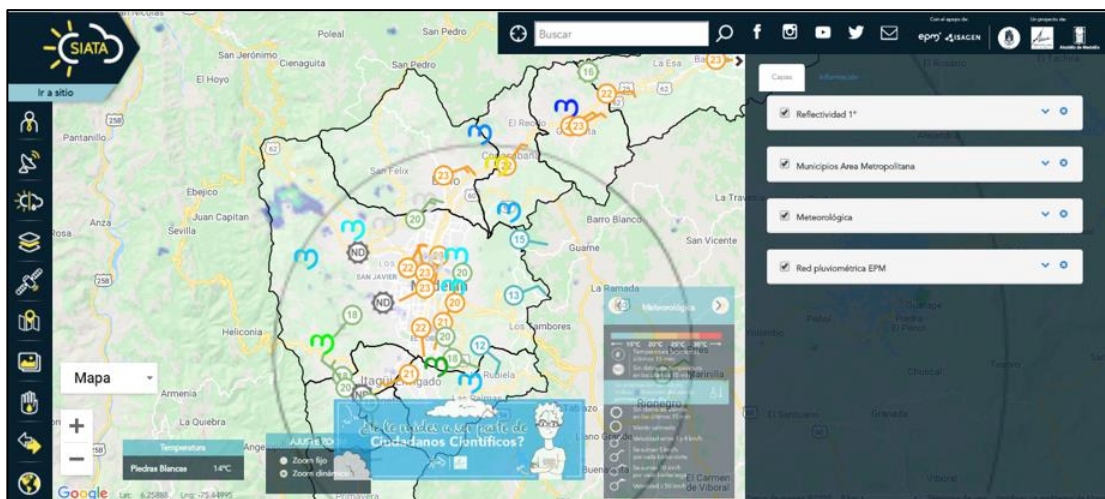
La información correspondiente se puede consultar en el Sistema de Información para la Gestión del Riesgo y Atención de Emergencias (SIRE-<http://www.sire.gov.co/>) **[ver ilustración 1]**, cuyo objetivo es facilitar la gestión del riesgo y la atención de emergencias en el Distrito Capital. De acuerdo con lo anterior, la Red Hidrometeorológica de Bogotá (RHB), consta de 27 estaciones para el monitoreo de diferentes variables hidrometeorológicas y los niveles de los ríos ubicados en el perímetro urbano; las estaciones funcionan 24 horas al día los 365 días del año. Los equipos cuentan con sistemas automáticos de registro, almacenamiento y transmisión de la información a la base del IDIGER, donde es analizada y utilizada para generar alertas a la comunidad (SIRE-CC, 2019)

3.3 SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA AMBIENTAL (SIATA)

El sistema de alerta temprana ambiental tiene como área de influencia la ciudad de Medellín y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, esta cuenta, con el apoyo y los aportes de las Empresas Públicas de Medellín (EPM) e ISAGEN. El principal objetivo del SIATA es alertar de manera oportuna a la comunidad sobre la probabilidad de ocurrencia de un evento hidrometeorológico extremo que pueda generar una situación de emergencia. Para ello monitoriza constantemente las variables atmosféricas, las cuencas y las laderas de la región. Una de las principales características del SIATA es el enfoque que se basa en la red de monitoreo tanto espacial como monitoreo terrestre por medio de estaciones y sensores que permiten medir variables atmosféricas, todo lo anterior requiere de cierta integración, facilitando la toma de los datos y análisis de estos. Las diferentes estaciones que conforman el SIATA se encuentran la red hidrometeorológica, conformada por 134 estaciones pluviométricas, y 42 estaciones son multiparamétricas que miden variables meteorológicas en tiempo real como: (temperatura, humedad relativa, presión, precipitación, dirección y velocidad del viento); así mismo, cuenta con 69 estaciones de nivel, 2 acelerógrafos, la red de humedad del suelo que toma los datos de humedad, temperatura y conductividad eléctrica y está conformada por 7 sensores de

humedad; la red de cámaras térmicas en vivo (live streaming), conformada por siete cámaras; un radar meteorológico y es el primero en su clase en instalarse en el país; ese radar se encuentra ubicado en Santa Elena y hace barrido permanente sobre el valle de Aburrá y la región vecina para obtener información concerniente a las nubes y precipitación. Así mismo, otras redes como la Red Acelero gráfica de Medellín (RAM), la Red Acelero gráfica del Valle de Aburrá (RAVA) y la Red de Calidad de Aire del Área Metropolitana. Cada una de las estaciones mencionadas anteriormente transmiten en tiempo real con el propósito de garantizar el flujo constante de información y esta se encarga de alimentar el servidor, con el fin de publicar los datos medidos por cada una de ellas en la página web (<http://siata.gov.co/>) (ver **ilustración 2**). (SIATA, 2019).

Ilustración 3: Plataforma web SIATA 2019



Fuente: <http://siata.gov.co/> 2019

El departamento del atlántico y más preciso la ciudad de Barranquilla se ha caracterizado por ser una de las zonas que presentan mayor afectación en cuanto a inundaciones súbitas y fenómenos atmosféricos puesto que estos, en los últimos años se han incrementado en frecuencia e intensidad lo que con lleva al aumento de los niveles de riesgo a nivel regional y presentando alta vulnerabilidad en los sectores económicos, sociales y ambientales. Es por estas razones que se adelantaron estudios de diseño para el desarrollo de prototipo

experimental de un SAT monitoreado a tiempo real en el área metropolitana de Barranquilla constituyéndose como una acción estratégica para la atención a desastres en el marco de la Gestión Integral del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático. Es así como se propuso la implementación de un radar Doppler y Polarimétrico de Banda - X, con una frecuencia de 9.41 GHz, potencia pico de 8 Kw y un radio de cobertura de 40 km; en cuanto al diseño del sistema de alerta y captación de datos se analizaron plataformas tecnológicas que apoyen las terminales de monitoreo como lo es Arduino y Libelium determinando que las dos ofrecen la posibilidad de comunicación inalámbrica para el monitoreo de los arroyos en la ciudad (Acosta, 2013)

De la misma manera, (López G. , 2016) llevó a cabo la instalación de una estación meteorológica en la localidad de ciudad Bolívar, y más preciso en la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital, Bogotá D.C. El equipo instalado cuenta con una serie de sensores que permite medir las diferentes variables meteorológicas como radiación solar, precipitación, temperatura, dirección del viento, entre otras. Lo anterior se enfatiza en identificar el punto de instalación adecuado para el montaje de la estación meteorológica y siguiendo los requisitos expuestos por la OMM e IDEAM, con el fin de integrar la estación a la Red Internacional para la Promoción de la Investigación y Docencia en Energización Rural para el Desarrollo Rural (Red PRIDERAS)

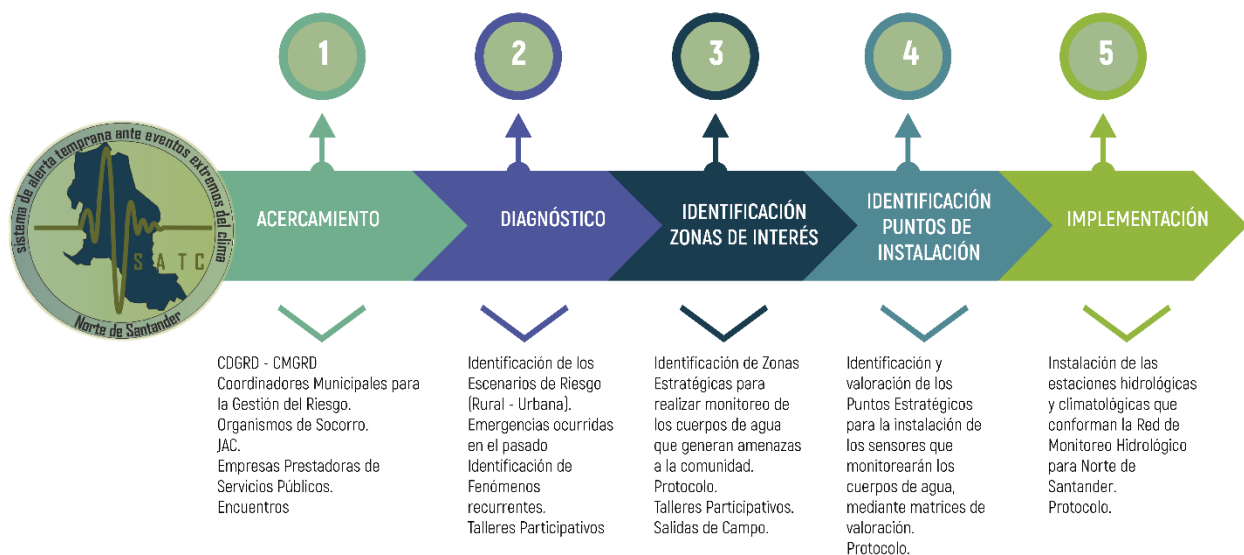
3.4 RED DE MONITOREO HIDROCLIMATOLÓGICA DE NORTE DE SANTANDER

El sistema de alerta temprana climatológica de Norte de Santander, planteó una metodología para la implementación de la red de monitoreo hidroclimatológica automática para el departamento, se compone de 5 etapas, que van desde el acercamiento hasta la instalación de los equipos. La instalación de los equipos

meteorológicos e hidrológicos requieren de indagar si en el territorio en donde están asentadas las comunidades presentan un alto riesgo por fenómenos y si existen estaciones que sean del IDEAM o Corponor que permitan monitorear en tiempo real, todo con el fin de no redundar e interferir con los equipos instalados; en la fase de diagnóstico se determina e identifican las zonas de interés que requieren de atención inmediata con el monitoreo en tiempo real por medio de la instalación de estos equipos y que garanticen alertar a las comunidades expuestas ante una eventualidad por un fenómeno natural que se presente.

No obstante, las zona definida para la implementación de dichos equipos son: la cuenca del rio Zulia, cuenca del rio Pamplonita, cuenca del rio Chitagá, cuenca del rio Táchira, cuenca Algodonal y Tibú. Así mismo, los avances del proyecto se reflejan con la instalación de 26 estaciones meteorológicas. De acuerdo con lo anterior, los equipos instalados se puede visualizar entrando a la página web www.sastcnortedesantander.gov.co estos equipos se encuentran enviando reportes en tiempo real minuto a minuto.

Infografía 1: Metodología de implementación de red de monitoreo SATC Norte de Santander



Fuente: Autores

3.4.1 Acercamiento:

De acuerdo con las entidades participes del sistema de alerta temprana en las que encontramos la CDGRD, CMGRD, Organismos de Socorro y Empresas prestadoras del servicio público de aseo, se realizan encuentros de socialización a cargo del proyecto de Sistemas de Alertas Tempranas SATC con el fin de establecer directrices y contactos con las entidades mencionadas anteriormente. Cabe resaltar que en esta etapa se lleva a cabo con el fin de dar a conocer el proyecto y escuchar los diferentes puntos de vista y participaciones en el departamento de Norte de Santander.

3.4.2 Diagnósticos:

Luego de realizar los respectivos acercamientos, se requiere de la gestión por parte del sistema de alerta temprana y los municipios identificar los escenarios de riesgo tanto urbanos como rurales en cuanto a fenómenos naturales que se han presentado y que requieren una atención prioritaria en el presente, así mismo, se tienen en cuenta los fenómenos recurrentes en los últimos tiempos y es por esto que en los territorios del departamento de Norte de Santander se realizan talleres participativos y de socialización. Todo lo anterior es necesario para la toma de decisiones en cuanto alertas tempranas. No obstante, se tiene en cuenta las medidas prospectivas las cuales son necesarias en cuanto a estudio e identificación de las causas de los fenómenos naturales presentados en los municipios del departamento en estudio.

De acuerdo con lo anterior, se establecen los puntos críticos y las zonas de atención prioritaria en los municipios que presentan alta vulnerabilidad y por tanto riesgo latente frente a fenómenos naturales como avenidas torrenciales, inundación, sequía entre otras, es así como se pueden instaurar metas a corto

plazo para la posterior instalación de equipos que permitan monitorear en tiempo real las variables meteorológicas e hidrológicas para dar respuesta oportuna a las comunidades más vulnerables.

3.4.3 Identificación de zonas de interés:

De acuerdo con los diagnósticos realizados en la etapa anterior, se identificaron los riesgos más propensos y susceptibles a ocurrir en los municipios del departamento de Norte de Santander, es por esto que se procede con visitas de campo con el fin de recolectar información pertinente sobre los riesgos presentados e identificación de las zonas susceptibles.

3.4.4 Identificación de puntos de instalación:

Luego de evaluar las zonas de interés se procede con la identificación de los posibles puntos de instalación de equipos meteorológicos, hidrológicos y sistemas de sirenas los cuales monitorean en tiempo real las condiciones atmosféricas, niveles y caudales y por último generar las alertas de acuerdo al fenómeno natural que se presenta en los territorios del departamento.

3.4.5 Implementación de la red de monitoreo:

Para la implementación de la red de monitoreo se requiere del conocimiento del riesgo y del territorio, en esta etapa se abarca todo lo referente en cuanto mediciones de caudales, niveles, mediciones de variables meteorológicas. Cabe resaltar que los actores principales como lo son las entidades CDGRD, CMGRD, Organismos de socorro, Policía Nacional, Alcaldías Municipales, JAC, entre otras; y son estas a las que se les da la capacitación en cuanto a manejo, operación, mantenimiento y visualización de datos en la plataforma los cuales son monitoreados en tiempo real.

INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE RED DE MONITOREO
HIDROCLIMATOLÓGICO EN SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA
CLIMATOLÓGICO

4

RED DE
MONITOREO
METEOROLÓGICA
SATC NORTE DE
SANTANDER

4.1 OBJETIVO

Describir el proceso y efectuar la instalación de las estaciones meteorológicas adquiridas para el proyecto de Sistemas de Alertas Tempranas ante eventos extremos del Clima, con los requerimientos técnicos, operativos para la implementación, mantenimiento y así obtener las mediciones en tiempo real de datos que permitan la información necesaria de los parámetros medidos para su posterior tratamiento en la plataforma del SATC.

4.2 ÁREA DE APLICACIÓN

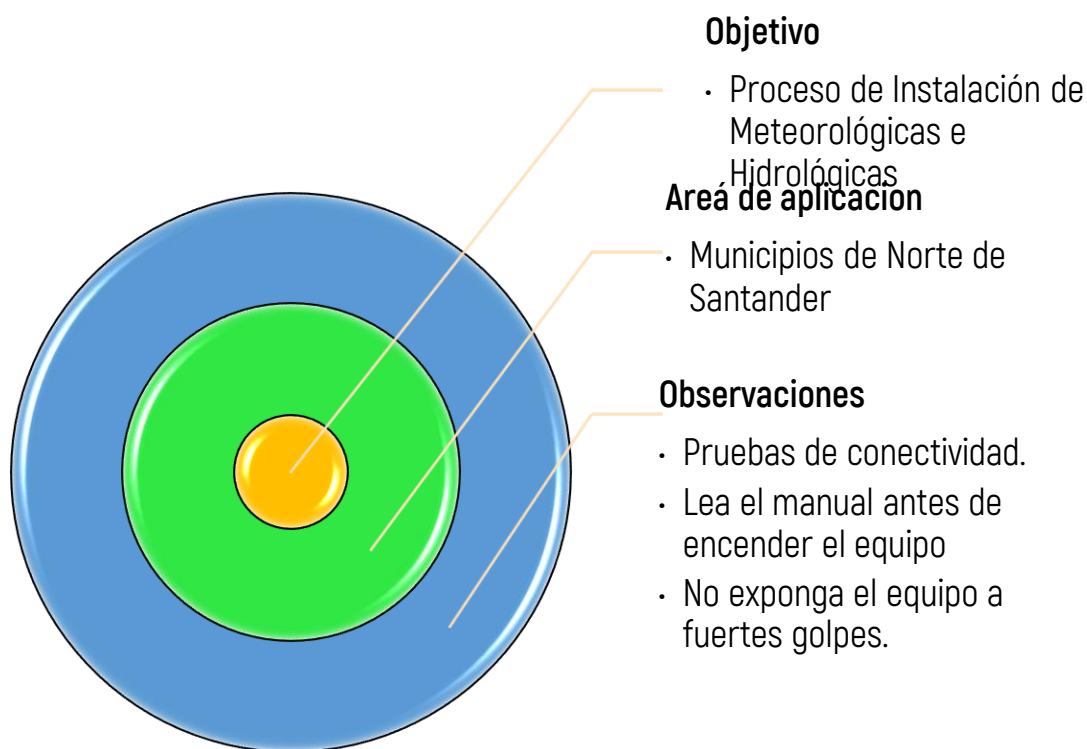
Las estaciones adquiridas en el proyecto serán instaladas en los municipios que presenten baja, media y alta vulnerabilidad de riesgo estos últimos son de mayor importancia en el Departamento de Norte de Santander.

4.3 OBSERVACIONES

Antes de realizar cualquier actividad relacionada con las estaciones y equipos meteorológicos asegúrese de leer detenidamente los manuales para evitar daños en estos y así tener la plena certeza de hacer buen uso de estos equipos.

- Antes de situar la estación en el lugar de instalación, se deben realizar pruebas con la estación armada de manera de descartar interferencias con la unidad central y por consiguiente sus datos no sean los correctos.
- Antes de insertar las baterías, lea con sumo cuidado el manual de uso.
- No exponga los equipos a fuertes golpes puesto que se puede dañar.

Figura 1: Objetivo de la red de monitoreo meteorológica.

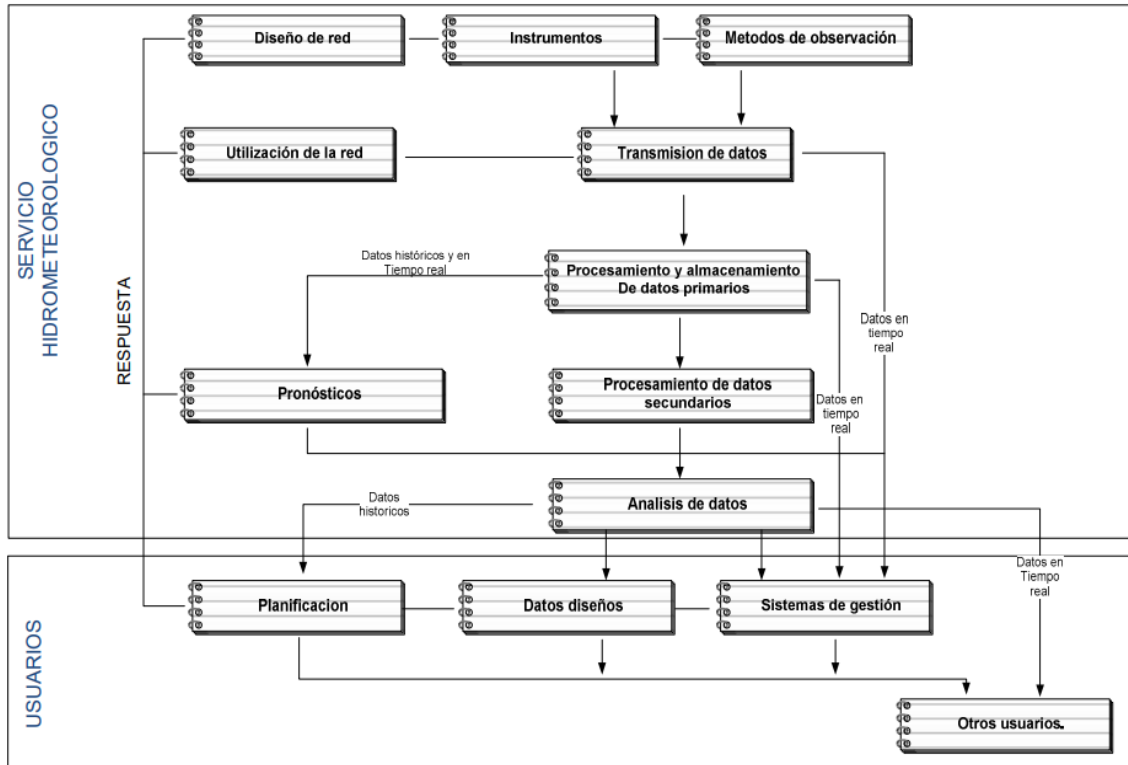


Fuente: Autores

4.4 METODOLOGÍA

La metodología utilizada para la implementación de la red meteorológica en el departamento de norte de Santander se lleva a cabo con la realización de diagnósticos de los posibles puntos de instalación los cuales deben cumplir con los requerimientos necesarios y las metodologías dispuestas por la Organización Mundial Meteorológica (OMM) ver ilustración 4, y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Cabe resaltar que se verifica la información correspondiente a los distintos antecedentes que presentan las zonas de influencia en cuanto a fenómenos naturales que se han presentado.

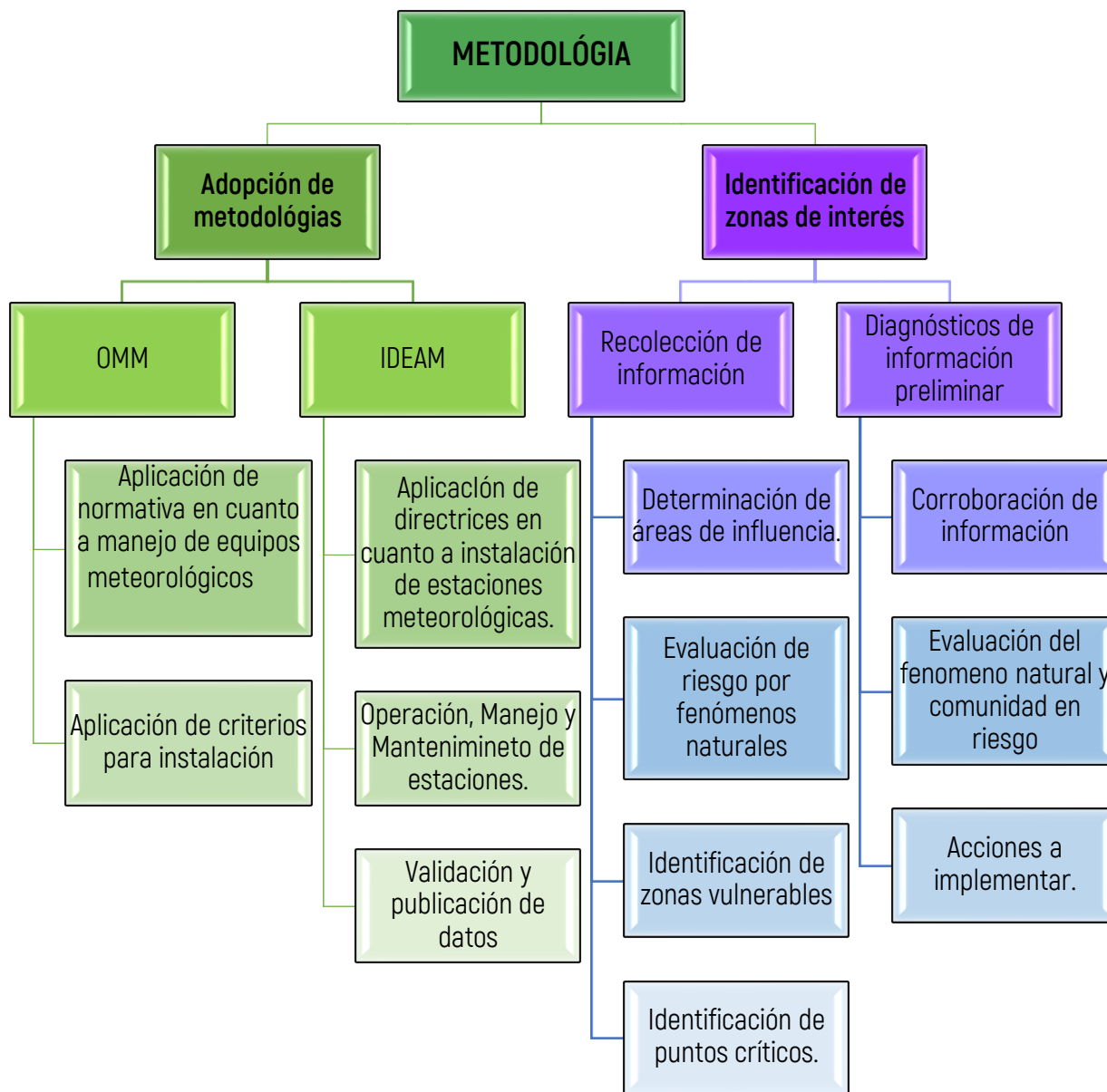
Ilustración 4: Sistema de información hidrometeorológica



Fuente: OMM 2019

Así mismo se realizaron salidas de campo y visitas necesarias en las áreas de influencia con el fin de determinar los equipos que serán instalados y los sitios de mayor impacto en las áreas urbanas como rurales. Posterior se aplican las matrices de valoración de posibles puntos de instalación para luego tabular la información y determinar el sitio adecuado con el fin de llevar a cabo la instalación de las estaciones y a su vez acompañamiento de las partes interesadas. (Ver figura 2)

Figura 2: Metodología de red de monitoreo meteorológica

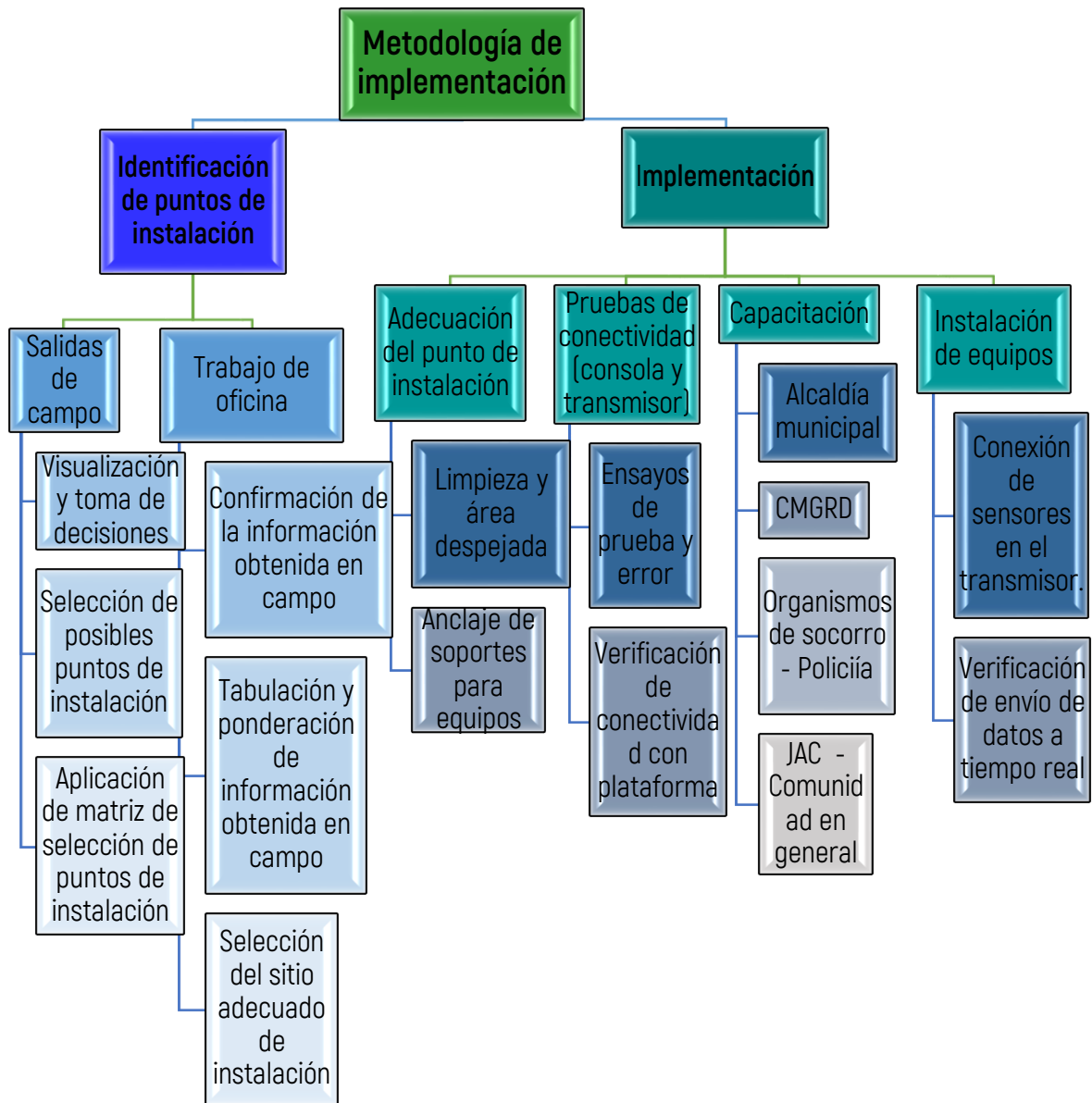


Fuente: Autores

Hay que mencionar, además que la metodología para la implementación de la red de monitoreo va más allá de instalación de equipos meteorológicos, sino que también se requiere de conocimiento necesario en cuanto a los riesgos a los que se encuentran expuestas las comunidades y por ende se deben adoptar medidas que mitiguen los impactos que generan los fenómenos naturales presentes en los territorios; a continuación, en la figura 3 se describen dos fases importantes

en cuanto a la metodología de implementación de la red meteorológica la cual es de suma importancia a la hora de la instalación de equipos en puntos estratégicos.

Figura 3: Metodología de implementación de la red meteorológica y selección de puntos



Fuente: Autores



4.5 DIAGNÓSTICO

En los diagnósticos se evalúan las estaciones instaladas en la primera fase del proyecto (SATC 2013), determinando las condiciones en que se encuentran las estaciones tanto en la operatividad como en su funcionamiento y poder establecer la ruta de viabilidad para reinstalarlas y que presten los servicios para los cuales fueron adquiridas. Así mismo, se deben realizar diagnósticos en los posibles sitios de instalación y fijar los puntos adecuados de instalación, teniendo como premisa la información obtenida en las etapas anteriores que son fundamentales para ejecutar la identificación de los puntos de instalación de quipos meteorológicos en los municipios que presentan alto riesgo y vulnerabilidad. No obstante, esta etapa se lleva a cabo con el fin de identificar el lugar óptimo de instalación el cual debe contar con una serie de características y parámetros como lo son:

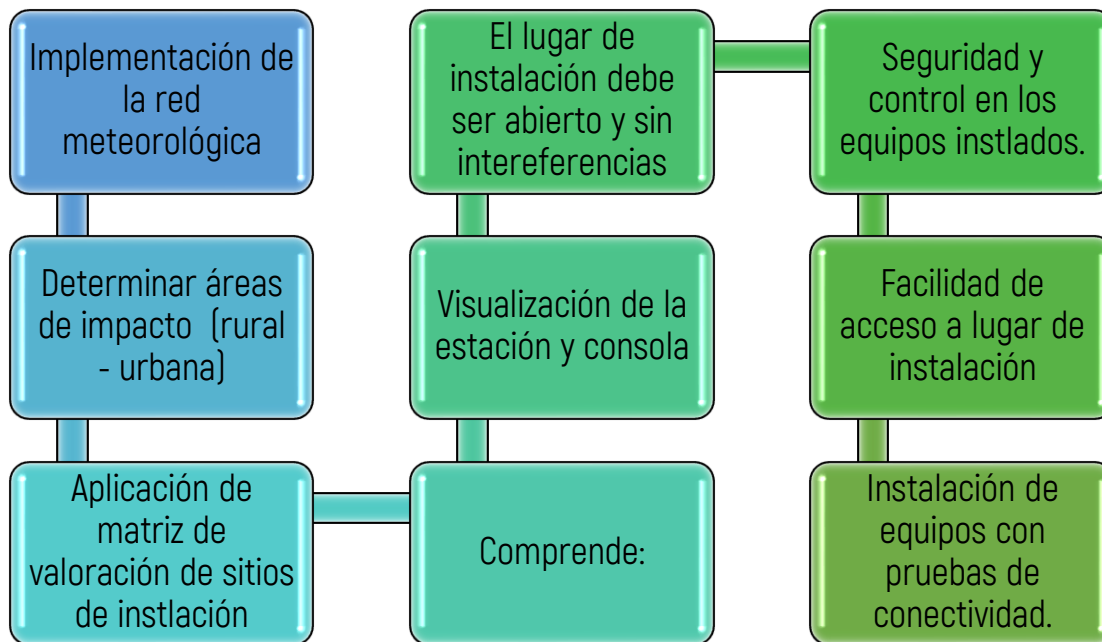
1. Visualización de la estación con la consola o ubicación de la pantalla táctil, de manera que se preste supervisión permanente para evitar daños o averías en el transcurso de operación.
2. Garantizar que el sitio de instalación sea abierto y por lo menos con un radio de 3 m a partir del punto que sobresalga más de la estación, con la finalidad de que no interfieran arbustos, árboles, construcciones con la toma de datos.
3. Seguridad y control de acceso a personal autorizado, cerramiento adecuado de la estación para evitar daños por terceros y en su defecto evitar actos de vandalismo o hurto.

4.5.1. Corroborar:

1. Facilidad de acceso a la ubicación de la estación para desarrollar actividades de inspecciones rutinarias, mantenimiento, calibración y operación.

2. Evaluar el sitio de ubicación en campo para determinar que la estación a instalar cuente con la distancia adecuada entre consola y unidad exterior que debe ser menor a 100 metros máx.
3. Garantizar que la superficie sea apta para la fijación de la estación, que esta zona no presente inundación y que el anclaje sea el correcto.
4. Establecer que la altura mínima entre el suelo y los sensores de la estación no sea menor a 2 metros, evitar el contacto con estructuras a su alrededor o que afecten la obtención de datos.

Figura 4: Metodología de instalación.



Fuente: Autores

4.5.1 Matriz de Valoración de sitios de Instalación

A continuación, en la tabla 1 se encuentra la matriz de valoración de puntos de instalación la cual es necesaria para determinar los sitios de instalación y comprende factores importantes que se tienen en cuenta antes de instalar los equipos meteorológicos en campo. Antes de iniciar el proceso de instalación el lugar debe cumplir con las siguientes condiciones

- Área debe estar despejada y sin interrupción por estructuras, arboles, antenas entre otras.
- Fácil acceso para realizar actividades de instalación y mantenimiento
- Contar con internet como medio de conexión entre consola y la plataforma.

Tabla 1. Matriz de selección de puntos de instalación.

SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA CLIMATOLÓGICA N. de S.			
FORMATO SIMPLIFICADO DE UBICACIÓN DE ESTACIÓN METEOROLÓGICA			
1	CRITERIOS PARA UBICACIÓN DE ESTACIÓN		
	Municipio		
	Vereda - Barrio		
	Predio		
	Área de influencia	<u>Directa</u>	<u>Indirecta</u>
	Nombre y celular del encargado		
	Área de impacto		
	Coordenadas Geográficas		
	Latitud		
	Longitud		
1.2	Criterios de selección del lugar		
	Pendiente (Excluyente)	Plana (0-20%) (3)	
		Ondulada (20- 50%) (1)	
		Escarpada (> 50%) (0)	
	Cobertura del Suelo	Suelo llano compacto (3)	
		Placa en Concreto (3)	
		Pasto (3)	
		Cultivo (2)	
		Rastrojo (1)	
		Bosque (0)	

Intensidad de señal celular (especificar operador, y estabilidad de la señal)	Buena (3)	
	Media (1)	
	Nula (0)	
Cercanía a obstáculos	Lejano (mayor a 5 m) (3)	
	Media (Mayor e igual a 3 m) (1)	
	Cercano (Menor a 3 m) (0)	
Fuentes de energía	Electricidad (3)	
	Solar (2)	
	Sin energía (0)	
Seguridad de la estación	Alta (3)	
	Media (1)	
	Ninguna (0)	
Compromiso del propietario predio	Alto (3)	
	Medio (1)	
	Bajo (0)	
Acceso a predio	Bueno (3)	
	Regular (1)	
	Deficiente (0)	

Fuente: Autor.

A continuación, en la tabla 2 se observa el ponderado de la matriz la cual califica los posibles puntos de instalación de las estaciones meteorológicas; Cabe resaltar, que las visitas realizadas establecen los posibles puntos de instalación y estos deben ser evaluados con la matriz de la tabla 3, con el fin de que estos puntos preseleccionados cuenten con las especificaciones necesarias y evaluando en conjunto con el rango de criterio en la tabla 3, obteniendo como resultado el lugar óptimo de instalación para los equipos meteorológicos.

Tabla 2: Ponderado de matriz de calificación de puntos

1.3	Matriz de calificación	
	Criterio	Puntuación
	Pendiente	
	Cobertura del Suelo	
	Señal de celular	
	Cercanía a obstáculos	
	Fuentes de energía	
	Seguridad de la estación	
	Compromiso propietario del predio	
	Accesibilidad	
	TOTAL	

Fuente: Autores

Tabla 3: Rango de criterio para puntos de instalación.

Rango	Criterio
Mayores a 12 puntos	Acepta sitio
Menores a 12 puntos	Rechaza sitio

Fuente: Autores

4.5.2 Matriz de valoración de estaciones instaladas

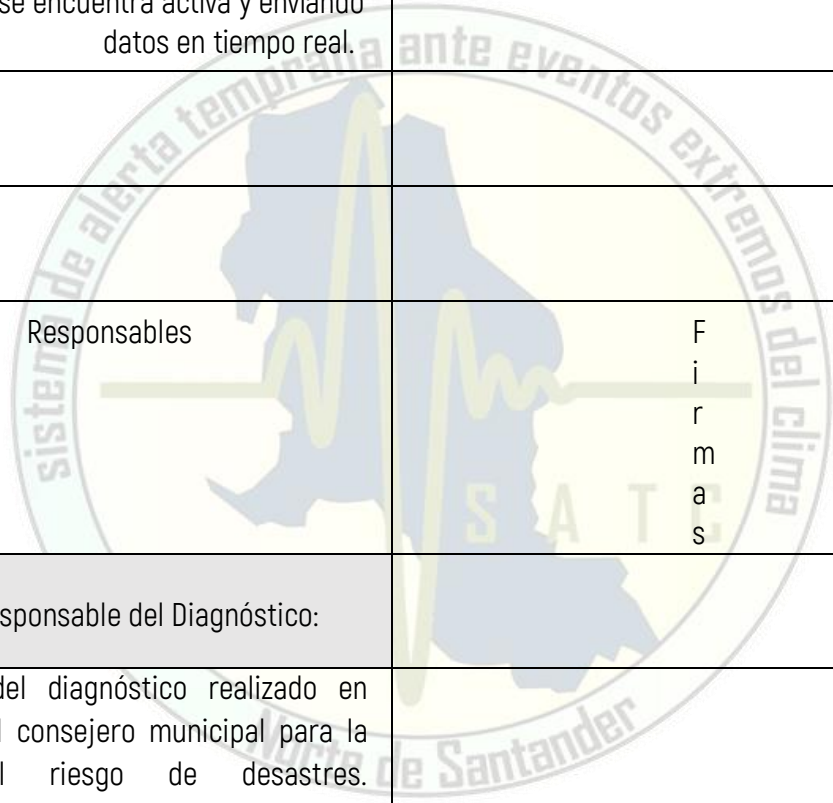
Esta matriz de valoración o diagnóstico para estaciones se efectúa con la necesidad de interpretar que las estaciones instaladas durante la primera fase del proyecto 2013 (MA 3081) y otras estaciones que se encuentren instaladas por empresas del sector público y privado (Veolia, CENS, Corponor, UFPS entre otros) se les realice dichos diagnósticos determinando así que las estaciones estén en óptimas condiciones y garanticen el buen funcionamiento de los sensores y el estado general de los equipos evaluados. Estos diagnósticos tienen una primera fase, en la que se determina un valor de Good, Regular, Bad para cada uno de los sensores, cableado, pastas de protección y soportes componen la estación instalada, ver tabla 4. Así mismo, se realiza una segunda fase en la que se aplican

los criterios de evaluación con un calificativo de si o no y las respectivas observaciones las cuales dependen del profesional a cargo de efectuar los diagnósticos.

Tabla 4: Matriz de diagnósticos de estaciones instaladas.

SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA ANTE INUNDACIONES Y SEQUÍAS COMO MEDIDA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER										
LISTA DE CHEQUEO DE REVISIÓN DE ESTACIONES SATC-UP.										
Departamento		Municipio		Nombre Estación.			Código			
Norte de Santander.										
Coordenadas Geográficas			Tipo			Tecnología				
			Meteorológica							
Norte		Oeste		Altitud		Fecha	DD/MM/AÑO			
Inventario de estación:							G	R	B	
Anemómetro										
Veleta										
Higrómetro										
Pluviómetro										
Transmisor										
Panel Solar										
Estado de las baterías										
Cableado de conexión de sensores										
Consola Liquido de Cristal LCD										
Estructura y mástil										
Criterios de revisión					Observaciones			SI	NO	
Lugar de instalación cuenta con los aspectos técnicos y operativos necesarios.										
Condiciones generales de la estación y mantenimiento										
Cuenta con la seguridad necesaria, cerramiento para evitar daños por terceros										

Visualización de la estación, consola, pantalla táctil de manera evitar daños o averías en el transcurso de operación.			
Facilidad de acceso en el lugar de instalación para desarrollar actividades de mantenimiento, inspecciones calibración y operación.			
Estructura y mástil adecuado de soporte para la estación.			
Se hace necesario el cambio parcial de la estación			
Que accesorios se deben remplazar para disponer el funcionamiento de la estación.			
La estación se encuentra activa y enviando datos en tiempo real.			
Otros 1:			
Otros 2:			
Responsables	F i r m a s		
Responsable del Diagnóstico:			
Constancia del diagnóstico realizado en compañía del consejero municipal para la gestión del riesgo de desastres. _____			
Otros cuál: _____			



Otros cuál: _____	
Otros cuál: _____	
Anexos:	

Fuente: Autor.

Estas actividades se realizaron en compañía de las partes interesadas dándoles a conocer las primicias de los posibles ajustes y requerimientos necesarios para el óptimo funcionamiento de los equipos; luego, se elaboró un informe detallado en el cual se identifican las anomalías de las estaciones y las alternativas de solución garantizando así los servicios de operatividad, mantenimiento y visualización en la plataforma web con la respectiva descarga de datos en tiempo real y gratis.

4.6 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.

Los equipos meteorológicos son el conjunto de sensores que proporcionan los datos del tiempo atmosférico in situ en tiempo real, estos equipos son robustos, compactos y se podría decir que no requieren de calibración de sensores. Es por esto que se optó por estaciones meteorológicas tipo Davis Vantage Pro2, puesto que cumplen las necesidades en cuanto a monitoreos de las variables meteorológicas en superficie las cuales son (Temperatura, Humedad, Precipitación, Intensidad solar, Rayos UV, Presión barométrica, Velocidad y Dirección del viento). De la misma manera, para la primera fase 2013, se contó con la instalación de nueve estaciones meteorológicas de modelo MA 3081 muy poco robustas y económicas pero que garantizaban el monitoreo en las cuencas del río zulía y pamplonita; y es por esta razón que estas estaciones entran en la fase de fortalecimiento para poder reintegrarlas realizando los debidos

diagnósticos y determinando así su funcionalidad como operatividad queriendo reintegrarlas al sistema de alerta temprana Ver ilustración 5.

Ilustración 5: Equipo meteorológico a instalar en el departamento.



Fuente: Autores



4.6.1 CARACTERÍSTICAS DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS

4.6.1.1 Especificaciones Estación Davis Vantage PRO2

Este equipo meteorológico es uno de la gama y variedad de estaciones que ofrece Davis Vantage Pro2, este es un dispositivo multifuncional que permite monitorear las condiciones atmosféricas en tiempo real, puesto que está compuesta por diversos sensores que computan variables meteorológicas y estos son enviados por medio de un canal de baja frecuencia a una pantalla digital que permite la visualización de dichas variables logrando que los datos obtenidos sean enviados a la plataforma web SATC; para esto último, se adoptó un dispositivo de conectividad que permite la conexión vía Ethernet por medio de redes de área local la conexión con el servidor y permite su constante monitoreo para la generación de alertas en una comunidad frente a una eventualidad inesperada. Estos equipos son de fácil instalación, compactos y que garantizan la funcionalidad de sus sensores puesto que no requieren calibración siempre y cuando se realicen las adecuadas actividades de mantenimiento correspondientes a cada uno de los sensores.

4.6.1.1 Tipos de sensores Davis y características

En la tabla 5, se puede observar los diversos sensores con los que cuenta la estación meteorológica adquirida y que monitoreara las condiciones atmosféricas en tiempo.

Tabla 5: Especificaciones de la unidad externa Davis V. Pro2.

Sensores externos Davis V. Pro2.	Unidad de medida
Distancia de transmisión en campo	(300 m) – (1000 ft)
Canal de baja frecuencia	Onda corta MHz
Rango y resolución de Temperatura	[-40°C a +65°C] – [0.1°C (0.2 °F)]
Rango de medición de la humedad relativa	0% a 100%

Rango y resolución del pluviómetro	(0 a 9999 mm) – (0.2 mm a 0.1")
Rango de dirección	Ocho puntos cardinales
Rango de velocidad del viento	0 a 240 Km/h (0 a150 mph)
Rango de Rayos UV	(0 a 12) – "adimensional"
Radiación solar	(0 a 1400 W/m ²)
Intervalo de actualización de los sensores	2,5 s.
Material de protección	Plástico ABS

Fuente: Autores

Dicha estación cuenta con la unidad externa o placa electrónica que funciona por medio de un canal de frecuencia o radio espectro que permite la conexión de los sensores externos a la unidad de procesamiento enviando estos a una consola que se encarga de recibirlos. El sensor de temperatura es de Diodo silicón recubierto, el sensor de humedad es un capacitor de tipo film, el sensor de velocidad del viento es de copa tipo switch magnético, la veleta es de tipo flecha con potenciómetro; la cubetilla del pluviómetro tiene un área aproximada de 214 cm² de recolección y un puerto RJ11 para conexión vía ethernet y descarga de datos a una PC.

En la tabla 6, se observa las características y especificaciones que trae la consola Davis Vantage Pro 2., cuenta con dos sensores internos que miden la temperatura y humedad interna de donde se encuentre instalada la consola, además esta cuenta con diversos gráficos en la pantalla que permite contrastar la información pasada y actual. Así mismo cuenta con más de setenta alarmas configurables para establecer los umbrales en las variables de temperatura, precipitación y vientos generando alertas en tiempo real cuando se presenten fenómenos inesperados.

Tabla 6: Especificaciones de la unidad interna Davis V. Pro 2.

Consola Davis V. Pro2.	Unidad de medida
Distancia de recepción interna	(300 m) – (1000 ft)
Canal de baja frecuencia	Onda corta MHz
Rango de temperatura interna	(0°C a +60°C)
Rango de medición de la humedad interna	0% a 100%
Rango de la medida de presión de aire	700 – 1100 hPa
Un puerto de conexión	RJ11
Duración de alarmas	120 segundos (2 min)
Intervalo de actualización de los sensores	2,5 s.
Material de protección	Plástico ABS

Fuente: Autores

La fuente de alimentación de la estación exterior tiene integrado un panel solar que funciona como fuente de poder durante el día, sin embargo cuenta con una batería de litio tipo C de 3V y 123A para satisfacer las necesidades de la estación sin presencia de luz solar, cabe resaltar que la duración de las baterías oscila en un periodo no mayor de dos años. Por otra parte, la pantalla cuenta con dos tipos de alimentación que pueden ser por medio del uso de baterías tipo C alcalinas y su periodo de vida útil es de nueve meses; la otra fuente de alimentación es por corriente alterna y cuenta con un adaptador de corriente que mantiene a la estación recibiendo datos de la unidad externa, ver tabla 7.

Tabla 7: Fuente de alimentación Davis Vantage Pro 2.

Fuente de Alimentación	Unidades de medida
Pantalla LCD	3 baterías tipo C Pilas Alcalinas Adaptador AC de 5VDC Y 300 mA
Sensores externos	1 batería tipo C de 3V y 123 en litio
Utilidad de las pilas	9 meses para la pantalla 7 - 9 meses para los sensores externos

Fuente: Autores



4.6.2 Especificaciones Estación Meteorológica MA 3081

La estación meteorológica MA 3081 permite obtener datos meteorológicos mediante el uso de diversos sensores, además cuenta con la visualización en tiempo real de datos e históricos puesto que tiene la opción de comunicarse con un computador personal para almacenar y tratar los datos y es de fácil instalación. Esta estación se conforma de tres componentes principales la Unidad Externa, Unidad Interna de Datos y una Fuente de Alimentación.

4.6.2.1 Especificaciones de la unidad externa.

Tabla 8: Especificaciones unidad externa MA 3081.

Sensores externos	Unidad de medida
Distancia de transmisión en campo	100 metros
Frecuencia	868 MHz
Rango y resolución de Temperatura	(-40°C a +65°C) [0.1°C]
Calidad de medición de humedad	10% - 90%
Calidad del pluviómetro	0 - 9999 mm
Resolución	0.1 mm (si volumen < 1000mm) 1.0 mm (si volumen > 1000 mm)
Rango de velocidad del viento	0 - 240 Km/h (0 - 100 mph)
Intervalo de medida de los sensores externos de temperatura y humedad	48 segundos
Protección contra agua	IPX3

Fuente: Autores

4.6.2.2 Especificaciones de la unidad interna

Tabla 9: Especificaciones unidad interna MA 3081

Sensores Internos	Unidades de medida
Intervalos de medida de los sensores internos de presión y temperatura	48 segundos
Calidad y resolución de temperatura del sensor interno	(0 °C a +50 °C) - [0.1 °C]
Calidad y resolución de medición de la humedad	(10% -- 90%) - [1%]
Calidad de medida de presión de aire	700 – 1100 hPa (0.01 inHg)
Duración de alarmas	120 segundos (2 minutos)

Fuente: Autores

4.6.2.3 Fuente de iluminación

Tabla 10: Tipo de alimentación de estación MA 3081

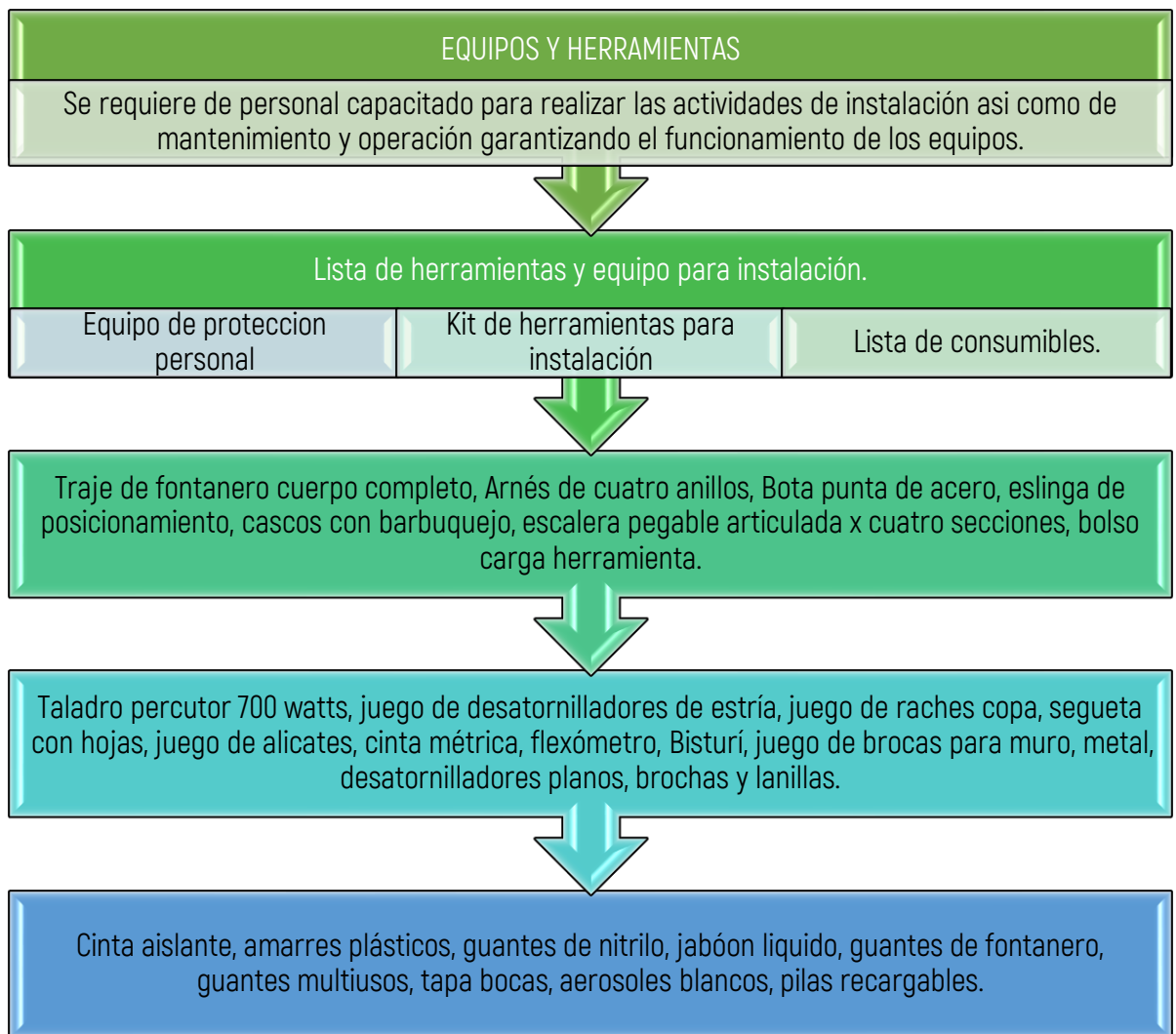
Fuente de Alimentación	Unidades de medida
Pantalla LCD	3 x AA 1.5 V LR6 Pilas Alcalinas
Sensores externos	2 x AA 1.5 V LR6 Baterías Alcalinas
Utilidad de las pilas	12 meses para la pantalla 10 - 12 meses para los sensores externos

Fuente: Autores

Para la instalación de estaciones se requiere de un equipo de trabajo técnico y operativo, el cual debe poseer el debido conocimiento y en su defecto tener capacitaciones certificables que permitan el buen desarrollo en la práctica en

cuanto a manejo e instalación de estas. Además, se requiere de una serie de herramientas que faciliten su instalación, siempre y cuando se tenga a la mano todos los accesorios necesarios. A continuación, en la figura 5 se observa una breve descripción de las herramientas necesarias para la posterior instalación de estaciones meteorológicas.

Figura 5: Equipo y herramientas



Fuente: Autores



4.8 DESCRIPCIÓN DE METODOLOGÍA DE INSTALACIÓN

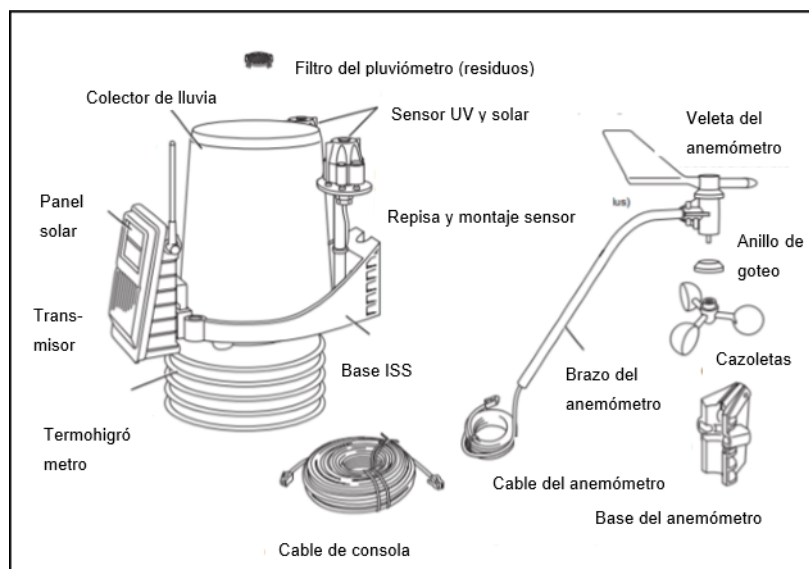
Cabe resaltar que se deben realizar las visitas necesarias a la zona de interés o instalación para llevar a cabo la valoración y elección de puntos de instalación.

Del mismo modo, se realizó el diagnóstico y mantenimiento de las estaciones ya instaladas en la fase 1 del proyecto (SATC 2013) con el fin de descartar cualquier tipo de eventualidad en caso sea de conexión y por lo tanto generar datos erróneos.

4.8.1 Composición del Sistema Integrado de Sensores (ISS) o unidad externa.

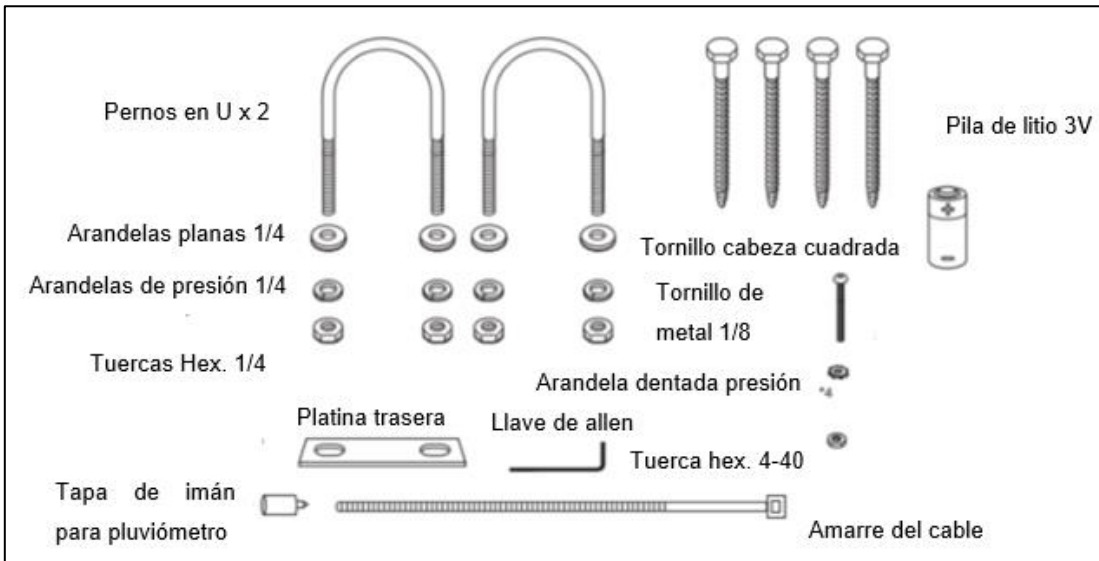
A continuación, se describen las etapas de instalación, estas constan de una serie de pasos para el correcto ensamblaje de la estación meteorológica. En la ilustración 6 y 7 se observa el kit de componentes y accesorios de ensamblaje de la estación, así como las piezas de armado. Cabe señalar que en dicha figura se encuentra el posicionamiento del anemómetro con dirección norte y la forma como se incorpora este a la estación, puesto que este consta de un brazo que compone el sensor de dirección del viento y el anemómetro que mide la velocidad en mph o en su defecto km/h

Ilustración 6: Kit de componentes de la estación.



Fuente: Manual de consola Davis Vantage Pro2.

Ilustración 7: Accesorios de ensamblaje estación.



Fuente: Manual de consola Davis Vantage Pro2.

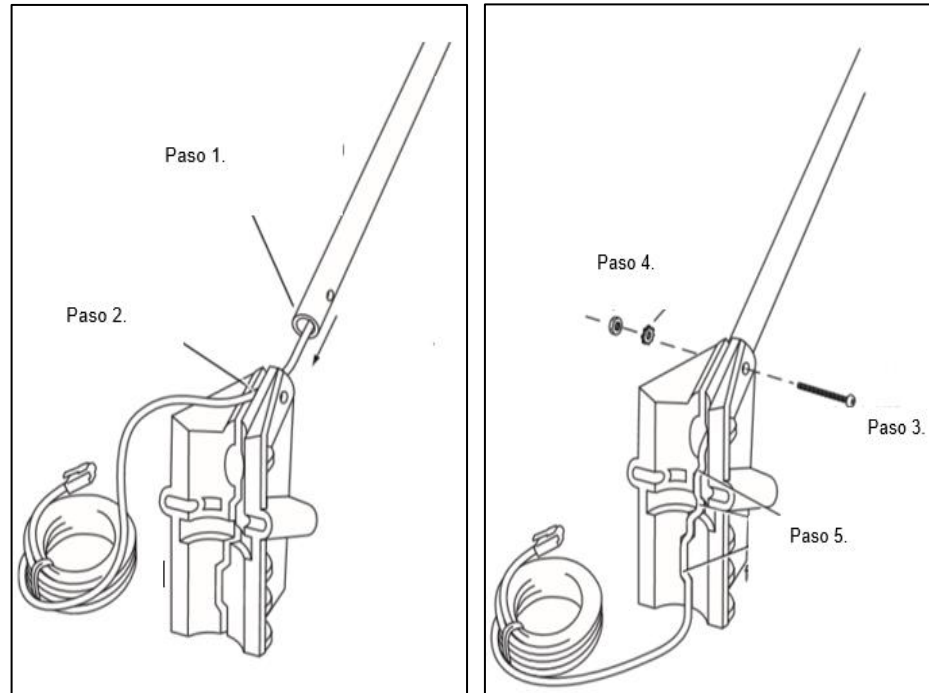
En las ilustraciones 6 y 7 se observa todos los componentes que permiten el buen funcionamiento del sistema integrado de sensores y su respectivo sistema de anclaje a la superficie se que desea instalar el equipo.

4.8.1.1 Ensamble del anemómetro

El anemómetro es un instrumento practico que computa la dirección y la velocidad del viento, este viene anclado con la veleta en la parte superior del brazo. Las copas de swicht magnético viene por separado y se deben ajustar con la llave de allen; del mismo modo es pertinente identificar y tener a la mano las siguientes piezas: (brazo del anemómetro, soporte base del anemómetro, copas o cazoletas, llave de allen, tornillo para metal con tuerca hexagonal y arandela dentada de presión # 4.)

Teniendo previsto las piezas anteriores se procede a realizar los pasos como muestra la ilustración 8.

Ilustración 8: Ensamblaje del anemómetro.



Fuente: Manual de consola Davis Vantage Pro2.

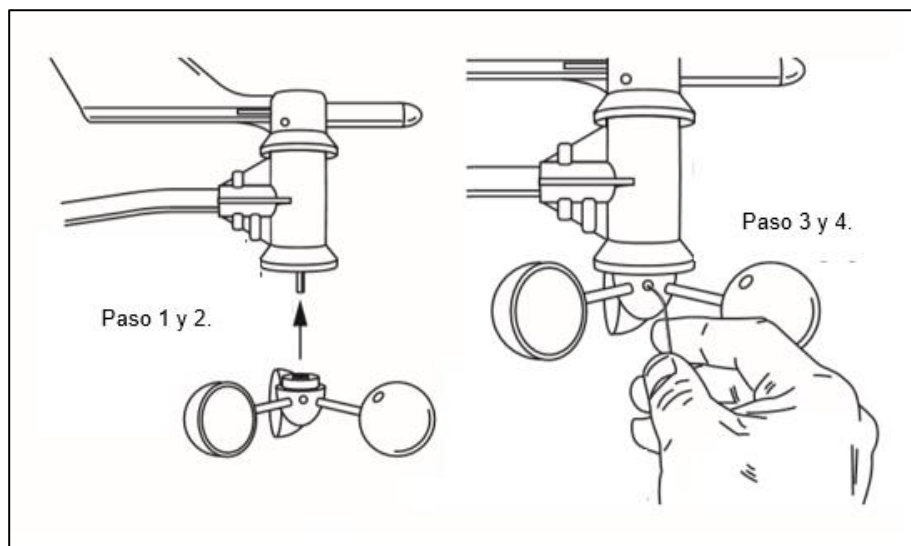
4.8.1.2. Montaje del anemómetro a la base.

Paso 1. Sujete el brazo del anemómetro a la base y deslice el cable de conexión por medio de las ranuras que trae la base para evitar que sufra algún daño mientras se ejecuta la instalación ver ilustración 7.

Paso 2 - 5. Tenga presente que para la inserción del tornillo debe estar alineado el agujero del brazo con la base, no sin antes de corroborar que el anemómetro en frente a su posición; luego fije el tornillo #4 por los agujeros mencionados, inserte la arandela de presión dentada y por último la tuerca realizando breves giros con los dedos luego con un destornillador termine de ajustar el tornillo. Por último, despliegue el cable por las ranuras para su fijación, ver ilustración 8.

4.8.1.3. Montaje de las copas o cazoletas (anemómetro)

Ilustración 9: Sujeción de cazoletas (anemómetro)



Fuente: Manual de consola Davis Vantage Pro2.

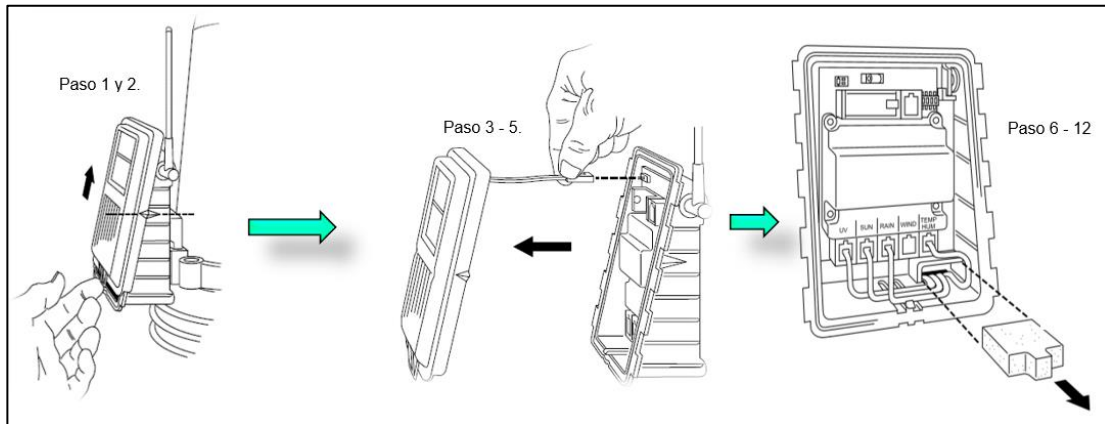
Paso 1 - 4. Inserte las copas o cazoletas adentro del peón de acero del anemómetro y empuje suavemente las copas a la altura de encontrar el tope máximo, de no hacer esto puede que se generen errores de funcionamiento. Luego sírvase de la llave Allen proveída para ajustar el tornillo Bristol que se encuentra a un lado de las cazoletas, procurando llegar al máximo de fijación sin irrumpir con el funcionamiento del anemómetro; después asegúrese que las copas están totalmente sujetas y que giren libremente sin ninguna restricción de lo contrario desmonte repitiendo el procedimiento ver ilustración 9.

4.8.1.4. Conexión de los sensores con el modulo de interfaz

Uno de los componentes principales de la estación es el módulo de interfaz de sensores (SIM) el cual se encarga de la conexión de todos los sensores por medio de una placa electronica y esta asu vez permite la conexión con la consola o pantalla a travez de conexión por radio frecuencia, ver ilustración 9. Además, esta se puede conectar por medio de ocho canales de comunicación de diferentes transmisores. La distancia de transmision entre consola y equipo instalado en campo no puede ser mayor a los 300 metros o 1000 ft, puesto que si superan estas distancias contraera problemas de conexión. Así mismo, el

conjunto de sensores instalado en campo se alimenta por medio de un panel solar de 0.5 watts, el cual alimenta la estación y permite la retrasmisión de los datos durante el día; también cuenta con una batería tipo C de 3 voltios de litio, estas se encargan del funcionamiento de la estación cuando no hay luz solar.

Ilustración 10: Montaje del SIM y conexión de sensores.



Fuente: Manual de consola Davis Vantage Pro2.

Paso 1 y 2. Identifique el estuche blanco que en la parte frontal tiene el panel solar, en este se encuentra el SIM. Para visualizar esta placa electrónica debes retirar la tapa del estuche hacia arriba de forma suave puesto que allí se encuentra conectado el panel solar para generar la energía que necesita la estación para su funcionamiento ver ilustración 10.

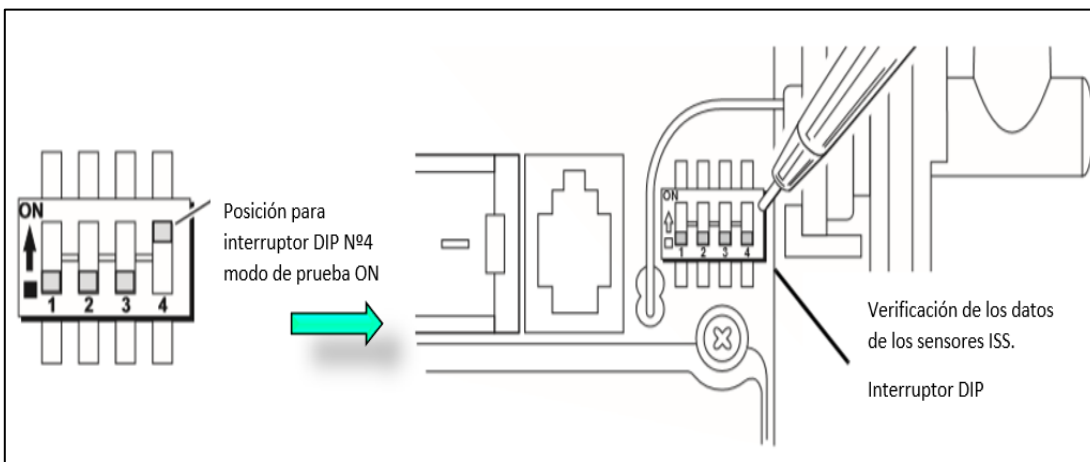
Paso 3 - 5. Retire cuidadosamente la conexión del panel solar de la SIM, luego verifique que los sensores de temperatura, humedad, precipitación, UV y radiación solar estén conectados a los rótulos del módulo respectivamente de lo contrario realice los ajustes ver ilustración 10.

Paso 6 - 12. Luego de realizar los pasos anteriores, tome el cable del anemómetro y desenrolle la cantidad suficiente que requiera para la conexión con el SIM, retire la espumilla que viene en la parte inferior derecha del SIM para insertar la entrada del cable del anemómetro en el conector correspondiente "WIND" y para verificar que se encuentra ajustado debe sonar un "clic"; se recomienda hacerlo con sumo cuidado de manera de no dañar el conector. Por último, inserte la espumilla en la parte de donde se retiró, asegurándose que no queden orificios por donde pueda entrar agua e insectos que pueden irrumpir en su funcionamiento.

4.8.1.5 Conjunto ISS inalámbrico

La estación meteorológica Davis Vantage Pro 2, cuenta con conexión inalámbrica con la unidad externa. Luego de realizar los pasos anterior se debe asegurar que el ISS establezca un canal de conexión con la consola. A continuación, en la ilustración 11, se observa el procedimiento a seguir para suministrar corriente a la unidad externa y fijar la conexión.

Ilustración 11: Conjunto ISS Inalámbrico.



Fuente: Manual de consola Davis Vantage Pro2.

Fuente de poder del ISS inalámbrico

Fije en el compartimiento que trae el SIM la batería de litio tipo C de 3V asegurándose que coincida los polos de la batería con la posición del SIM; luego de insertar la batería el equipo comenzara a funcionar recibiendo los datos de los sensores.

Confirmación de comunicación con la consola

Dirijase a donde se encuentra instalada la consola, si no lo ha hecho realice la instalación asegurándose de tener un punto de corriente alterna que suministre energía a la estación o insertando las baterías correspondientes. Conecte el cargador de 5V en la parte inferior izquierda de la consola y enchúfela,

automáticamente la consola entra en un modo de configuración. De no hacerlo, presione el botón "DONE" y luego la flecha abajo, automáticamente la consola empezara a identificar el ID del transmisor que está enviando la unidad externa; por lo general todas las consolas viene configuradas de fabrica para establecer la conexión con el canal 1, esto funciona siempre y cuando no se interfiera con la manipulación de los interruptores, ver ilustración 11. Una vez que en la pantalla y en el modo de configuración aparezca el ID del transmisor y el numero 1 quiere decir que se estableció la comunicación; presione la tecla "DONE" por cuatro segundos para que en la pantalla se reflejen los valores de las variables que proporciona la estación.

Confirmación de datos de las variables de la unidad externa

Luego de realizar los pasos anteriores se procede a verificar que la pantalla recibe los datos de las variables de la unidad externa, todo con el fin de corroborar que los sensores se encuentran en perfecta comunicación con la consola.

Realice giros hacia adelante y atrás en las copas del anemómetro, verificando que la consola en la parte superior izquierda cambia a modo como gira, este marca la velocidad del viento con que se mueve luego de 5 segundos; gire la veleta en posición norte, sur, oeste y este y verifique en la consola en la parte superior derecha cambia la posición del cursor alrededor de los datos de velocidad del viento. Verifique que los sensores de humedad y temperatura se encuentran en el rango de medición estos se encuentran hacia la parte centro superior de la consola. Si tiene los sensores de UV y Radiación solar, pulse el botón de segunda función "2ND"y luego oprima el "RAIN YR" para observar las lecturas de rayos UV actuales, para la visualización de la radiación solar pulse el botón "2ND" y luego "RAIN DAY" para observar las lecturas en tiempo real de este parámetro; cabe resaltar que cuando se realicen estas pruebas los valores de estas variables deben ser cero o cercanos a ellos siempre y cuando se realicen en una habitación. El sensor de precipitación diaria debe estar en cero siempre

y cuando no se haya movido las cubetillas del pluviómetro, un vuelco de esta cubetilla automáticamente registrara un valor de 0.01 in o 0.3 mm. Si al realizar estas pruebas los sensores se encuentran enviando datos a la consola quiere decir que la unidad externa está en plena comunicación y lista para su instalación.

Localización de averías en la recepción del ISS

Si en la pantalla de la consola no se encuentran datos de la unidad externa realice las siguientes pruebas:

Compruebe que la consola tiene suministro de energía ya sea por baterías o corriente alterna y que no esté modo de configuración, luego certifique que todos los sensores de la unidad externa se encuentran totalmente conectados y en su respectiva posición en la SIM. Observe que en la parte inferior derecha de la consola debe aparecer una "X" que funciona intermitentemente e indica que la unidad exterior se encuentra interconectada o recibiendo la señal en la pantalla.

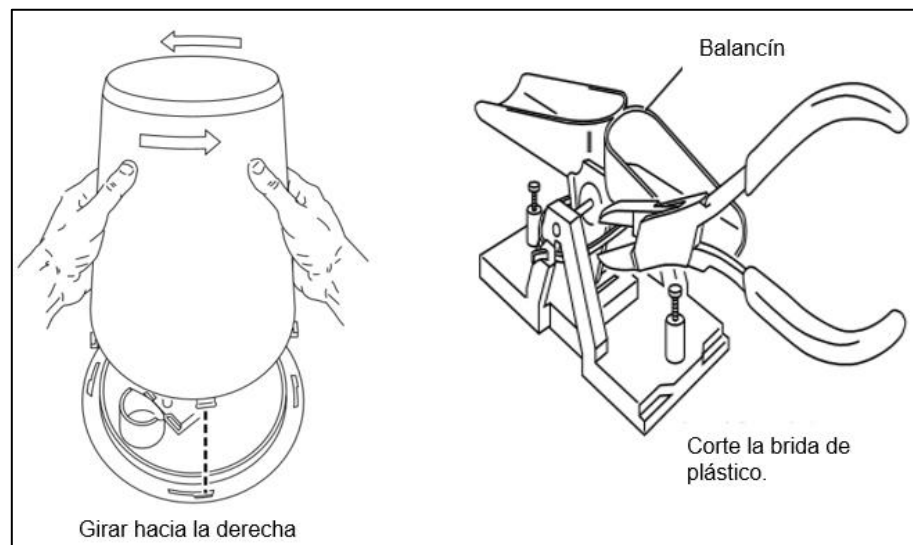
Dado el caso que después de realizar dichas pruebas la consola aun no establece conexión con la unidad externa, haga uso del interruptor Dip N°4, este debe estar en posición "ON" (utilice la punta fina de un esfero o algo similar) de inmediato parpadeara un led de color verde en la parte superior derecha de la SIM y significa que la consola entra en modo de prueba para restaurar la conexión con la consola, ver ilustración 10; luego reinicie la consola de manera que esta vuelva a entrar en el modo de configuración y se restablezca la transmisión. Realice el procedimiento de "Confirmación de comunicación con la consola" y luego de que se establezca la conexión apague el interruptor Dip N°4.

4.8.1.4 Preparación de la unidad externa para la instalación

Otro de los sensores que componen la estación meteorológica es el colector de lluvia o pluviómetro, este se encarga de medir la cantidad de precipitación que cae en el área de aferencia en donde se instala la estación. No obstante, en la

ilustración 12, se observa la manera como se ensambla el colector de lluvia a la estación; cabe resaltar que este sensor cuenta con un seguro en la cubetilla el cual hay que remover para que el pluviómetro quede en funcionamiento; así mismo, el área de colección es de 214 cm² y por ultimo se observa el montaje de la estación.

Ilustración 12: Colector de lluvia o pluviómetro.

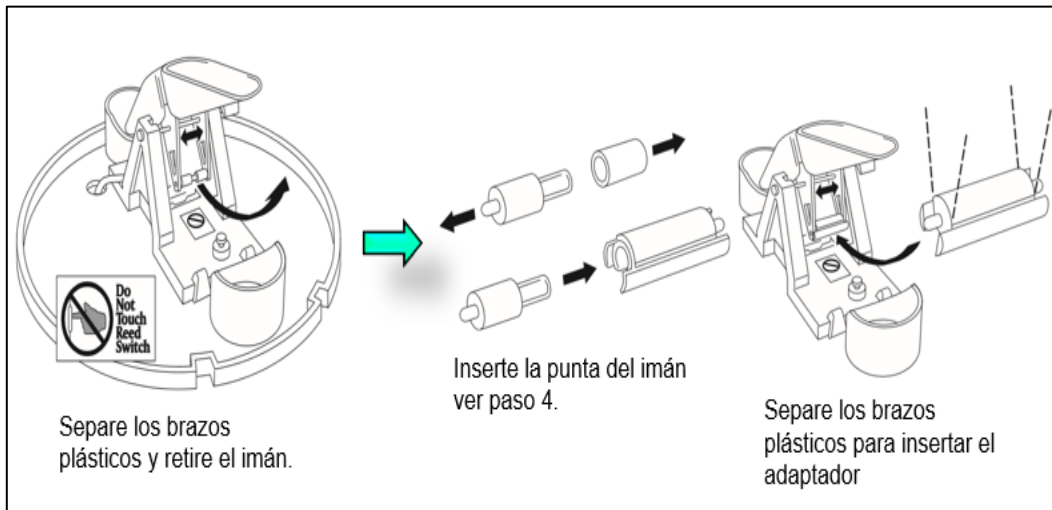


Fuente: Manual de consola Davis Vantage Pro2.

Adaptación del pluviómetro

El sensor de precipitación se compone de un balancín que capta las cantidades de lluvias caídas en el área del colector, este balancín sale de fabrica con un seguro para que no sufra averías durante su transporte. Para retirar este seguro, debe retirar el colector que protege el sensor girando en sentido contrario de las manecillas del reloj, luego este llega a un punto donde no puede girar y debe retirarlo hacia arriba. Tenga a la mano un corta frio, pinza, bisturí o tijera que le sirva para romper el seguro plástico amarillo que trae el sensor, luego realice pruebas de manera que el balancín haga sus veces de vaivén y que al cabo de diez segundos estos vuelcos deben ser registrados en la consola en la precipitación diaria con un valor para un vuelco de 0.01 in o 0.3 mm. Después de realizar dichas pruebas vuelva y coloque el colector en su posición natural.

Ilustración 13: Modo de inserción del imán



Fuente: Manual de consola Davis Vantage Pro2.

Insertar el adaptador métrico

El mecanismo de balancín del pluviómetro contiene un imán de peso estándar que toma medidas en incrementos de 0,25 mm; El conjunto ISS incluye un adaptador métrico que ajusta el peso del mecanismo de balancín de tal modo que tome medidas métricas en incrementos de 0,2 mm por cada volcado del balancín, ver ilustración 13. Para instalar el adaptador métrico:

1. Busque el adaptador métrico que se incluye en la tornillería.
2. Localice el imán entre los brazos del balancín.
3. Separe los brazos ligeramente con una mano mientras extrae el imán con la otra.
4. Quite una de las puntas de un extremo del imán
5. Introduzca el imán, por el extremo expuesto del imán, en la ranura abierta del adaptador métrico.
6. Inserte el adaptador y el imán entre los brazos del recipiente, con el lado sólido del adaptador hacia arriba.
7. Revise que las cubetillas quedan en posición horizontal lo que garantiza que es funcional
8. Coloque el colector introduciendo este y girando en sentido de las manecillas del reloj.

Ilustración 14: Modelo de estación funcionando.

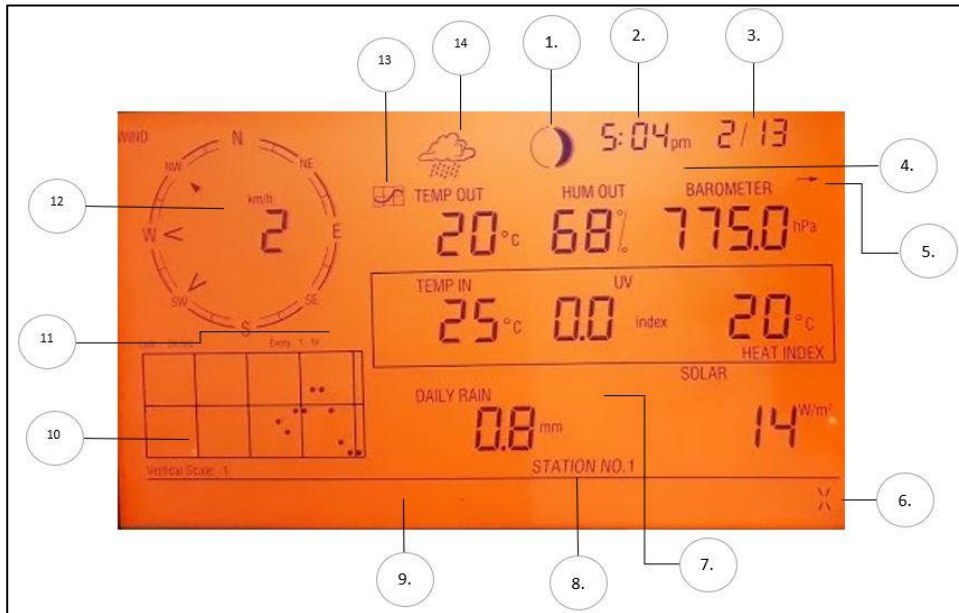


Fuente: Autores.

En la ilustración 15, se observa la consola o pantalla que se interconecta con la estación instalada en campo por medio de radio frecuencia, en esta se visualizan las diferentes variables que mide el equipo meteorológico y a su vez esta cuenta

con opciones de alarma; la fuente de alimentación de la consola es por medio de corriente eléctrica o por medio de baterías tipo C alcalinas.

Ilustración 15 | Consola de adquisición de datos.



Fuente: Autores

Variables captadas por la unidad externa observadas en pantalla

1. Indicación de las fases lunares
2. Hora / Salida del sol
3. Fecha / Puesta del sol
4. Guía botón 2ND
5. Saeta de propensión barométrica
6. Icono de recepción de datos
7. Indicador de lluvia actual
8. Numero de recepción de unidad exterior.
9. Descripción del tiempo actual.
10. Indicador grafico
11. Indicador de alarma
12. Rosa de vientos
13. Gráfico de máximas, mínimas y variables
14. Pronóstico meteorológico

Por otra parte, dentro de la fase de diagnósticos realizadas en el departamento se encontraron estaciones que se instalaron en la primera fase del proyecto, en esta etapa se contó con la disponibilidad de equipos meteorológicos de referencia MA 3081 los cuales fueron instalados en puntos estratégicos de las cuencas en estudio como lo son la cuenca del río Pamplonita, la cuenca del río zulia y la cuenca del río Táchira. En la ilustración 16, se observa el ensamblaje mecánico de este tipo de estaciones con una breve descripción.

Asegúrese que las condiciones meteorológicas sean las adecuadas. No se debe instalar con lluvia, ni mucho menos con tormentas eléctricas. Procure tener en sitio todos los equipos y herramientas de trabajo, a fin de hacer la instalación con la mayor brevedad posible.

Ensamblaje Mecánico: el ensamblaje de la parte mecánica involucra tres etapas:

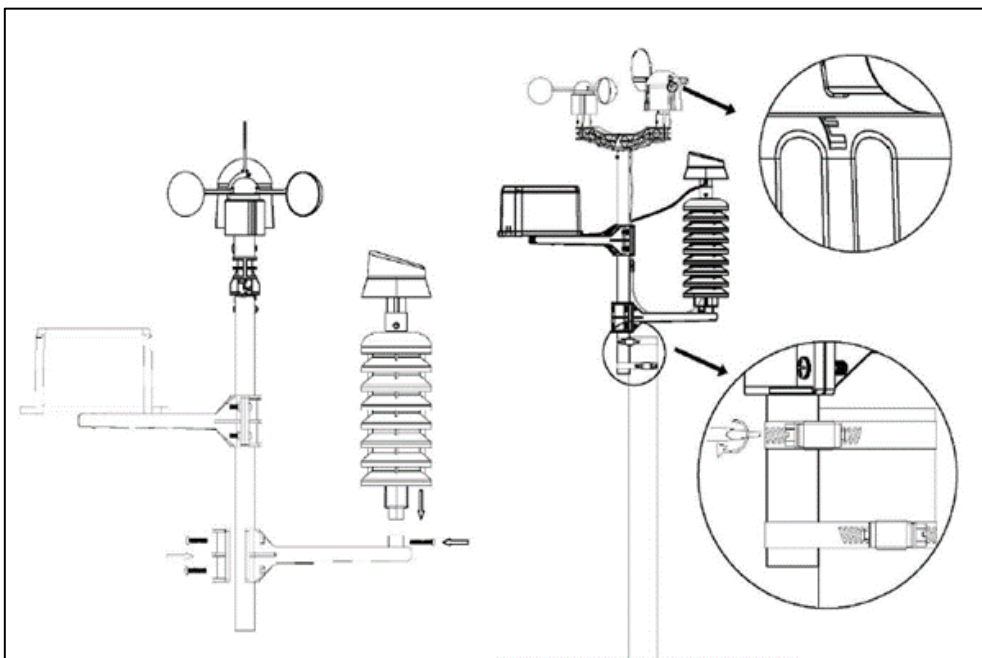
Etapa 1:

1. Armado del brazo del anemómetro y veleta
2. Instalación del Termohigrómetro al soporte o mástil.
3. Armado del pluviómetro
4. Montaje primario de sensores

Etapa 2:

1. Ensamblaje de la base (sea al suelo o a la pared) como medio de anclaje
2. Instalación de baterías recargables en la unidad exterior
3. Conexión de sensores (pluviómetro, anemómetro, veleta, termohigrómetro, sensores de radiación solar, rayos UV y panel solar, como se muestra en la figura 6.

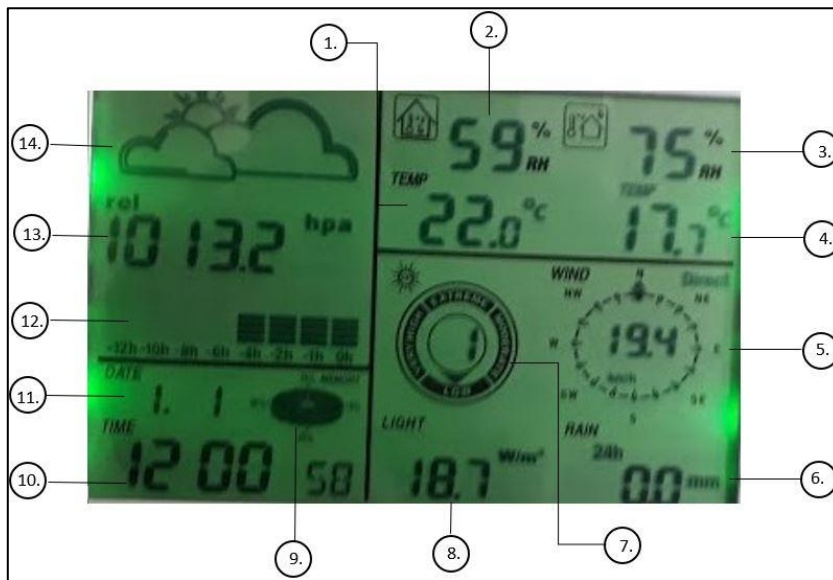
Ilustración 16: Ensamble de la estación MA 3081



Fuente: Manual de ensamblaje MA 3081.

En la ilustración 17 se observa la consola o pantalla de adquisición de datos de la estación meteorológica de referencia MA 3081, esta cuenta con función de alarma además de los sensores que mide en campo, esta se interconecta por medio de radio frecuencia con una distancia no mayor a 100 metros y su fuente de alimentación se realiza por medio de un cargador de corriente alterna CA de 6V o con baterías doble A tipo alcalina recomendable que sea recargable, el tiempo de uso de estas es de un mes sin corriente alterna.

Ilustración 17: Consola de adquisición de datos MA 3081

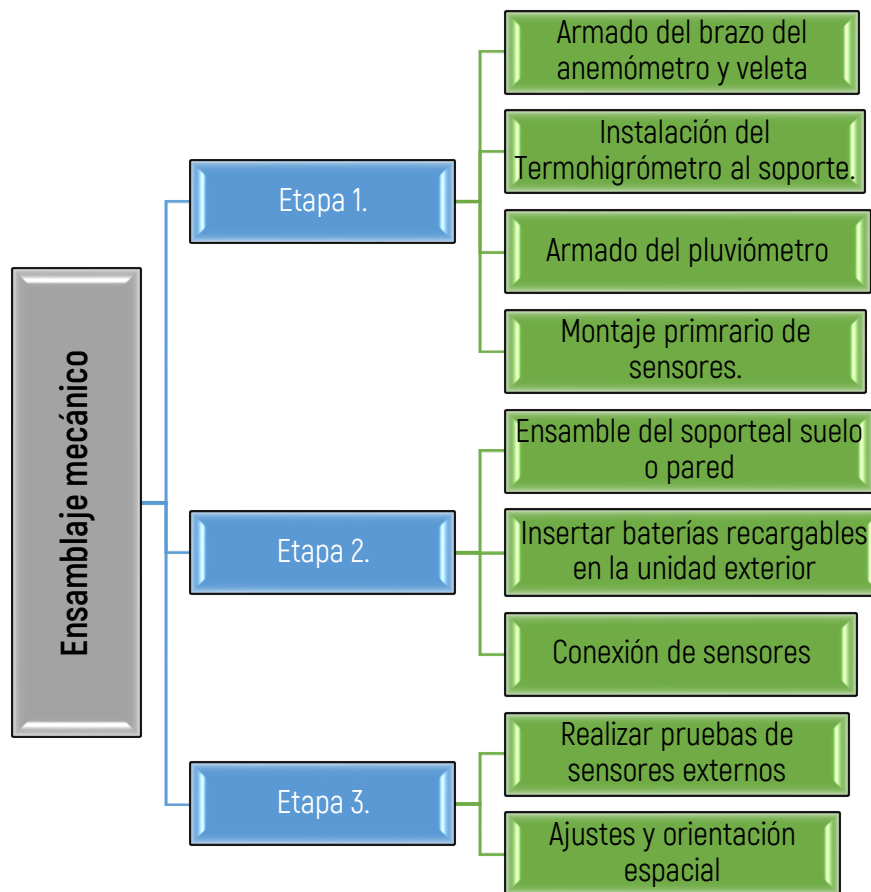


Fuente: Autores.

En la ilustración anterior se aprecia como recibe la consola los datos que envía la unidad externa y se denotan así:

1. Sensor de humedad interna
2. Sensor de temperatura interna
3. Sensor de humedad externa
4. Sensor de temperatura externa
5. Rosa de vientos
6. Sensor de precipitación
7. Sensor de rayos UV
8. Sensor de radiación solar
9. Memoria
10. Hora
11. Fecha
12. Tendencia barométrica
13. Presión barométrica
14. Pronostico del tiempo

Figura 6: Etapas de ensamblaje mecánico de estaciones



Fuente: Autores

Etapa 3:

1. Realizar las primeras pruebas de todos los sensores externos e internos en cuanto a transmisión de datos de la estación hacia la consola y verificar la conectividad del dispositivo electrónico con la web. Ver figura 6.
2. Ensamblaje del mástil principal a la base de anclaje
3. Ajustes y orientación espacial

De acuerdo con lo anterior las actividades u operaciones necesarias para llevar a cabo los estudios meteorológicos se pueden dividir en dos componentes, los cuales son:

En campo: Se efectúan sobre el terreno las actividades en las cuales se hace uso de los instrumentos de medición "Estación Meteorológica"

Oficina: Se efectúa el procesamiento de datos que son adquiridos en campo.

4.8.2 Equipo meteorológico instalado en campo

En la tabla 11, se observa los diferentes sensores meteorológicos, consola, transmisor, modulo solar y las baterías necesarias que componen la estación meteorológica los cuales son instalados en campo.

Tabla 11: Equipo instalado en campo.

ITEM	CANTIDAD
Kit de montaje MA 3081, este consta de mástil o soporte principal y barra transversal de sostenimiento de metal para los sensores de lluvia, velocidad y dirección de viento. Kit de montaje Davis Vantage Pro2, consta de soporte del equipo meteorológico y anclaje.	1
Consola digital	1
Transmisor de datos con frecuencia modular	1
Anemómetro	1
Sensor de radiación solar	1
Sensor de rayos UV	1
Sensores de temperatura y humedad	1
Paneles solares	2
Dispositivo de conectividad	1
Cableado de conexión a internet, cargador, adaptador Data-Logger	1
Pluviómetro	1

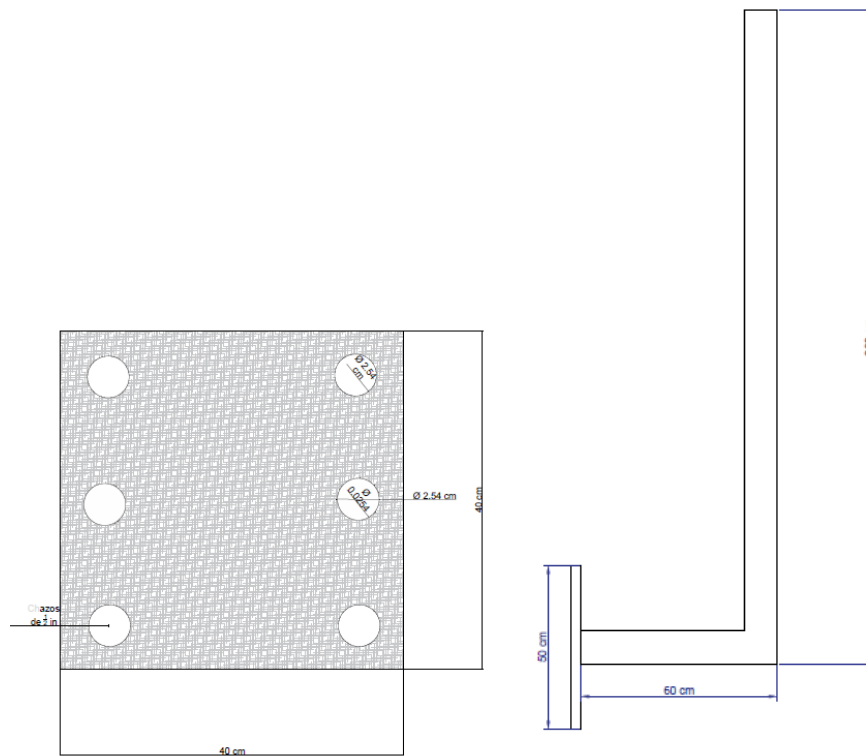
Fuente: Autores.

4.8.3 Estructura de anclaje y/o soporte

La estructura de anclaje y/o soporte es fundamental puesto que de ella depende el funcionamiento del equipo; es por esto que, cuando se realizan los diagnósticos se debe efectuar planos a mano alzada o en su defecto fotografías de los posibles puntos de instalación de equipos meteorológicos. Después de obtener esta información con la aplicación de la matriz de valoración de puntos se procede a diseñar los planos en Auto-Cad garantizando que estos cuenten con las especificaciones adecuadas para la instalación de la estación y que esta no presente inconvenientes a la hora de retransmitir los datos.

En la ilustración 18, se puede observar el plano en forma de "L" para la instalación de equipos meteorológicos anclados a la pared y en la ilustración 19, se aprecia el soporte de tipo trípode para la instalación de la estación meteorológica.

Ilustración 18: Soporte en "L" y platina para instalación de estación meteorológica.



Fuente: Autores

Ilustración 19: Soporte tipo trípode para estación meteorológica.



Fuente: Autores

4.9 Inconvenientes comunes, reparación y mantenimientos.

4.9.1 Guía de averías

A pesar de que la Vantage Pro está diseñada para ofrecer años de operación sin problemas, ocasionalmente pueden presentarse algunos. Si tiene inconvenientes con su unidad por favor revise la siguiente guía antes de enviarla a reparar, ver tabla 12. Puede resolver muchos de los problemas por su cuenta. Si después de mirar la guía, es incapaz de resolver el problema, por favor comuníquese al centro de operación del sistema de alerta temprana SATC o envíe una petición en atención al ciudadano en la página web www.satcnortedesantander.gov.co

Tabla 12: Problemas comunes y solución.

Escenario	Inconveniente	Causas	¿Qué hacer?	Resultado
Detrimiento de comunicación entre la unidad externa (ISS) con la consola	Se observan guiones en la consola en lugar de los datos meteorológicos	Sensores externos instalados a una distancia superior a 300 metros o con presencia de obstáculos lo que impide una buena comunicación.	Disminuya la distancia entre unidad externa (ISS) y consola	Detrimiento de datos
		No existe alimentación con corriente alterna y las pilas de la consola están desgastadas	Conecte la consola a un punto de energía y cambie las pilas.	Detrimiento de datos
Estación fuera de línea en la web, pero al parecer todo está funcionando adecuadamente	No se están enviando datos a la página web SATC de la estación. Estación fuera de línea	Router sin buena señal de internet, sin paquete de datos/servicio de internet o problemas del proveedor de internet.	Corroborar la señal y si es necesario reubicar el router, adaptar antena o llamar al proveedor de internet.	No se visualizan datos en la plataforma, pero los almacena el dispositivo de conectividad.
No se registran datos de viento en la consola	Se observa guiones en los registros de viento	Inestable comunicación con los sensores externos	Comprobar conexión del sensor de viento, canal de transmisión o cambio de la pila del ISS	Detrimiento de datos de viento
La pantalla no registra datos, muestra "RECEIVING FROM" en la parte inferior.	No se visualizan los datos meteorológicos	Consola recién encendida o reiniciada.	Presione la tecla DONE y sostenga por cuatro segundos.	Fuera de línea en plataforma
Se visualizan valores incoherentes o raros	Los valores visualizados en pantalla son anómalos o no corresponden con el lugar de medición.	Existe la posibilidad que la consola esté recibiendo datos de otro equipo DAVIS en el área.	Cambiar el canal de transmisión en la unidad exterior o ISS	Datos almacenados anómalos en la web.

Consola no responde o bloqueada	No responde la consola al oprimir los botones, no permite revisar la información que requiero.	Existe la posibilidad de que corresponda a saltos en el flujo eléctrico o errores electrónicos.	Retire el cargador desenchufando la consola y retire batería, luego reinicie.	Detrimiento de datos
Lecturas de humedad/temperatura interna anómalas	No son adecuadas las condiciones de Hum/Tem del lugar en donde instale mi consola	La consola está situada en lugares muy calientes o con aires acondicionados que cambian los datos que se observan en la consola	Instale la consola lo más retirado de ventiladores, aires acondicionados. Procure instalar en una zona con corriente natural y lejos de fuentes de calor	Datos erróneos para Hum/Tem interna
Unidad externa o ISS de la estación meteorológica.				
Falla en los registros de precipitación sucedidas en la unidad externa	No se observan los datos de lluvia y no se registran en la consola	Es posible que existan obstrucciones al interior del colector lo que impide que las cubetillas se muevan y registre precipitación.	Realice limpieza en el colector y en las cubetillas del pluviómetro.	Detrimiento de datos de precipitación.
		El conector del pluviómetro no está conectado al SIM.	Comprobar conexión y reconectar si es el caso. Debe emitir un "clic" al conectar.	Detrimiento de datos de precipitación.
Los datos de viento están demasiado bajos	Lecturas incoherentes de viento			
		Inadecuada operación del anemómetro por obstrucciones, fricciones, mala nivelación u obstáculos en el área de instalación	Limpie el anemómetro de acuerdo al mantenimiento periódico recomendado/Reubique el anemómetro para que no sea afectado por obstáculos. Revise la altura de instalación.	Datos anómalos de viento.

Detrimento de datos durante la noche	Los datos durante las horas nocturnas en la plataforma web no existen.	Falta de corriente alterna o cargador desenchufado. La pila de la unidad externa esta descargada	Cambie la pila de la unidad externa por una del tipo C de litio y 3V.	Detrimento de datos
--------------------------------------	--	--	---	---------------------

Fuente: Adoptado (Meteoagro, Guía básica Davis Vantage Pro2., 2019)

4.9.2 Medidas de Mantenimiento y cuidado de estación.

A continuación, se describe el proceso de limpieza y mantenimientos para las estaciones instaladas garantizando el funcionamiento de los equipos. Recuerde que estos mantenimientos se deben realizar con las mejores condiciones del tiempo atmosférico, así mismo la consola debe estar desconectada y cuando se encuentre en la unidad externa desconectar el panel como la batería que alimenta el SIM antes de realizar las actividades de mantenimiento.

4.9.2.1 Mantenimiento periódico

Los mantenimientos periódicos se realizan con el fin de que la estación en general cuente con las condiciones óptimas de operación y que requiere de ciertas actividades cada quince días, las cuales son realizados por el encargado de la estación al cual se le brindaron las capacitaciones correspondientes.

Mantenimiento del abrigo del termohigrómetro:

Esta limpieza se realiza con una brocha para eliminar la suciedad que se encuentra en los compartimientos, así como poder retirar telarañas e insectos que se encuentren en él, luego con la ayuda de un paño húmedo procure restablecer el color blanco del abrigo, sin interferir con la toma de los datos.

Mantenimiento del anemómetro:

Realice una inspección ocular en el anemómetro verificando que no exista interferencia para la toma de datos, así como la existencia de arenillas o polvo saturado en pin que sujeta las copas o cazoletas; para su limpieza haga uso de la brocha para retirar la suciedad y el polvo que contiene el anemómetro, luego

utilice el paño húmedo para terminar de limpiar los residuos que quedan en las pastas del sensor. Es importante realizar estos mantenimientos para que garantice el funcionamiento del equipo al cien por cien.

Mantenimiento del pluviómetro:

El mantenimiento de este sensor requiere de realizar la inspección ocular determinando los residuos que se pueden encontrar dentro del colector y que puedan interferir en la toma de las muestras. Luego, retire el colector de lluvia girándolo en favor de las manecillas del reloj. Revise la suciedad en las cubetillas del sensor y con la ayuda de la brocha limpie las arenillas que se encuentran allí, luego con la ayuda del paño húmedo repase las pastas y cubetillas dejándolas impecables; tome el colector y límpielo con la brocha retirando los residuos que encuentres en él, luego utilice el paño húmedo y páselo por este para retirar la suciedad restante. Por último, inserte el colector en su posición natural.

Mantenimiento del cableado:

Retire la tapa del compartimiento del SIM y luego desconecte los sensores, quite la espumilla con cuidado para no dañarla y proceda a retirar los conectores con sumo cuidado por el orificio derecho que deja visto al quitar la espumilla sin estropear los conectores. Luego, con ayuda del paño húmedo procure tomar de a un cable y sujete el conector firmemente, haga presión con el paño sobre el cable deslizándolo hasta que este quede libre de suciedad y arenillas; repita este procedimiento para todos los cables de la estación. Por último, asegúrese de realizar el montaje de los cables en los conectores correspondientes en el SIM y no tener errores cuando la estación empiece a funcionar.

Mantenimiento de los sensores UV y Radiación solar:

El mantenimiento y la limpieza de estos sensores debe realizarse con la mayor precaución y cuidado posible, puesto que estos son totalmente sensibles. Con la ayuda de un pincel procure remover las arenillas al interior de los sensores y procurar no interferir en la integración de estos; así mismo, con la ayuda de un

pañó limpio y húmedo en alcohol limpie estos sensores con la mayor delicadeza garantizando el funcionamiento de estos.

Mantenimiento de la consola y dispositivo de conectividad:

El mantenimiento de esta consta de desconectar las fuentes de alimentación eléctrica y con ayuda de un paño húmedo limpie la consola totalmente sin dejar residuo en ella, para la limpieza del dispositivo de conectividad con ayuda de una brocha retire los residuos de polvo y arenillas que se encuentren en ellas; con ayuda de un paño húmedo en alcohol repase este dispositivo dejándolo impecable y con ayuda de aceite tres en uno vierta unas cuantas gotas en el micro disipador para que este siga funcionando.

Cambio de baterías:

Teniendo en cuenta las especificaciones de las estaciones, la vida útil de las baterías en la unidad externa para la Davis es de siete a nueve meses y para la MA 3081 es de veinticuatro meses; siempre y cuando la celda solar funcione en perfectas condiciones. Para chequear que la estación requiere de cambio de baterías fíjese en el comportamiento de los datos durante la noche, esto te dará cierta credibilidad para corroborar si necesitas cambio en las pilas dado que no hayan cumplido el tiempo de utilidad.

Descarga de datos:

Los datos son de descarga fácil y gratuita en la plataforma web: www.satcnortedesantander.gov.co en el que encontrara datos de todas las estaciones instaladas y que se mantienen activas; allí podrá descargar datos en tiempo real sí como los datos pasados, cabe resaltar que las estaciones tienen una fecha de instalación y a partir de ellas podrá descargar los datos.

4.9.2.2 Mantenimientos generales

Mantenimiento provisorio:

Este tipo de mantenimientos corresponde a desmonte de la unidad externa y unidad interna que compone la estación instalada, limpieza de los sensores y pastas protectoras; en este sentido se debe realizar la limpieza general de todos sus componentes con agua, jabón tomando precauciones con los sensores puesto que requieren de otro tipo de mantenimiento, lo mismo que la verificación de calibración dado el caso que se requiera. Estas actividades demandan la utilización de componentes especiales y ejecutar estos mantenimientos requieren de personal capacitado en el área, de manera que tenga los cuidados pertinentes para la limpieza interna y que sea fiable sin interferir con los sensores. Se debe garantizar que los montajes se realicen nuevamente de manera que los sensores que miden las condiciones atmosféricas en tiempo real queden al cien por cien. El tiempo debe ser el óptimo para realizar las actividades y estos mantenimientos se recomiendan cada 8 a 12 meses para garantizar su funcionamiento.

Mantenimiento correctivo:

Para poder tener certeza de realizar estos mantenimientos se deben aplicar las fichas de diagnósticos a todas las estaciones en periodos de 4 a 8 meses de su funcionamiento; con estos diagnósticos y visitas a los puntos en donde se instalaron las estaciones se determina si el equipo meteorológico requiere de cambios en sus sensores ya sea por detrimento en las pastas que protegen los sensores o si requiere de cambios en los sensores integrados que miden las condiciones atmosféricas. Así mismo, si requiere una calibración se debe contar con el equipo portátil y realizar las pruebas correspondientes para su recalibración; estas actividades deben ser realizados por profesionales en el área. Dado el caso que la estación presente inconvenientes para la adquisición de los datos y no existe conectividad se debe realizar el levantamiento del equipo para realizar sus mantenimientos correctivos en los laboratorios.

INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE RED DE MONITOREO
HIDROCLIMATOLÓGICO EN SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA
CLIMATOLÓGICO

5 RED DE
MONITOREO
HIDROLÓGICA
SATC NORTE DE
SANTANDER

5.1 OBJETIVO

Describir el proceso y efectuar la instalación de las estaciones Hidrológicas adquiridas para el proyecto de Sistemas de Alertas Tempranas ante eventos extremos del Clima, con los requerimientos técnicos, operativos para la implementación, mantenimiento y así obtener las mediciones en tiempo real de datos y que permitan la información necesaria de los parámetros medidos para su posterior tratamiento en la plataforma del SATC.

5.2 ÁREA DE APLICACIÓN

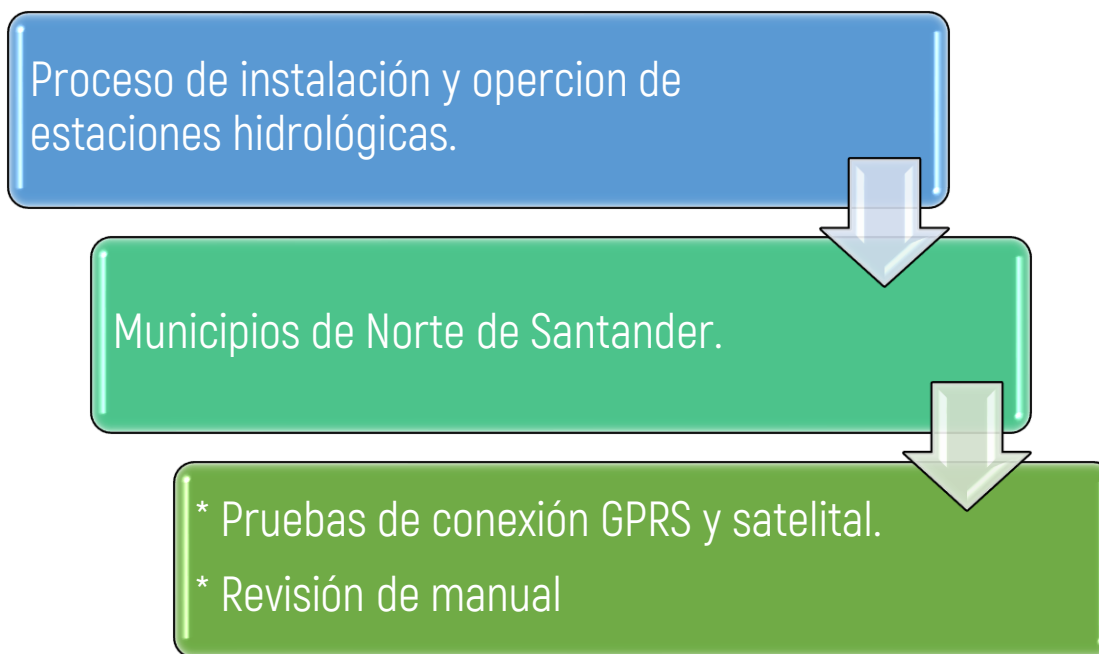
Las estaciones hidrológicas adquiridas en el proyecto serán instaladas en los municipios que presenten baja, media y alta vulnerabilidad de riesgo en zonas de alta montaña por altas concentraciones de precipitación y que generen afectación a la población aguas abajo por material de arrastre en fuentes hídricas.

5.3 OBSERVACIONES

Antes de realizar cualquier actividad relacionada con las estaciones y equipos hidrológico asegúrese de leer detenidamente el manual de operación para evitar daños en estos y así tener la plena certeza de hacer buen uso de estos equipos.

- Antes de situar la estación en el lugar de instalación, se deben realizar pruebas con la estación armada de manera de descartar interferencias con la unidad central y por consiguiente sus datos no sean los correctos.
- No exponga los equipos a fuertes golpes puesto que se puede dañar.

Figura 7: Objetivo de la red de monitoreo hidrológica

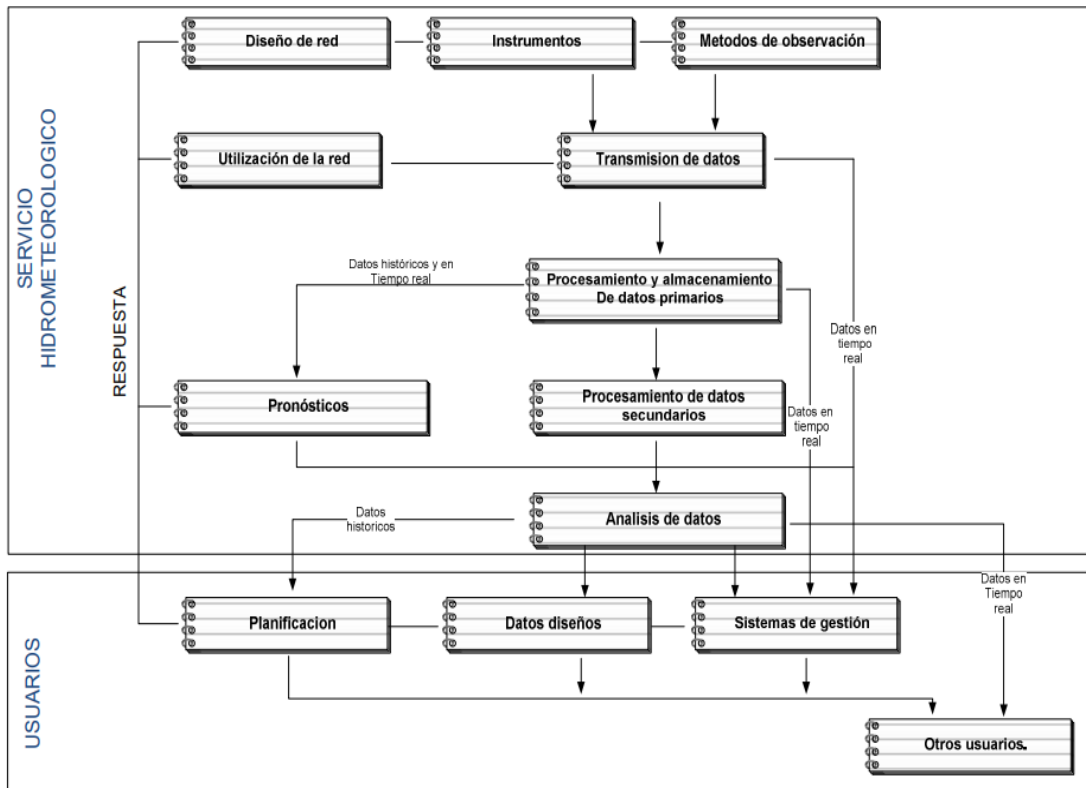


Fuente: Autores

5.4 METODOLOGÍA

La metodología utilizada para la implementación de la red hidrológica en el departamento de norte de Santander se lleva a cabo con la realización de diagnósticos de los posibles puntos de instalación los cuales deben cumplir con los requerimientos necesarios y las metodologías dispuestas por la Organización Mundial Meteorológica (OMM) y Ver Figura 8, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Cabe resaltar que, se verifica la información correspondiente a los distintos antecedentes que presentan las zonas de influencia en cuanto a fenómenos naturales que se han presentado.

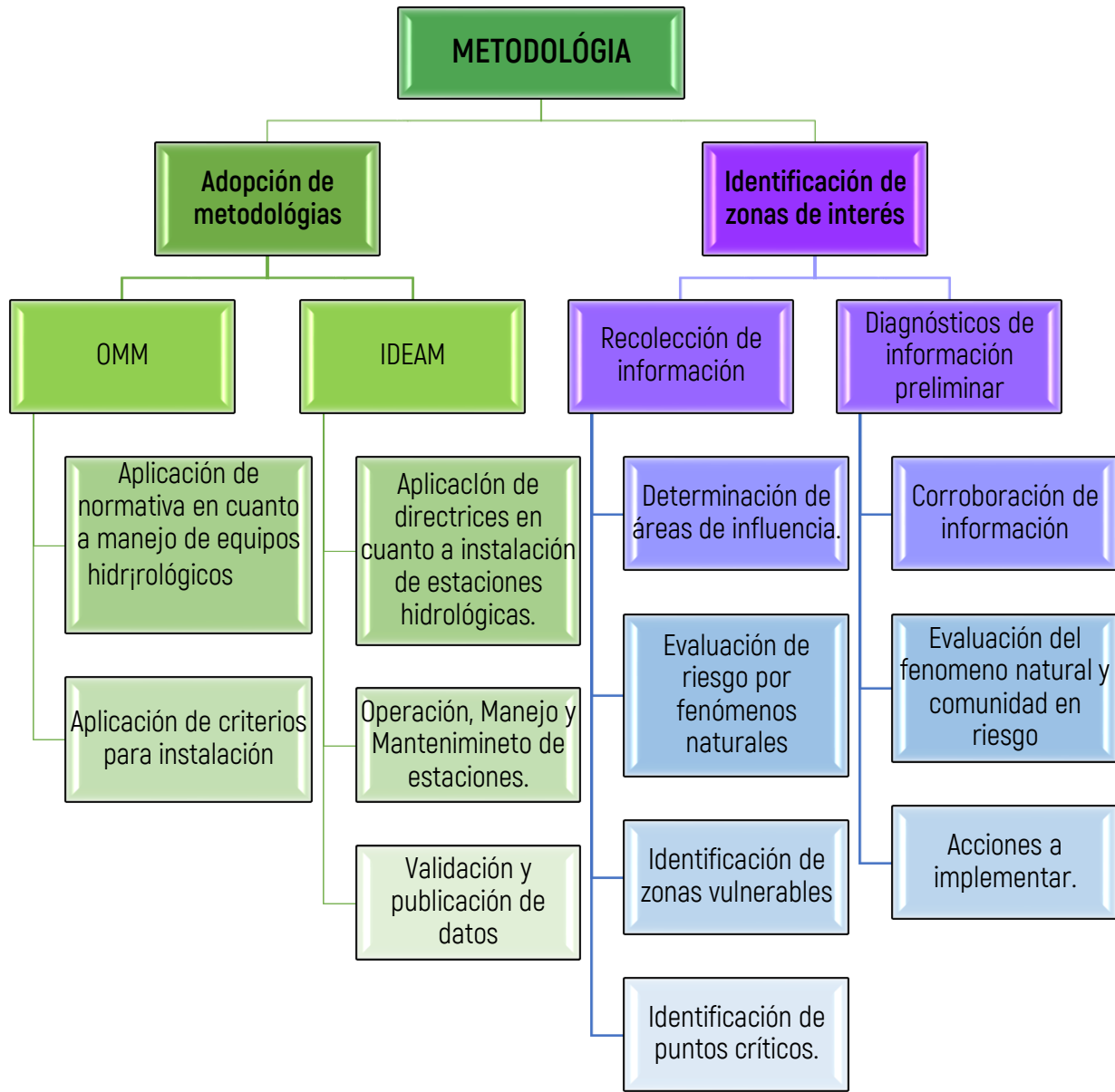
Figura 8: Sistema de información hidrometeorológica



Fuente: OMM 2019

Así mismo se debe realizar salidas de campo y visitas necesarias en las áreas de influencia con el fin de determinar los equipos que serán instalados y los sitios de mayor impacto en las áreas urbanas como rurales que se vean afectados por las rondas de los ríos y quebradas. Posterior se aplican las matrices de valoración de posibles puntos de instalación de sensores hidrológicos para luego tabular la información y determinar el sitio adecuado con el fin de llevar a cabo los aforos correspondientes para la implementación de la curva gasto (altura – caudal) y la posterior la instalación de las estaciones hidrológicas y a su vez acompañamiento de las partes interesadas, ver figura 9.

Figura 9: Metodología de la red de monitoreo hidrológica

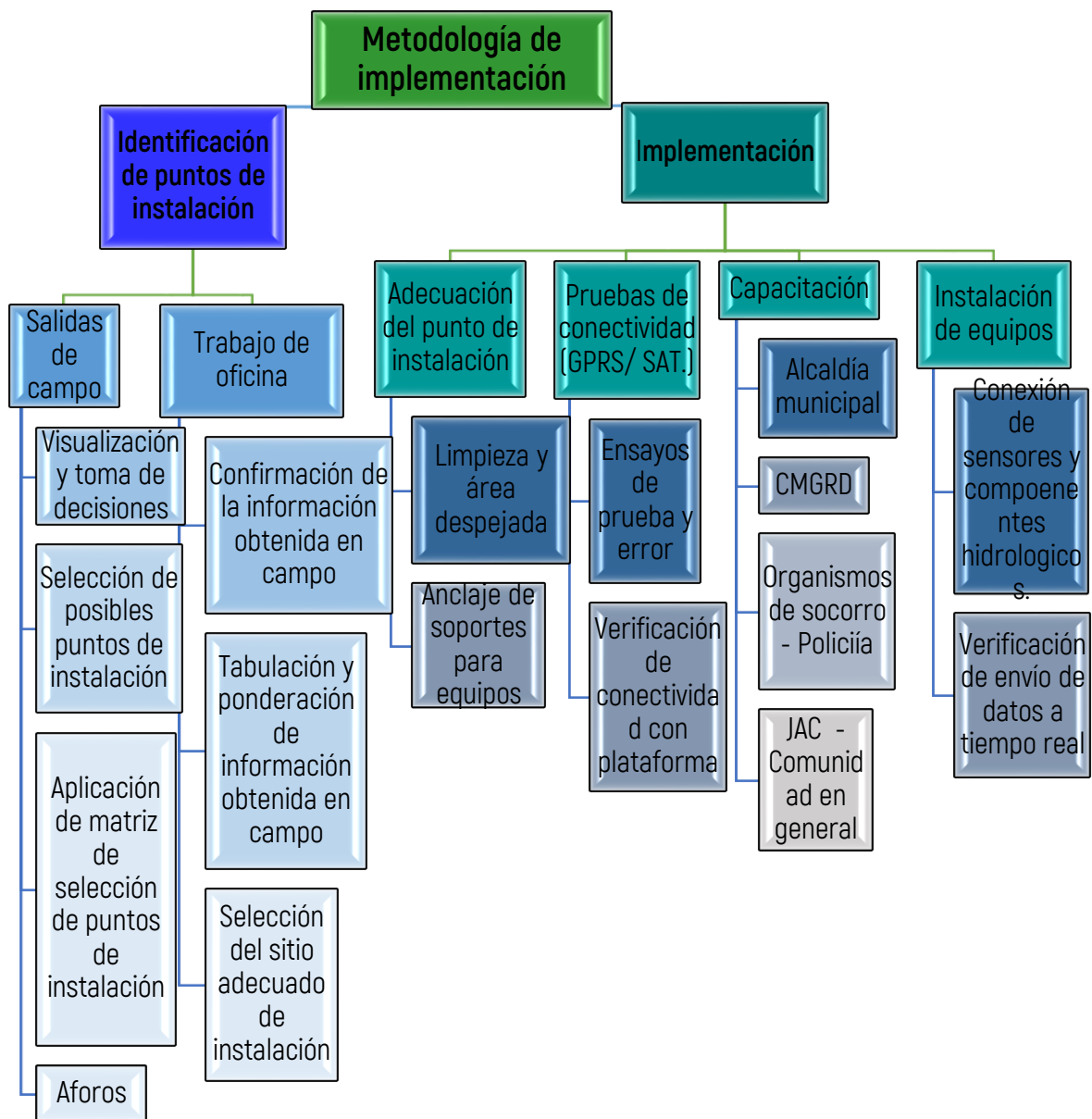


Fuente: Autores

Hay que mencionar, además que la metodología para la implementación de la red de monitoreo va más allá de instalación de equipos hidrológicos, sino que también se requiere de conocimiento en cuanto a los riesgos en los que se encuentran expuestas las comunidades y por ende se deben adoptar medidas

que mitiguen los impactos que generan los fenómenos naturales presentes en los territorios; a continuación, en la figura 10 se describen dos fases importantes en cuanto a la metodología de implementación de la red hidrológica la cual es de suma importancia a la hora de la instalación de equipos en puntos estratégicos.

Figura 10: Implementación de la red hidrológica y selección de puntos



Fuente: Autores

5.5 DIAGNÓSTICO

Los diagnósticos es una de las fases importantes para la instalación de las estaciones hidrológicas, puesto que se determinan los puntos más vulnerables que representa la población en cuanto a quebradas, riachuelos y ríos que requieren de monitorización dado que presentan abundadas junto con material de arrastre afectando a las comunidades asentadas a la orilla y en muchas ocasiones a las áreas en zonas de alerta amarilla. Para ello se requiere de efectuar visitas de campo en compañía de las alcaldías municipales, en especial el Consejero Municipal de Gestión de Riesgo y Desastre CMGRD identificando dichas fuentes hídricas y realizar tareas como aforos, ubicación espacial, pendientes de terreno entre otras. Así mismo, aplicar la matriz de identificación de puntos de instalación y fijarlos. No obstante, esta etapa se lleva a cabo con el fin de identificar el lugar óptimo de instalación el cual debe contar con una serie de características y parámetros como lo son:

1. Seguridad y control de acceso a personal autorizado, cerramiento adecuado de la estación para evitar daños por terceros y en su defecto evitar actos de vandalismo o hurto.
2. Facilidad de acceso a la ubicación de la estación para desarrollar actividades de inspecciones rutinarias, mantenimiento, calibración y operación.
3. Garantizar que la superficie sea apta para la fijación de la estación, que esta zona no presente inundación y que el anclaje sea el correcto.
4. Establecer que la altura mínima entre la lámina del agua y el sensor de la estación no sea menor a 2 metros, evitar el contacto con árboles que interfieran con la conectividad.

5.5.1 Matriz de Valoración de sitios de Instalación

A continuación, en la tabla 13, se encuentra la matriz de valoración de puntos de instalación la cual es necesaria para determinar que los sitios óptimos y comprende factores importantes que se tienen en cuenta antes de instalar las estaciones hidrológicas. Antes de iniciar el proceso de instalación el lugar debe cumplir con una serie de requerimientos entre los más importante tenemos que el área debe estar despejada y sin interrupción por estructuras, arboles, antenas entre otras, debe ser de fácil acceso para realizar actividades de instalación y mantenimiento; cabe resaltar que debe contar con conectividad celular GPRS como medio de conexión entre el sensor y la plataforma.

Tabla 13. Matriz de selección de punto instalación estación hidrológica.

SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA CLIMATOLÓGICA N. de S.			
FORMATO SIMPLIFICADO DE UBICACIÓN DE ESTACIÓN HIROLÓGICA			
1	CRITERIOS PARA UBICACIÓN DE ESTACIÓN		
	Municipio		
	Vereda - Barrio		
	Predio		
	Área de influencia	<u>Directa</u>	<u>Indirecta</u>
	Nombre y celular del encargado		
	Área de impacto		
	Coordenadas Geográficas		
	Latitud		
	Longitud		
1.2	Criterios de selección del lugar		
	Ancho del cauce (m)		
	Profundidad máx del cauce (m)		
	Profundidad min del cauce (m)		

Características del cauce	Profundidad media del cauce (m)	
	Velocidad promedio (m/s)	
	Caudal (l/s)	
Tipo de cauce	Llano (Altura sensor 2 – 3 m) (3)	
	Medio (Altura sensor 3.1 – 6 m) (1)	
	Encañonado (Altura sensor 6.1 – 11.5 m) (0)	
Intensidad de señal celular (especificar operador, y estabilidad de la señal)	Buena (3)	
	Media (1)	
	Nula (0)	
Pendiente (Excluyente)	Plana (0-20%) (3)	
	Ondulada (20- 50%) (1)	
	Escarpada (> 50%) (0)	
Cercanía a obstáculos	Lejano (mayor a 5 m) (3)	
	Media (Mayor e igual a 3 m) (1)	
	Cercano (Menor a 3 m) (0)	
Fuentes de energía	Electricidad (3)	
	Solar (2)	
	Sin energía (0)	
Seguridad de la estación	Alta (3)	
	Media (1)	
	Ninguna (0)	
Compromiso del propietario predio o consejero municipal de gestión de riesgo.	Alto (3)	
	Medio (1)	
	Bajo (0)	
Acceso a predio	Buena (3)	
	Regular (1)	
	Deficiente (0)	

Fuente: Autores

A continuación, en la tabla 14 se observa el ponderado de la matriz la cual califica los posibles puntos de instalación de las estaciones hidrológicas; Cabe resaltar, que las visitas realizadas establecen los posibles puntos de instalación y estos deben ser evaluados con la matriz de la tabla 15. Todo lo anterior se efectúa con el fin de que estos puntos preseleccionados cuenten con las especificaciones necesarias y evaluando en conjunto con el rango de criterio en la tabla 15, obteniendo como resultado el lugar óptimo de instalación para los equipos hidrológicos.

Tabla 14. Ponderado de matriz de calificación de puntos

1.3	Matriz de calificación	
	Criterio	Puntuación
	Tipo de cauce	
	Intensidad y señal celular	
	Pendiente	
	Cercanía a obstáculos	
	Fuentes de energía	
	Seguridad de la estación	
	Compromiso propietario del predio	
	Accesibilidad	
	TOTAL	

Fuente: Autores

Tabla 15. Rango de criterio para puntos de instalación

Rango	Criterio
Mayores a 12 puntos	Acepta sitio

Menores a 12
puntos

Rechaza sitio

Fuente: Autores

5.6 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Las estaciones hidrológicas son el conjunto de sensores que proporcionan los datos de nivel, caudal y precipitación en tiempo real ya sea haciendo uso de conectividad satelital o por medio de modulo GPRS. Estas estaciones son equipos robustos, compactos y resistentes a condiciones climáticas extremas, este tipo de estaciones requieren de un medidor de flujo para la efectuar la batimetría del cauce y establecer el caudal que atraviesa la sección en donde se piensa instalar el sensor. De acuerdo a lo anteriormente mencionado se adoptaron sensores hidrológicos gauger GSM para quebradas pequeñas y estaciones más robustas de señal satelital para cauces con grandes aportes de caudal.

De la misma manera, para la primera fase 2013, se contó con la instalación de sensores hidrológicos gauger GSM que satisficieron en su momento las necesidades de monitorear los cauces. Cabe resaltar que, en esta fase se contó con el apoyo de la primera fase para determinar la funcionalidad de los sensores y por medio de comunicación GPRS conectarlos con el servidor para que estos monitoreen en tiempo real los cauces y garanticen el monitoreo en las cuencas Zulia y Pamplonita, Chitagá, Táchira, Algodonal, Tibú; es por esta razón que estas estaciones entran en la fase de fortalecimiento para poder reintegrarlas realizando los debidos diagnósticos y determinando así su funcionalidad como operatividad queriendo reintegrarlas al sistema de alerta temprana Ver ilustración 20.

Ilustración 20: Estación hidrológica de radar por impulsos



Fuente: Autores

5.6.1 Características estación hidrológica de radar por impulso

Este sensor hidrológico es muy compacto y su funcionalidad es bien vista para monitorear cauces en grandes ríos, puesto que esta tecnología es la adecuada para medir los niveles por medio de impulsos de radar de 25.9 GHz los cuales rebotan en el sensor reflectivo y calcula la distancia que existe entre la lámina del agua y la posición del sensor y esta lectura entra directamente al datalogger que se encuentra interconectado a un satélite ambiental operativo geoestacionario "GOES" que recibe los datos y estos son devueltos a un servidor. Cabe resaltar que para la retransmisión de los datos requiere que se pague por la utilización de un satélite o contratar con una empresa que ofrezca dichos servicios, cosa que no es sustentable para mantener la estación con datos en tiempo real a la plataforma web. Sin embargo, se siguen realizando esfuerzos y avances en cuanto a poder utilizar otros dispositivos para tomar los datos y enviarlos a la plataforma. A continuación, se hace una breve descripción de los componentes de la estación de radar.

5.6.1.1 *Sensor por radar:*

Es un sensor reflectivo, práctico y presta facilidad en su instalación, dado que este cuenta con un cardán flexible para su instalación en un puente o pilote en concreto, ver ilustración 21. Este sensor funciona por medio de impulsos de radar con frecuencia de 25.9 GHz los cuales son enviados desde la superficie del reflector hasta encontrar la lámina de agua y automáticamente son percibidos en el sensor reflectivo calculando la distancia entre estos, su tiempo de medición es de 20 segundos; cabe señalar que el tiempo de viaje es proporcional a la altura donde se encuentra instalado el sensor. Rango de medición es de hasta 35 metros con una precisión de más o menos 10mm para esta distancia midiendo de forma precisa grandes distancias, su consumo de energía es reducida lo que hace que su panel sea pequeño para su alimentación y sus pastas vienen con protección ABS a la radiación UV.

Ilustración 21: Sensor reflectivo por radar de impulso.



Fuente: OTT, 2019

5.6.1.2 *Fuente de alimentación*

Esta estación requiere de una batería de 12V y 15mA para garantizar el funcionamiento del sensor hidrológico instalado, esta batería tiene dimensiones

de 222 * 152 * 190mm es relativamente pequeño y con aproximadamente un peso de 2.100 grs. Esta batería tiene un tiempo de vida útil considerado siempre y cuando sea funcional y se mantenga cargada por el panel, se recomienda realizar chequeos periódicos para corroborar su estado ver ilustración 22.

Ilustración 22: Batería sensor reflectivo de radar por impulso



Fuente: Autores

5.6.1.3 Panel solar

El panel solar es una pieza fundamental de la estación porque de ella depende y es la fuente de alimentación, un valor agregado por el proyecto es hacer uso de fuentes energías renovables como lo es la fotovoltaica, así mismo se decide por este tipo de tecnología porque en muchas ocasiones las estaciones quedan retiradas de la zona urbana y en lugares donde no hay corriente alterna (CA) ver ilustración 23. Este panel se encarga de mantener la estación durante el día y al mismo tiempo recarga la batería para su funcionamiento en horas de ausencia solar, este panel es policristalino con una tensión de operación óptima de 18V y una corriente de operación óptima de 15mA, este panel está diseñado para funcionar en temperaturas de -40 °C hasta 85 °C.

Ilustración 23 panel solar estación de radar por impulso.

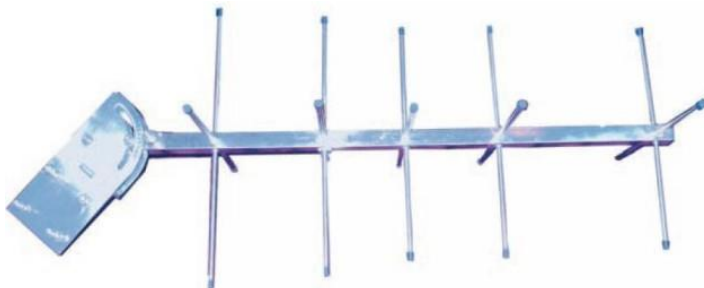


Fuente: Autores

5.6.1.4 Antena Yagi

Posee una base para la instalación de la antena en un soporte vertical estándar proporcionando giro de 360 grados y 180 grados en elevación de rango. Esta antena es de fácil instalación y esta constituido en materiales anticorrosivos, esta antena permite la transmisión con los satélites GOES que captan la señal del DCP para proporcionar los datos a un servidor, ver ilustración 24.

Ilustración 24: Antena Yagi



Fuente: Autores

5.6.1.5 *Transmisor SatLink logger*

Este transmisor permite la retransmisión de datos desde ubicaciones de difícil acceso entre las zonas boscosas por medio del satélite GOES, esta tecnología es ideal para que los paquetes de datos viajen t sean fiables, tiene tres fases eléctricas estandarizadas: SDI 12, RS 845 y la interfaz de 4... 20mA , se recomienda utilizar la conexión SDI 12.

Ilustración 25: Transmisor Satlink logger – SDI 12.



Fuente: Autores

5.7.1 Características sensor hidrológico (Gauger GSM)

5.7.1.1 *Especificaciones*

En la ilustración 26, se aprecia el sensor Gauger que permite medir niveles de cauces en tiempo real por medio de una conexión GPRS y con ayuda de aforos

se determina la curva de gasto (altura -caudal) la cual es programada en el servidor para que estos datos se vean reflejados en la plataforma web www.satcnortedesantander.gov.co, cabe resaltar que esta información es gratuita y descargable en cualquier PC para realizar estudios e investigaciones.

Rango de medición (versión de 75 KHz) Rango máximo para líquidos: 8 metros / 26 ' Rango máximo para sólidos: 5 metros / 16' Aproximado, dependiendo del tipo de sólido Rango mínimo (zona muerta) - 15 cm / 6 "

Rango de medición (versión de 50 KHz) Rango máximo para líquidos: 9,5 metros / 30 ' Rango máximo para sólidos: 6 metros / 19' Aproximado, según el tipo de sólido Rango mínimo (zona muerta) - 35 cm / 14 "

Ilustración 26: Sensor hidrológico gauger GSM



Fuente: Autores

Precisión - precisión - resolución - seguimiento (versión de 75 KHz) Precisión de pantalla 15cm <Rango <60cm - 1.5mm 60cm <Rango <5m - 0.3% del rango medido 5m <Rango <8m - 0.2% del rango máximo Precisión de pantalla (repetibilidad) - 0.2% del rango medido Resolución de pantalla - 1 mm de resolución SMS / GPRS

[GaugerGSM] - 1 mm Velocidad de seguimiento del proceso - 10 metros por minuto máximo

Precisión - precisión - resolución - seguimiento (versión de 50 KHz) Precisión de pantalla 35cm <Rango <60cm - 1.5mm 60cm <Rango <5m - 0.3% del rango medido 5m <Rango <9.5m - 0.25% del rango máximo Precisión de pantalla (repetibilidad) - 0.3% del rango medido Resolución de pantalla - 1 mm de resolución SMS / GPRS [GaugerGSM] - 1 mm Velocidad de seguimiento del proceso - 10 metros por minuto máximo

Especificaciones eléctricas Fuente de alimentación: 8 a 33 VCC en puertos GaugerGSM / 485 Modo de baja potencia - Perfil de modo de suspensión programable Consumo de corriente a 24 VCC Continuo - Menos de 10 Ma. Solo para GaugerGSM: Durante la transmisión celular: menos de 40 mA Picos en el interruptor / transmisión: menos de 160 mA

Interfaz de datos - COM serie a través de USB a 115.200 bps Puerto USB compatible (lado del dispositivo) - Actualización de firmware Configuración Monitorización local Pantalla - 64X128 LCD gráfico, tamaño de visualización 50X25mm² Clasificación de relé - 1A / 60VDC Frecuencia ultrasónica - 75 KHz o 50 KHz.

GaugerGSM Especificaciones del módem celular: Banda - Banda cuádruple 850/900/1800/1900 MHz Potencia de salida - Clase 4 (33dBm) para EGSM850 / EGSM900 - Clase 1 (30dBm) para GSM1800 / GSM1900 SMS - Punto a punto MO y MT GPRS - Esquemas de codificación de ranuras múltiples de clase 10 1-4

Informes mostrados - Nivel y nivel porcentual Distancia y porcentaje porcentual Volumen y porcentaje por volumen Flujo (canal abierto) y porcentaje Temperatura (interna y externa) Intensidad del eco Horas de funcionamiento globales y reiniciables Informes de estado ultrasónicos y celulares.

Solo para GaugerGSM: Datos enviados por SMS / GPRS - Nivel, Distancia, Volumen, Temperatura, Alertas de estado enviadas por SMS / GPRS - Completo, vacío, sobre consumo, recarga, contacto encendido / apagado, niveles preconfigurados

Opciones de configuración del sistema: teclado / pantalla local o PC a través del puerto USB

Características de temperatura Rango de temperatura de funcionamiento - -20 °C a + 70 °C -30 °C a + 70 °C para modelos sin pantalla Sensores de temperatura - Dos: compensación de temperatura interna y externa - Incorporado en función del sensor interno. Sensor externo o promedio de dos para GaugerGSM.

5.7.1.2 Fuente de alimentación

Este sensor requiere de una batería de 12V y 35A para garantizar el funcionamiento del sensor hidrológico instalado, esta batería tiene dimensiones de 6.46 in de alto, 5.16 in de ancho y una longitud 7.76 in relativamente pequeña y con aproximadamente un peso de 23.6 lbs. Esta batería tiene un tiempo de vida útil de cuatro años siempre y cuando sea funcional y se mantenga cargada por el panel, se recomienda realizar chequeos periódicos para corroborar su estado ver ilustración 27.

Ilustración 27. Batería de 12V Y 35A



Fuente: Autores

5.7.1.3 *Panel solar de 100W*

El panel solar es una pieza fundamental de la estación porque de ella depende y es la fuente de alimentación, un valor agregado por el proyecto es hacer uso de fuentes energías renovables como lo es la fotovoltaica, así mismo se decide por este tipo de tecnología porque en muchas ocasiones estas quedan en lugares donde no hay corriente alterna (CA) ver ilustración 28. Este panel se encarga de mantener la estación durante el día y al mismo tiempo recarga la batería para su funcionamiento en horas de ausencia solar, este panel es policristalino con una tensión de operación óptima de 18V y una corriente de operación óptima de 5.55A, este panel está diseñado para funcionar en temperaturas de -45°C hasta 85°C .

Ilustración 28: Panel solar para estación hidrológica



Fuente: Autores

5.7.1.4 *Regulador de carga de 20ª*

En la ilustración 29, se aprecia el dispositivo que permite controlar automáticamente la energía que se recibe en el panel solar, así como la energía que entra de la batería, es muy compacto y le permite proteger la estación hidrológica contra sobre cargas y cortos, otra de sus funciones es que protege

al sensor hidrológico descargas en tensión o excesos de carga, prolonga el ciclo de vida de la batería y lo protege contra rayos. Este controlador es necesario para asegurar la operatividad de la estación.

Ilustración 29: Regulador de carga 20A



© OTT

Fuente: OTT, 2019

5.7.1.5 Gabinete para resguardo de batería y controlador

El gabinete se requiere para guardar la batería y el regulador protegiéndolos de las condiciones climáticas, el material de este es en acero inoxidable y con una base de pintura en aceite anticorrosiva de color verde oliva claro. Este me garantiza que los equipos funcionen, así como el sensor hidrológico.

Ilustración 30. Gabinete



Fuente: Autores

5.8.1 Medidor de flujo magnético.

El medidor de flujo magnético es un dispositivo que permite realizar aforos, facilitando la entrega de resultados in situ, sin la necesidad de descargar datos y tabular la información; es de uso fácil y práctico a la hora de realizar aforos y su ensamble es relativamente sencillo. Este consta de un magnetómetro que se encarga de medir las ondas con las que viaja el agua y calcula la profundidad en el punto sumergido, obteniendo como resultado la descarga y la velocidad que pasa por ese punto; luego de realizar los puntos necesarios automáticamente este va acumulando por estación hasta terminar y arroja el caudal final. Este aforador no requiere de calibración y tiene la opción para realizar aforos en canales perfectos, tuberías como en aguas abiertas (ríos, quebradas, etc.) ver ilustración 31.

Así mismo, consta de un mando portátil que se utiliza para observar los datos medidos por el sensor, tiene un display gráfico a color, de carcasa robusta y compacta y con batería de iones de litio con tiempo de duración de 18 horas.

Ilustración 31. Medidor de flujo magnético.

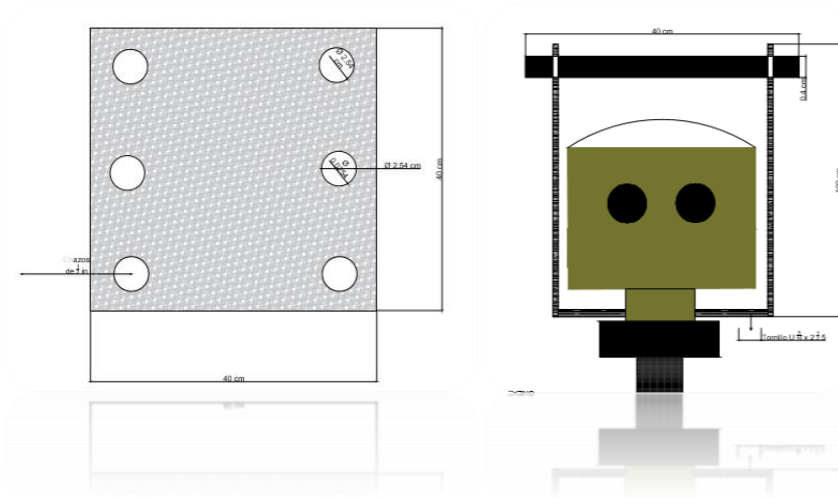


Fuente: OTT, 2019

5.9.1 Soportes y anclajes de sensores.

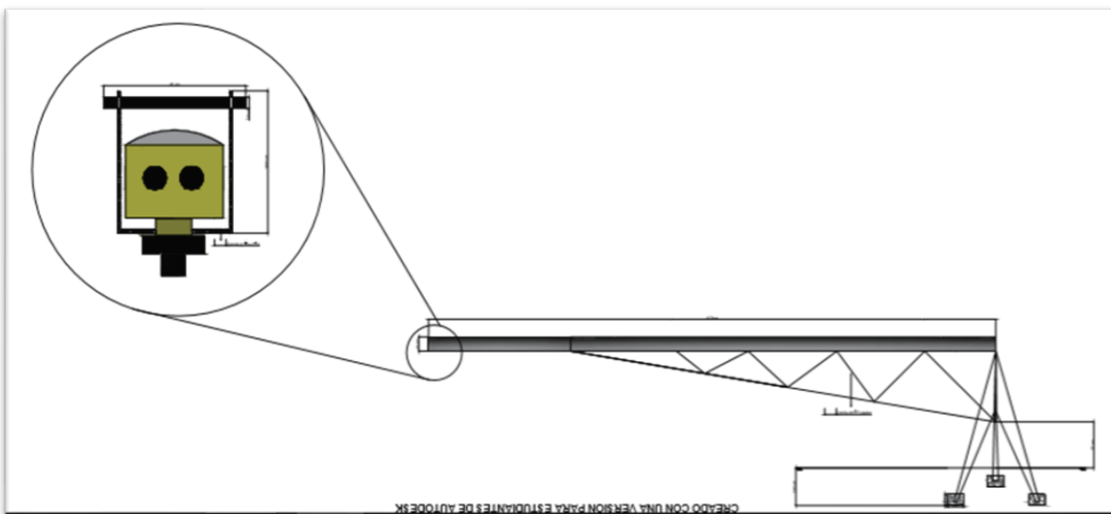
A continuación, se realiza una breve descripción de los soportes para la posterior instalación de sensores hidrológicos en las diferentes quebradas y ríos que presentan afectación y requieren de monitoreo constante con el fin de generar alertas en tiempo real.

Ilustración 32. Platina de anclaje para sensor hidrológico.



Fuente: Autores

Ilustración 33 Estructura de Soporte Sensor Hidrológico



Fuente: Autores

INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE RED DE MONITOREO
HIDROCLIMATOLÓGICO EN SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA
CLIMATOLÓGICO

6

REQUERIMIENTO
DE OBRA CIVIL
PARA LAS
ESTACIONES
HIDROLÓGICAS
AUTOMÁTICAS

6.1 Requerimientos de obra civil para las estaciones hidrológicas automáticas.

Los requerimientos de obra civil para estaciones hidrometeorológicas automáticas han sido tomados de términos de referencia IDEAM 2016

De acuerdo con las especificaciones dispuestas por el IDEAM, es responsabilidad del contratista la ejecución de las obras civiles necesarias para instalar las estaciones hidrológicas automáticas que garanticen la calidad en la transmisión de los datos obtenidos por los equipos a instalar. Para su ejecución, se debe contar con un punto específico de instalación y este debe cumplir con ciertos requerimientos los cuales son necesarios para la viabilidad de la instalación de los sensores hidrológicos, no obstante, se deben actualizar los diseños, cálculos y planos, de acuerdo con la visita de toma datos de campo a realizar según lo establecido en cronograma de ejecución. Los resultados y ajustes realizados corresponderán con los requisitos técnicos establecidos por el SATC, quien emitirá su aprobación, previo al inicio de las obras.

6.2 Obras de estructura necesaria para sensores de nivel

Para la instalación del sensor de nivel se construirá una estructura, como se indica en los planos para el desplazamiento y ubicación de este, que debe garantizar la lectura del nivel de la lámina de agua durante todas las épocas del año, de igual manera, es responsabilidad del contratista realizar la conexión entre el gabinete y el sensor a fin de garantizar el óptimo funcionamiento de la estación.

6.2.1 Caseta en mampostería

La especificación de los concretos a utilizar en las obras es de 3000 psi. En los casos en que se indique, se harán los refuerzos. Se construirá una caseta en mampostería, con dimensiones de 1.60 x 1.60 x 2.00 metros.

La caseta tendrá los siguientes componentes:

6.2.1.2 Losa de cimentación:

Será construida una placa en concreto reforzado de dimensiones 2.20 x 2.20 metros, con un espesor de no menos de 0.20 m., acero de refuerzo de ½" cada 0.23 m. en ambas direcciones.

6.2.1.2 Columnas:

Las columnas en concreto reforzado con hierro de 3/8" y flejes cada 20 cm en ¼".

6.2.1.3 Muros:

Los muros serán construidos en bloque número 5, a una altura de 2 m dejando espacio para la instalación de una puerta metálica de acceso de 0.80 metros, para dos rejillas de ventilación de dimensiones 0.20 x 0.20 m. en los costados, las mismas deben ser instaladas con anejo para evitar el ingreso de insectos. Debe tenerse en cuenta la realización de las regatas para la instalación de los ductos y cajas, según el diseño aprobado. Los muros serán terminados con pañete liso y con pintura para exteriores, tipo coraza blanca. En el muro contrario en el que se encuentra la puerta será construido un mesón en concreto que servirá de soporte para el gabinete, con dimensiones de 0.60 x 1.80 m., con un espesor de 0.07 metros. El contratista debe considerar los orificios necesarios para el paso del cableado requerido para la instalación de los equipos electrónicos.

6.2.1.4 Placa superior:

La placa superior será fundida con una dimensión de 0.15 metros de grosor y con refuerzo de ½" cada 0.20 m. en ambas direcciones, se debe tener en cuenta las instalaciones de ductos para los equipos a instalar en el techo, ducto de

pluviómetro y sistemas de alimentación y transmisión. La placa tendrá una pendiente mínima que permita que el agua lluvia drene hacia los costados de esta; por lo tanto, contará con gotero en la parte inferior de los aleros a fin de no permitir el escurrimiento de agua por las paredes.

6.2.2 Carpintería metálica

La caseta tendrá la siguiente ornamentación:

6.2.2.1 Puerta de acceso:

puerta en lámina de hierro calibre 14", acorde a lo especificado en los planos, con chapa de seguridad y portacandado. La puerta debe tener pintura anticorrosiva y abrir hacia dentro de la caseta.

6.2.2.2 Baranda de protección:

en tubería galvanizada de 1.5" con una altura mínima de un metro; en la placa superior de la caseta a fin de garantizar la seguridad del personal que labora en el techo, la misma debe ser instalada una vez sea fundida la placa superior para garantizar su estabilidad.

6.2.2.3 Mástil:

Será instalado un mástil de 2.50 metros en tubería galvanizada de 2" para la instalación del soporte del sensor del nivel y de la antena de comunicaciones. Se debe instalar un mástil adicional para la instalación del sistema de pararrayos tipo franklin, el mismo tendrá una altura no menor a 4 metros.

6.2.2.4 Soporte panel solar:

Se debe dejar fundido en la placa superior, el soporte en ángulo metálico, para instalar el panel solar, que incluya porta candado.

6.2.2.5 Soporte pluviómetro:

Se debe dejar fundido en la placa superior la base para la instalación del pluviómetro.

Ilustración 34: Montaje de sensor Hidrológico Fuente de Alimentación



Fuente: Autores

INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE RED DE MONITOREO
HIDROCLIMATOLÓGICO EN SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA
CLIMATOLÓGICO

7

IMPLEMENTACIÓN DE
LA RED
HIDROMETEOROLÓGICA
INSTALADA EN EL
DEPARTAMENTO DE
NORTE DE SANTANDER

7.1 Implementación de la red meteorológica SATC.

Siguiendo las fases establecidas en la etapa de implementación, esta última se lleva a cabo de acuerdo con los diagnósticos realizados, así como la recolección de la información de las zonas vulnerables que presentan altos niveles de riesgo por fenómenos naturales, cabe resaltar que toda la información se evalúa con el fin de identificar las posibles medidas de adaptación y cuáles son las mejores acciones que se puedan llevar a cabo con el fin de mitigar los riesgos a los que se encuentran expuestas las comunidades.

Por otra parte, se tiene en cuenta las visitas de diagnóstico realizado en las zonas de afectación por fenómenos naturales determinando cuales son los equipos a instalar en el área de influencia que se presentan en los municipios del departamento. Así mismo, se tiene en cuenta los posibles puntos de instalación los cuales son evaluados por medio de la matriz de criterios que permiten medir el rango y criterio si dichos puntos son aceptados para la posterior instalación de equipos en campo. Según lo anterior, se decide implementar estaciones meteorológicas y que por medio de ellas se permitan medir las diferentes variables del tiempo atmosférico con el fin de instaurar medidas de adaptación y alertas en tiempo real en cuanto a cambios inusuales en el clima, favoreciendo a las comunidades más propensas y que se encuentran en riesgo.

7.1.1 Estaciones instaladas en el departamento.

A continuación, en la tabla 7, se puede observar el punto de ubicación con coordenadas geográficas en cada uno de los municipios y el tipo de estación que se han instalado en el departamento, también se puede observar el área de influencia que se está cubriendo con la instalación de las diferentes estaciones; esto con el fin de poder medir en tiempo real y obtener datos con los sensores de estos equipos como temperatura, humedad, precipitación, radiación solar, dirección y velocidad del viento entre otros. La idea principal del sistema de alertas tempranas del Norte de Santander es la implementación del sistema de

monitoreo constante y preciso por medio del cual prevenir y mitigar las posibles eventualidades que se puedan presentar en los municipios de todo el departamento.

Tabla 7. Municipios e impactos en las diferentes cuencas del departamento.

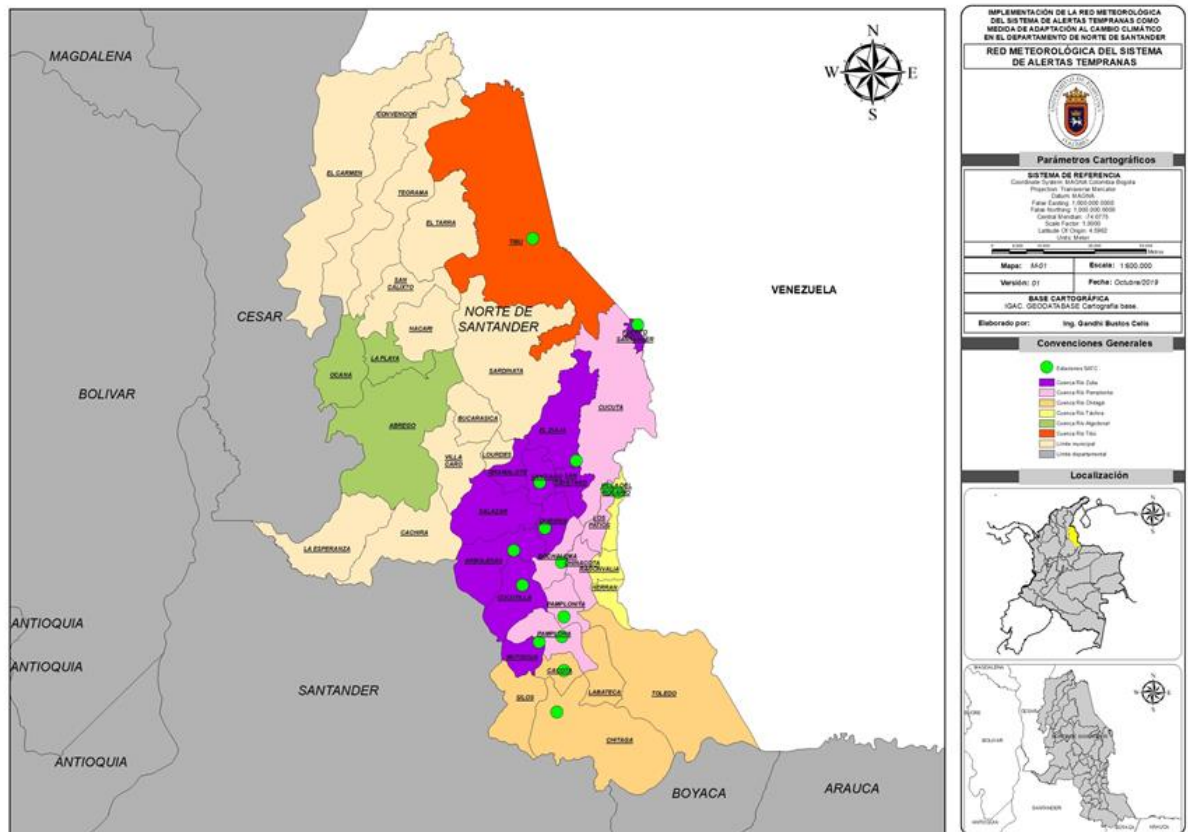
Municipio	Coordenadas	Latitud	Longitud	Fecha Instalación	Altura m.s.n.m	Impacto	Modelo	Tipo de estación
Mutiscua	7° 21'29" N 72°43'11" W	7.3580556	-72.7197222	12/06/2019	2730	Río Zulia	MA 3081 Automática	Meteorológica
Cucutilla	7°32'20" N 72°46'21" W	7.5388889	-72.7725	28/06/2019	1290	Río Zulia	Davis Pro2. M. 6152	Meteorológica
Durania	7°43'8.94" N 72°42'1" W	7.71915	-72.7002778	20/06/2019	971	Río Zulia	Davis Pro2. M. 6152	Meteorológica
Arboledas	7°39'00" N 72°48'00" W	7.65	-72.8	12/07/2019	948	Río Zulia	MA 3081 Automática	Meteorológica
Santiago	7°51'52" N 72°42'59" W	7.8644444	-72.7163889	3/07/2019	425	Río Zulia	Davis Pro2. M. 6152	Meteorológica
Zulia	7°55'59" N 72°36'0" W	7.9330556	-72.6	3/07/2019	236	Río Zulia	Davis Pro2. M. 6163	Meteorológica
Pamplona	7°22'32" N 72°38'52" W	7.3755556	-72.6477778	11/05/2019	2291	Río Pamplonita	MA 3081 Automática	Meteorológica
Pamplonita	7°26'20" N 72°38'25" W	7.4388889	-72.6402778	26/06/2019	1733	Río Pamplonita	Davis Pro2. M. 6152	Meteorológica
Bochalema	7°36'41" N 72°38'50" W	7.6113889	-72.6472222	12/07/2019	1067	Río Pamplonita	MA 3081 Automática	Meteorológica
Los Patios	7°50'32" N 72°30'7" W	7.8422222	-72.5019444	2/07/2019	406	Río Pamplonita	Davis Pro2. M. 6163	Meteorológica
Villa del Rosario	7°49'59" N 72°28'1" W	7.8330556	-72.4669444	2/07/2019	452	Río Táchira	Davis Pro2. M. 6163	Meteorológica
Puerto Santander	8°21'48" N 72°24'7" W	8.3633333	-72.4019444	26/06/2019	63	Río Pamplonita	Davis Pro2. M. 6163	Meteorológica

Tibú	8°38'17" N 72°44'48" W	8.6380556	-72.7355556	19/07/2019	75	Río Tibú	Davis Pro2. M. 6163	Meteorológica
Chitagá	7°8'11" N 72°39'53" W	7.1363889	-72.6647222	3/08/2019	2359	Río Chitagá	Davis Pro2. M. 6163	Meteorológica
Cácota	7°16'04" N 72°38'30" W	7.2677778	-72.6416667	8/05/2019	2413	Río Chitagá	MA 3081 Automática	Meteorológica
Chinácota	7°36'25"N 72°36'02"W	7.60788	-72.600638	5/11/2019	1310	Río Pamplonita	Davis Pro2. M. 6152	Meteorológica
San Bernardo	7°18'37"N 72°28'59"W	7.203595	-72.442953	2/09/2019	1153	Río Chitagá	MA 3081 Automática	Meteorológica
Babega	7°11'00"N, 72°44'00"W	7.197561	-72.700518	3/08/2019	2325	Río Chitagá	MA 3081 Automática	Meteorológica
Ragonvalia	7°34'40" N 72°38'29" W	7.578270	-72.477015	20/08/2019	1565	Río Táchira	Davis Pro2. M. 6152	Meteorológica
Herrán	7°30'22"N 72°28'58"W	7.506405°N	-72.483500	20/09/2019	1962	Río Táchira	MA 3081 Automática	Meteorológica
Gramalote	7°53'17"N 72°47'48"O	7.91579	-72.78708	23/08/2019	1468	Río Zulia	Davis Pro2. M. 6152	Meteorológica
Sardinata	8°05'01"N 72°48'01"W	8.083677	-72.80139	23/08/2019	314	-	Davis Pro2. M. 6152	Meteorológica
Toledo	7°18'37"N 72°28'59"W	7.312949	-72.483314	24/09/2019	1663	Río Chitagá	MA 3081 Automática	Meteorológica
Labateca	7°17'53"N 72°29'42"W	7.300476	-72.495086	3/08/2019	1555	Río Chitagá	Davis Pro2. M. 6152	Meteorológica
Salazar	7°46'26"N 72°48'48"W	7.77393	-72.8133	23/08/2019	845	Río Zulia	Davis Pro2. M. 6153	Meteorológica

Fuente. SATC 2019

En la ilustración 35, se observa la ubicación espacial de las estaciones instaladas en el departamento, con el fin de crear territorios resilientes ante las eventualidades que pueden llegar a ser causadas por factores como el cambio climático y la variabilidad climática. Por otra parte, la instalación de las estaciones se llevó a cabo con los procedimientos establecidos por la OMM y el IDEAM, garantizando el funcionamiento del equipo instalado en campo y recibiendo los datos de los diferentes sensores que componen la estación garantizando un bajo porcentaje de error a la hora de la toma de los datos. Los sensores meteorológicos que miden las diferentes variables se encuentran calibrados por la norma establecida ISO 9001 y listo para hacer uso de estos y medir las condiciones atmosféricas.

Ilustración 35: Red meteorológica del Sistema de Alertas Tempranas Instalada en N. de S.

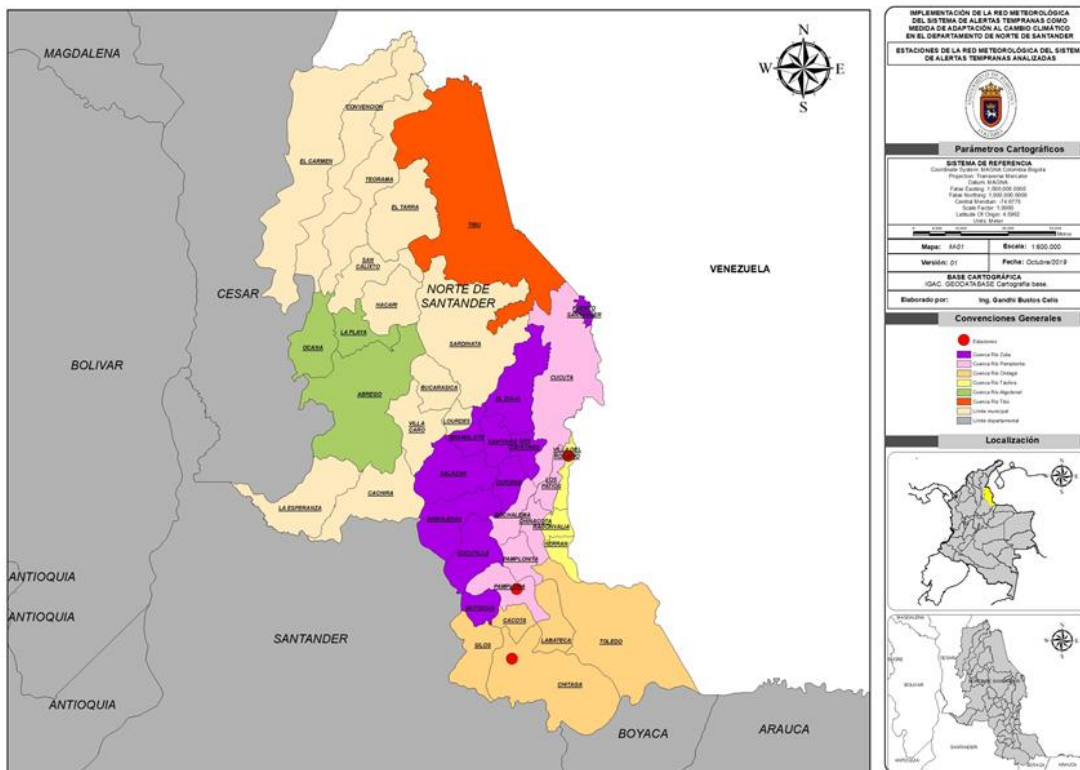


Fuente: Autores

7.1.2 Estaciones de comparativa IDEAM - SATC

Por otra parte, en la ilustración 36 se puede observar la ubicación de las estaciones meteorológicas instaladas en los municipios de Pamplona, Villa del Rosario y Chitagá con el fin de validar la información desde la identificación de las similitudes en cuanto a precipitación acumulada diaria en un periodo de treinta y tres días comparando los datos obtenidos por estos equipos con los datos del IDEAM y posteriormente realizar las respectivas graficas de comparación. No obstante, se eligen estas estaciones por el impacto que ejercen sobre la cuenca del Río Pamplonita y cuenca del Río Chitagá.

Ilustración 36: Estaciones de la red meteorológica del SATC analizadas en N. de S



Fuente: Autores

7.1.2.1 Modelos de Estaciones Meteorológicas Instaladas en Campo.

A continuación, en la ilustración 37 y 38 se puede observar las estaciones instaladas en campo con sus respectivas consolas de adquisición de datos. Estas

estaciones instaladas se encuentran enviando datos es tiempo real a partir de la fecha de instalación y puesta en operación de estas, así mismo las estaciones se encuentran enviando datos cada minuto y registrando datos en la plataforma web www.satcnortedesantander.gov.co los parámetros de velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad, precipitación, radiación solar, rayos UV, entre otros.

Ilustración 37: Estaciones MA 3081 Municipio de Pamplona Izq. Municipio de Mutiscua Der.



Fuente: Autores

Ilustración 38: Estaciones Davis Vantage Pro2. Municipio de Villa del Rosario Izq. Municipio de Tibú Der.

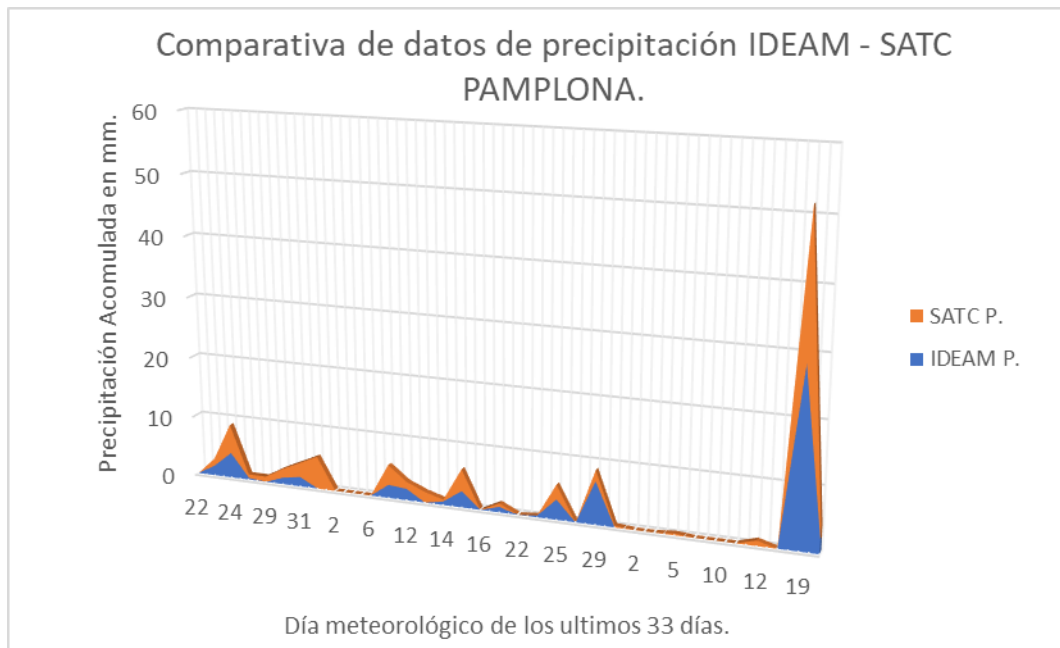


Fuente: Autores

7.1.2.2 Gráficos de los acumulados de precipitación diaria.

A continuación, se puede observar los valores acumulados de precipitación diaria o como lo menciona el IDEAM "día meteorológico" durante un periodo de dos meses en los cuales se registraron diferentes parámetros luego de haber instalado las estaciones. No obstante, se realiza las comparativas con los datos de precipitación obtenidos con los equipos instalados por el proyecto SATC en el departamento y los datos de precipitación del Instituto de Meteorología e Hidrología y Estudios Ambientales (IDEAM) con el fin de establecer similitudes en la toma de los datos.

Gráfico 1: Comparativa de datos acumulados de precipitación IDEAM - SATC "Pamplona"

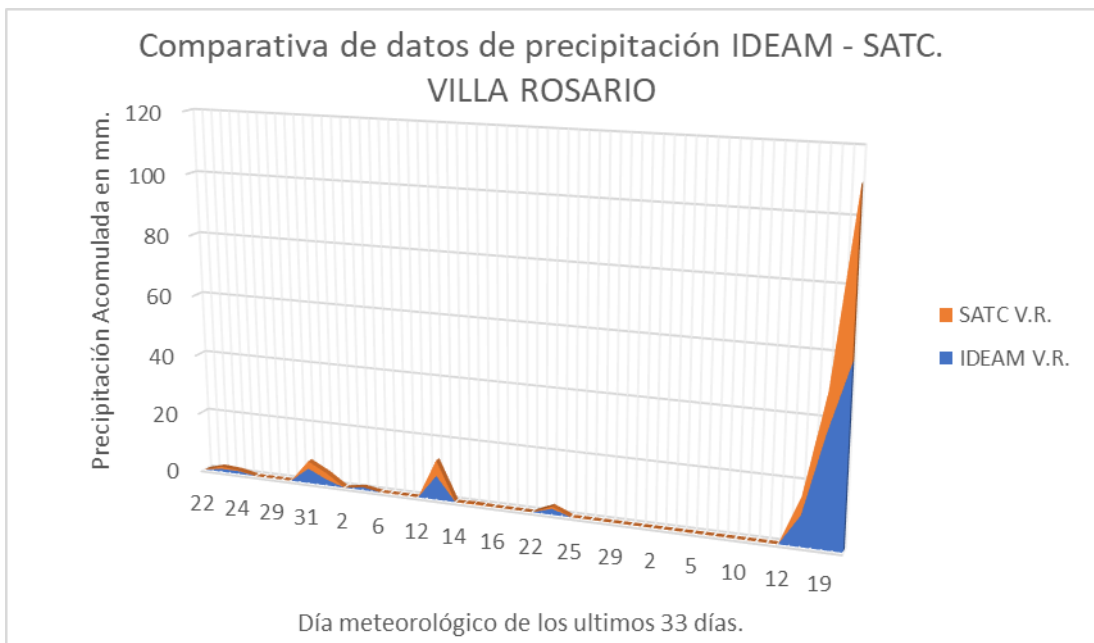


Fuente: autor.

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON		
PAMPLONA	IDEAM	SATC
IDEAM	1	
SATC	0,949845132	1

En el gráfico anterior se puede observar una serie de datos de precipitación obtenidos por la estación meteorológica de modelo MA 3081 instalada en el área urbana del municipio de Pamplona con el fin de comparar con los datos de los reportes de días meteorológicos del IDEAM y posterior a ello hallar el coeficiente de correlación de Pearson obteniendo que estos datos son significativamente similares con un valor de 0.94984513 lo que quiere decir que los datos obtenidos por el equipo instalado en campo son fiables.

Gráfico 2: Comparativa de datos acumulados de precipitación IDEAM – SATC “Villa Rosario”



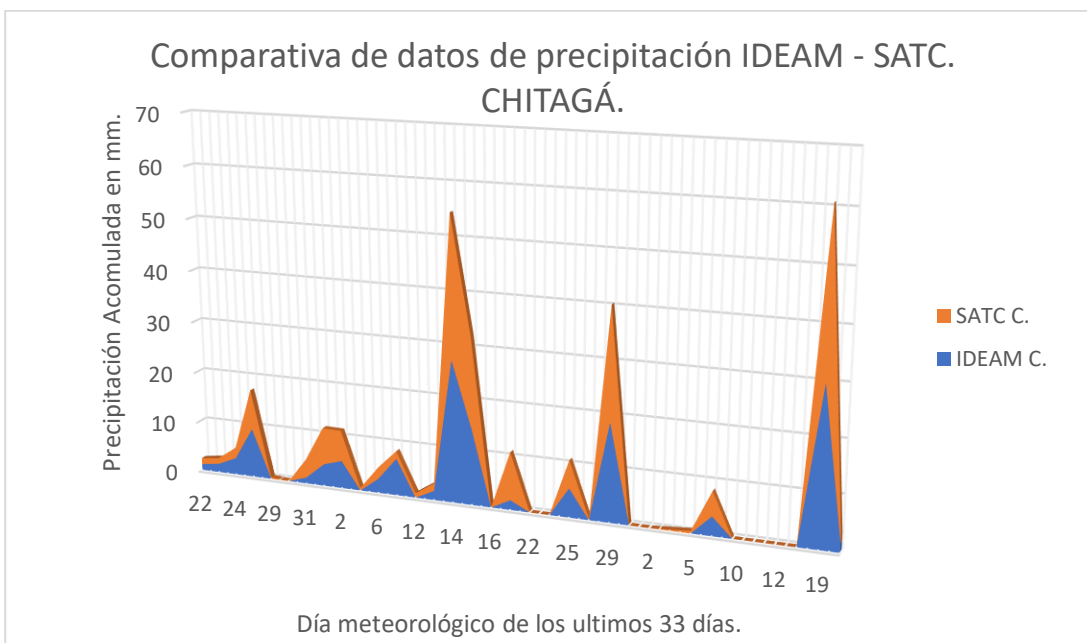
Fuente: autor.

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON		
VILLA IDEAM	IDEAM	SATC
	1	
SATC	0,947528873	1

En el gráfico 2, se puede observar los datos de precipitación acumulada durante el periodo de treinta y tres días obtenidos por la estación meteorológica Davis Vantage Pro2 instalada en la zona urbana del municipio de Villa del Rosario, así mismo se realiza la respectiva comparación con el reporte de precipitación del

IDEAM. Todo lo anterior con la finalidad de analizar el comportamiento de las precipitaciones obtenidas y así corroborar la información obtenida por el equipo instalado en campo. De la misma manera se aplica el coeficiente de correlación de Pearson el cual es de 0.947528 lo que quiere decir que los datos son significativamente proporcionales.

Gráfico 3: Comparativa de datos acumulados de precipitación IDEAM – SATC “Chitagá”



Fuente: autor.

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON		
CHITAGÁ	IDEAM	SATC
IDEAM	1	
SATC	0,970847457	1

En el gráfico 3, se observa el comportamiento de los datos acumulados de precipitación durante un periodo de treinta y tres días, los datos de precipitación se obtienen mediante la estación instalada en la zona urbana del municipio de Chitagá, en la cual se observa que la precipitación es sumamente alta y esto se debe a la zona donde se encuentra ubicado el municipio y que el periodo de medición se encuentra en épocas de lluvia. No obstante, la estación meteorológica es de modelo Davis Vantage Pro2 y los datos obtenidos se

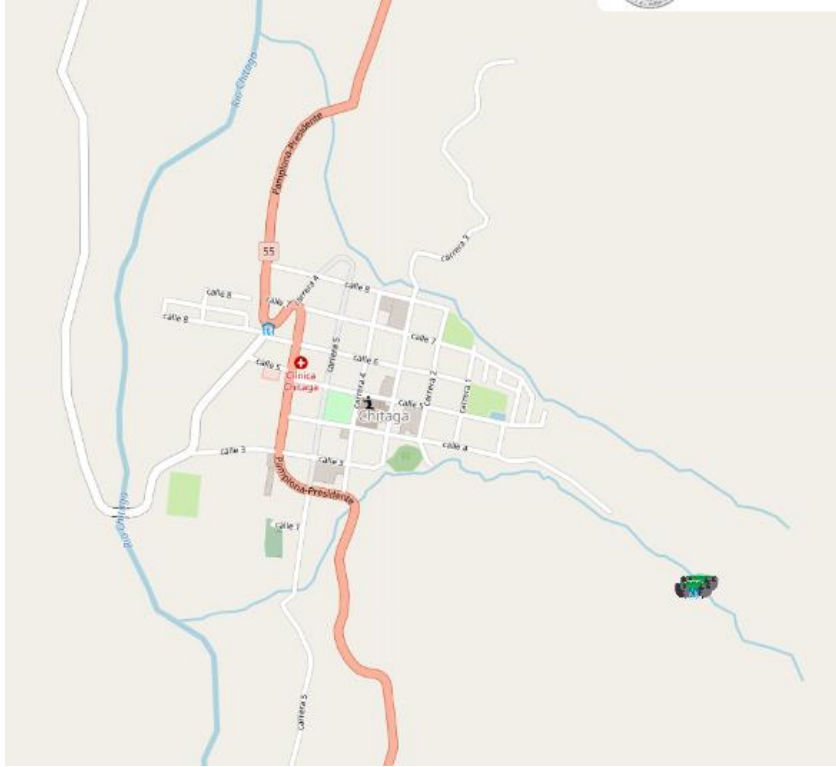
comparan con los datos de precipitación acumuladas dispuesto por el IDEAM donde el coeficiente de correlación de Pearson es de 0.97084 lo cual quiere decir que la similitud entre uno y otro es significativamente es alta.

7.2 Implementación de la red hidrológica SATC.

7.2.1 Estaciones Instaladas en el departamento:

Por el momento se han instalado tres estaciones hidrológicas de modelo y tecnología Gauger GSM – GPRS en el departamento de norte de Santander y más preciso en la cuenca del río Chitagá, siendo dos en la quebrada el arpero y la otra en la quebrada la viuda puesto que estas representan alto riesgo para la población del casco urbano del municipio, afectando a sus habitantes y como experiencias se tiene la del año más reciente 2015 que afectaron vías y cultivos en este municipio. Es por esta razón y por la alta vulnerabilidad que se decide empezar a monitorear dichas quebradas, ver ilustración 39 y 40. Otra de las estaciones instaladas es la que se encuentra en constante monitoreo de la naciente del río pamplonita y más preciso en la bocatoma del acueducto de Pamplona.

Ilustración 39: Sensores hidrológicos instalados Q. Arpero y Viuda



Fuente: autor.

Ilustración 40: Estación hidrológica Quebrada la Viuda



Fuente: autor.

7.2.11 Estructura de encerramiento

Corresponde a una estructura metálica anclada al suelo en la cual se soportan los elementos de alojamiento de equipos (gabinete), de suministro autónomo de energía eléctrica (panel, batería, regulador) y de transmisión de datos (antena, transmisor). La misma debe ser fabricada de tal forma que permita su instalación en la matriz de pernos que será instalada en la cimentación, para ello deberá contar con una platina en su zona inferior y atiesadores, adicionalmente la platina debe contar con las perforaciones que se requieran.

La torre consta de dos componentes principales, un tramo en tubería de 4" de diámetro donde será instalado el gabinete y el riel para el desplazamiento del sensor de nivel tipo radar y un tramo de 3" donde se instalará el soporte para el pluviómetro, la antena, y un pararrayos tipo Franklin de 5 puntas.

Ilustración 41: Instalación del sensor hidrológico y su encerramiento



Fuente: Autores

La torre debe ser terminada usando pintura resistente a la corrosión. El contratista instalará los mecanismos necesarios para garantizar la realización de trabajo en alturas, tales como: líneas de vida, anclajes, etc.

Todos los elementos para instalar deben presentar elementos de seguridad: tuercas antirrobo y contratuercas invertidas, puntas y obstáculos de acceso de la misma forma, los accesorios metálicos (pernos, tuercas, abrazaderas, entre otros), deben ser construidos de acero galvanizado o mejor.

7.2.1.2 Anclaje

La torre debe ir anclada al suelo mediante su fijación a un mortero en concreto reforzado de 0.8 x 0.8 x 0.8 m, en el cual se dejará empotrada una matriz de pernos en material resistente a la corrosión para posterior sujeción de la base de la torre a instalar. En todo caso la cimentación debe garantizar la estabilidad de la estructura.

7.2.1.3 Panel solar

Para soportar este elemento se contó con una estructura en ángulo con mordaza que permita que el mismo quede asegurado contra robo, para su soporte al mástil se utilizará una abrazadera metálica que se acople al diámetro del tubo, el mismo será instalado en la parte posterior del gabinete.

7.2.1.4 Gabinete de equipos

Para el alojamiento de equipos se instalará el gabinete ofertado contando para ello con un soporte en su base a una altura mínima de 4 metros que no permita su acceso sin el uso de escalera. El soporte tendrá un tamaño tal que permita la operación del pluviómetro y la antena ubicado en la zona superior del gabinete.

7.2.1.5 Tramos de Miras (Limnómetro)

El Contratista debe hacer la instalación de los tramos de mira de acuerdo con la sección de niveles tomada durante los datos de campo en la estación, garantizando que se puedan realizar observaciones de la variación de la lámina del agua, tanto en niveles bajos o de estiaje, así como en niveles altos o de crecientes; se debe realizar la obra civil que permita fijar en varios tramos según la pendiente del talud u orilla, perfectamente empalmados y nivelados, y amarrados a un mojón BM con coordenadas arbitrarias, el cual debe quedar materializado en un punto que garantice la permanencia en el tiempo. Las especificaciones de las instalaciones, en taludes de pendiente variable son:

1. Primer tramo de mira de 2.0m sobre riel metálico tipo doble T de 2.50 m de longitud, con punta para facilitar el anclaje al lecho del río en 0.50 m. La lámina de mira se debe fijar al riel a través de tornillos.
2. Tres tramos de mira de 2.0m sobre riel metálico tipo doble T de 2.50 m de longitud, con punta para facilitar el anclaje al lecho del río en 0.50 m. La lámina de mira se debe fijar al riel a través de tornillos. Los rieles deben tener una base de pintura anticorrosiva y encima de esta, pintura esmalte fosforescentes.

7.2.2 Proceso de calibración

Los aforos son un factor importante para determinar la curva de gasto "altura – caudal" puesto que de ella depende generar alertas en tiempo real y esto solo se consigue realizando aforos en diferentes momentos y efectuando suficientes para alimentar la formula. Estos aforos se realizan con el medidor de flujo magnético que permite realizar la batimetría y conocer la descarga in situ dado que al terminar este te arroja los valores automáticamente de caudal.

En la tabla 17, se observa los datos obtenidos por el medidor de flujo garantizando la operatividad y la facilidad para realizar aforos en la menor brevedad posible, no obstante, el caudal es de 1.5 metros cúbicos aproximadamente.

Tabla 17. Aforo con medidor de flujo en el Río Pamplonita.

Aforo Pamplonita		Ancho Cauce	7.4	Ancho sección	0.5		
Nº Estación	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	Vel. Prom.	Distancia (m)	Caudal Sección Media (m ³ /s)	Caudal Sección Central (m ³ /s)	
0	0.306	80%	0.001	0.4	0.005952038	0.005355	
		60%	0.001				
		20%	0.001				
1	0.248	80%	0.14	0.5			
		60%	0.02				
		20%	0.007				
2	0.318	80%	0.332	0.5			
		60%	0.382				
		20%	0.425				
3	0.35	80%	0.931	0.5			
		60%	0.824				
		20%	0.966				
4	0.4	80%	0.572	0.5			
		60%	0.827				
		20%	1.011				
5	0.32	80%	0.548	0.5	0.297585	0.29689	
		60%	0.851				
		20%	1.126				
6	0.35	80%	0.008	0.5			
		60%	0.102				
		20%	0.054				
7	0.33	80%	0.07	0.5			
		60%	1.111				
		20%	1.076				
8	0.26	80%	0.67	0.5			
		60%	1.035				
		20%	1.067				
9	0.34	80%	0.523	0.5	0.242325	0.236565	
		60%	0.581				
		20%	0.97				
10	0.4	80%	0.994	0.5			
		60%	1.053				
		20%	1.137				
11	0.46	80%	0.726	0.5			
		60%	0.879				

		20%	1.059				
		80%	0.565				
12	0.4	60%	0.628	0.64725	0.5		
		20%	0.768			0.195868125	0.19974
		80%	0.415				
13	0.33	60%	0.427	0.426	0.5		
		20%	0.435				
		80%	0.21				
14	0.18	60%	0.236	0.18075	0.5	0.0162675	0.00813375
		20%	0.041				
Caudal total l/s		1525.855		Caudal total m ³		1.525855663	1.5202435

Fuente: Autores

A continuación, en las ilustraciones 42 y 43 se corrobora la toma de los datos con el medidor de flujo magnético a lo ancho del río Pamplonita.

Ilustración 42: Resultado del aforo.



Fuente: Autores

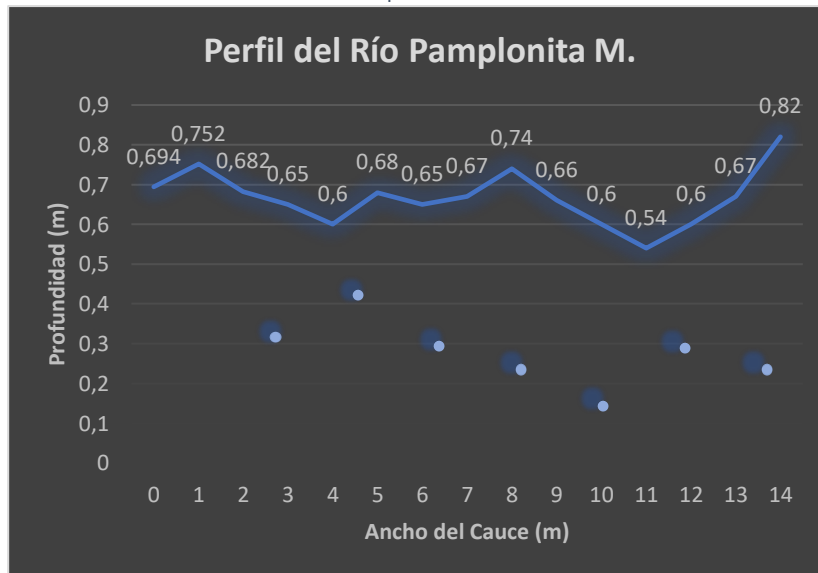
Ilustración 43: Aforo con medidor de flujo magnético.



Fuente: Autores

A continuación, en la gráfica 4, se puede observar el comportamiento del perfil longitudinal a lo largo del cauce estableciendo como punto más hondo de 0.54 m y una tendencia lineal correspondiente a $R^2 = 0.0118$.

Gráfico 4: Perfil río Pamplonita – sección transversal.



Fuente: Autores

7.2.3 Valla informativa

La estación cuenta con una valla de identificación de dimensiones 100 x 60 centímetros instalada por el encargado en un lugar visible, en lámina metálica y artes elaboradas en pintura electrostática o adhesivos que garanticen su funcionalidad, debe incluir la información general acerca de la estación y el proyecto SATC. El encargado cumple con lo contemplado en el manual de imagen de la entidad, para lo cual debe solicitar la información, de manera anticipada al SATC. La valla contará con los respectivos apoyos para su instalación y será instalada en un sitio que permita fácil reconocimiento y lectura.

Ilustración 44: Valla informativa



Fuente: Autores

7.2.2.1 Otras características técnicas son:

- Soporte en ángulo de 1" x 3/16", de 2.50 metros de alto x 1 metro x 60 centímetros, con pata cruzada en forma de T. En pintura electrostática color azul. Para el ensamble utilizar tornillos con cabeza avellanada con tuerca y arandela.
- Lámina galvanizada calibre 20 de 1 metro x 60 centímetros. Pintada en ambas caras con pintura electrostática.
- La información para publicar en la valla estará recubierta en laca transparente para su protección.

7.2.3 Red hidrológica proyectada a instalar.

CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

De acuerdo con diferentes autores la instalación, manejo y operación de los equipos meteorológicos es de sumo cuidado puesto que estos requieren de la debida manipulación y el correcto ensamblaje de los sensores que componen a las estaciones. No obstante, se deben tener en cuenta las recomendaciones dispuestas por la OMM e IDEAM en cuanto a operación, manejo e instalación, puesto que de allí depende que la veracidad en la toma de variables y esta sea la correcta, mirando hacia un futuro más adelante la utilidad de estos datos en investigaciones que realice la academia y sirvan para alimentar los históricos del departamento.

La instalación de los equipos meteorológicos se realizaron con base en la normativa y las metodologías dispuestas por la organización meteorológica mundial OMM y las situadas por el Instituto de Hidrología y Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, con el fin de llevar a cabo que dichas estaciones operen y presten los servicios para los que fueron instalados, cabe señalar que se tienen instaladas 26 estaciones meteorológicas distribuidas en el departamento de Norte de Santander y que conforman la red meteorológica del Sistema de Alerta Temprana Climatológica SATC.

Con la implementación de las estaciones meteorológicas se pudo evidenciar el compromiso de los entes territoriales a participar, así como los organismos de socorro, policía nacional y la comunidad en general siendo estos últimos los más interesados en que se implementen las redes de monitoreo puesto que ellos son los mas afectados. En este sentido, se encuentran las 26 estaciones operando y enviando en tiempo real datos meteorológicos a la plataforma y se espera que en las próximas semanas se de ejecución a las estaciones proyectadas para completar un total de 35 y seguir alimentando la data del departamento.

La precipitación acumulada diaria dispuesta por el reporte diario del IDEAM se asemejan con los datos obtenidos por las estaciones instaladas en los municipios de Pamplona, Villa del Rosario y Chitagá. Con lo anterior y después de aplicar la correlación de Pearson se puede establecer que los datos obtenidos por las estaciones instaladas presentan alta similitud con un valor de 0.9475 con respecto a los datos del reporte meteorológico del IDEAM, se puede decir que las estaciones se encuentran funcionando en perfectas condiciones y que la diferencia en las cantidades totales de precipitación se debe al lugar de su posicionamiento.

Se evidencia que las estaciones hidrológicas instaladas se encuentran operando y que se mantienen monitoreando las quebradas en tiempo real con la generación de reportes cada tres minutos, algo importante para las comunidades y las alcaldías de los municipios beneficiados dado que tener estos equipos y hacer uso de ellos es realmente valioso para salvar vidas y que estas activen los protocolos de emergencia con anterioridad. Es así como también se tiene proyectado la instalación de doce estaciones meteorológicas listas y dispuestos abarcando la mayor área del departamento y brindar apoyo a las entidades, entes de socorro y comunidad en general.



INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE RED DE MONITOREO
HIDROCLIMATOLÓGICO EN SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA
CLIMATOLÓGICO

BIBLIOGRAFÍA



BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, M. (2013). Sistemas de Alerta Temprana (S.A.T) para la Reducción del Riesgo de Inundaciones Súbitas y Fenómenos Atmosféricos en el Área Metropolitana de Barranquilla. *Scientia et Technica*, 303-308.
- Alzate, D., Rojas, E., Mosquera, J., & Ramón, J. (2015). CAMBIO CLIMÁTICO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA PARA EL PERIODO 1981- 2010 EN LAS CUENCAS DE LOS RÍOS ZULIA Y PAMPLONITA, NORTE DE SANTANDER – COLOMBIA. *Luna Azul*, 127 - 153.
- Barriga, M., Viscaíno, J., & Recalde, C. (2015). Implementación de una red de estaciones meteorológicas utilizando transmisión GPRS en la región centro andina ecuatorial. *Revista Congreso de Ciencia y Tecnología*, 10(1), 209-214. doi:<http://dx.doi.org/10.24133/cctespe.v10i1.49>
- Campos, A., Holm, N., Díaz, C., Rubiano, D., Costa, C., Ramírez, F., & Dickson, E. (2012). *Resumen ejecutivo. Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia: un aporte para la construcción de políticas públicas.* . Bogotá: Banco Mundial.
- Congreso de la República. [24 de Abril de 2012]. *Secretaría de Senado*. Obtenido de Ley 1523 de 2012: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1523_2012.html

- Domínguez, E., & Lozano, S. (2014). Estado del arte de los sistemas de alerta temprana en Colombia. *Ciencias de la tierra*, 321-332.
- Ferreras, C. F. (25 de 11 de 2019). *Agroclimatología* . Obtenido de <https://www.carm.es>
- Hernandez, L. N. (1993). La Agroclimatología, Instrumentode Planificación Agrícola. *GEOGRAPHICALIA* , 213-228.
- IDEAM. (2005). *Atlas Climatológico de Colombia*. Bogotá, D.C.: Printed in Colombia. Recuperado el 09 de 11 de 2019
- Lenton, T. (2011). Early warning of climate tipping points. *Nature Climate Change*., 201-209.
- López, G. (Junio de 2016). Estación Meteorológica para la conformación de Redes. Proceso de Instalación. *Scientia et Technica Año XXI, 21(1)*, 115-121. Recuperado el 18 de Julio de 2019
- López, J., Carvajal, Y., & Enciso, A. (2017). SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA CON ENFOQUE PARTICIPATIVO: UN DESAFÍO PARA LA GESTIÓN DE RIESGO EN COLOMBIA. *Luna Azul* , 231-246.
- MetAs. (15 de 10 de 2019). <http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-05-02-presion-atmosferica.pdf>. Obtenido de <http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-05-02-presion-atmosferica.pdf>.

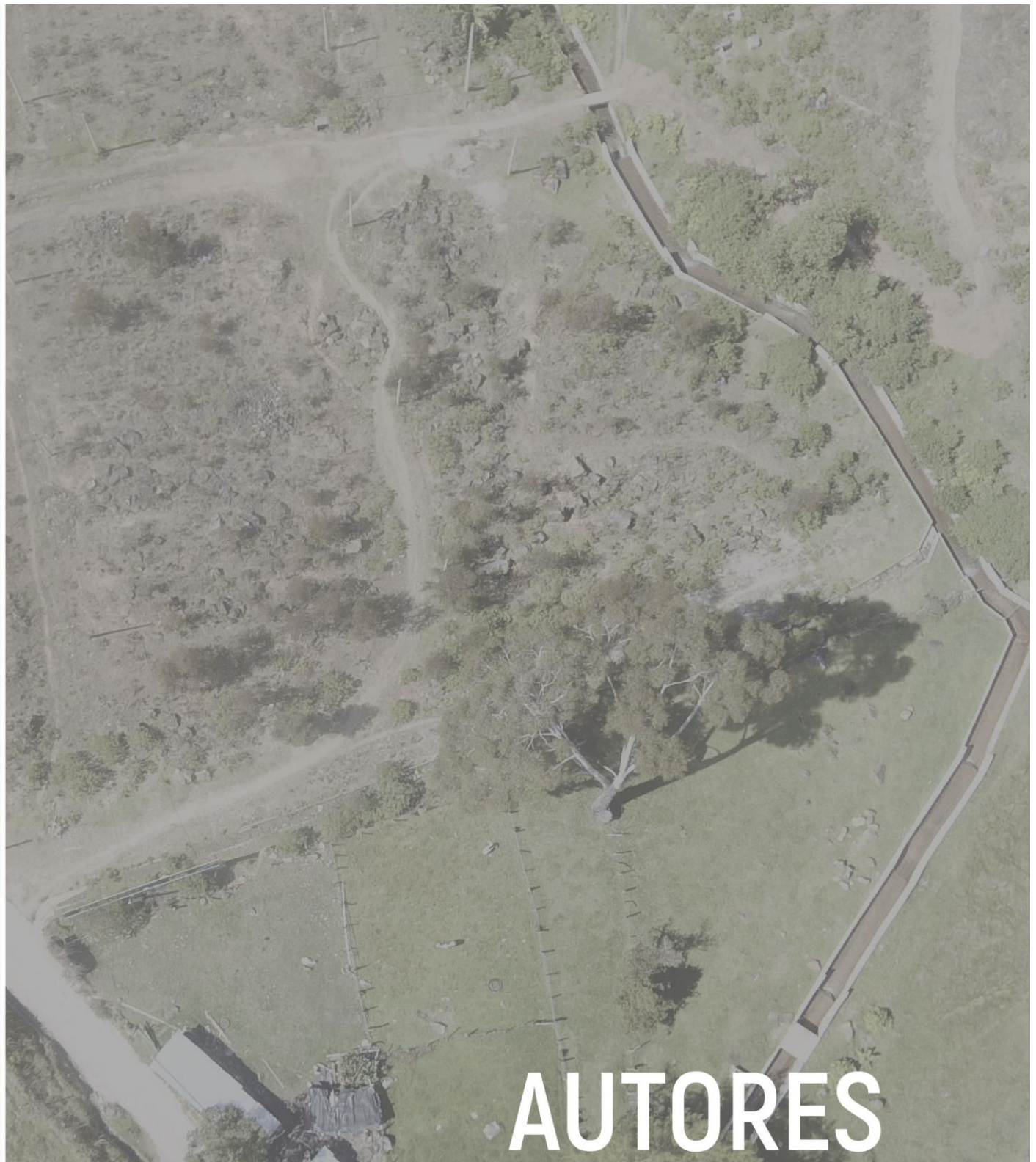
- Meteoagro. (22 de Octubre de 2019). *Guía básica Davis Vantage Pro2*. Obtenido de https://meteoagro.s3-us-west-1.amazonaws.com/manuals/guia_basica_davis_pro2_6152_6162.pdf
- Meteoagro. (15 de Septiembre de 2019). *Manual de operación de estación meteorológica profesional*. . Obtenido de https://meteoagro.s3-us-west-1.amazonaws.com/manuals/manual_ma_3081_espanol.pdf
- Ocharan, J. (2007). Sistemas de Alerta Temprana. Fotografía actual y retos futuros. *Cuadernos internacionales de tecnología para el desarrollo humano*, 39-43.
- OMM. (2011). Guía de prácticas climatológicas. Ginebra, Suiza. Recuperado el 28 de 07 de 2019, de https://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_100_es.pdf
- Palacios, J., Ramón, J., & Herrera, K. (2018). Generation of prognostics of the state of time for the early alert system of the Pamplonita river basin. *Contemporary Engineering Sciences*, 2439 - 2447.
- Ramón, J., Alzate, D., & Ramón, D. (2017). Sistema de alerta temprana ante eventos climáticos extremos como medida de adaptación y mitigación al cambio climático . *REVISTA ARGENTINA DE INGENIERÍA*, 126-134.
- Salazar, V. (23 de 11 de 2019). *SOBREPOBLACIÓN Y CONSUMISMO, PRINCIPALES RETOS PARA UN DESARROLLO REGIONAL SUSTENTABLE*. Obtenido de http://ru.iiec.unam.mx/4272/1/1-Vol2_Parte1_Eje3_Cap6-032-Salazar.pdf
- SIATA. (21 de 11 de 2019). *Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá*. Obtenido de www.siata.gov.co

SIRE-CC. (18 de 11 de 2019). *Sistema de Información para la Gestión del Riesgo y Cambio Climático*. Obtenido de www.sire.gov.co

UNEP, & GEAS. (2012). Early Warning Systems: A State of the Art Analysis and Future Directions. *Environmental Development*, 136-171.

UNGRD. (18 de Septiembre de 2019). *Guía para la implementación de sistemas de alerta temprana*. Obtenido de Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres: https://intranet.meta.gov.co/secciones_archivos/318-18266.pdf

UNGRD. (18 de Septiembre de 2019). *Unidad Nacional de Gestión del Riesgo y Desastre*.



AUTORES



Jacipt Alexander Ramón Valencia.



Ingeniero Químico por la Universidad Industrial de Santander UIS en 1999, magister en gestión y tratamiento del agua y Gestión Integrada Riesgos Calidad y Medio Ambiente Universidad de Alicante (España) 2003 y Doctor en Ingeniería Química por la Universidad de Murcia (España) 2004. Docente-investigador de tiempo completo asociado, adscrito al Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Arquitectura: director del programa de ingeniería ambiental (2006), Director del Grupo de Investigaciones Ambientales Agua, Aire y Suelo GIAAS categoría A Colciencias Coordinador de la línea de Investigación en Biotecnología Ambiental y Gestión y Tratamiento del Agua, director de la revista Ambiental Agua, Aire y Suelo y director del programa de la maestría en Ingeniería Ambiental. Par evaluador del Sistema de Aseguramiento de la Calidad en Educación Superior (SACES) y del Consejo Nacional de Acreditación (CNA) del Ministerio de Educación Nacional (MEN) (años 2008-actual), par evaluador de COLCIENCIAS y del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) desde el año 2010, Coordinador de la semana Nacional de la Ciencia, Innovación y Tecnología 2010, 2012 y 2014. Coordinador del congreso internacional del medio ambiente y desarrollo sostenible 2012, 2014 y 2016.

Master en gestión del riesgo, real academia de Madrid España, experto en Diseñar sistema de alerta temprana ante eventos climáticos extremos como medida de adaptación al cambio climático, avalado por la subdirección de reducción del Riesgo de Desastres de la Unidad Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres UNGRD y los consejos departamentales de gestión del Riesgo. Director del Proyecto Diseño e implementación de Sistemas de Alerta Temprana Climatológico SATC ante evento extremos como inundaciones y sequías en el departamento de Norte de Santander. Estructurador de los planes territoriales para la gestión del riesgo de desastres con enfoque de gobernanza, cambio

climático y alertas tempranas. Consultor en la herramienta para el manejo y planificación del recurso hídrico en América Latina y el Caribe HYDROBID. Desarrollador de modelos de predicción meteorológico e hidrodinámico basado en sistemas dinámicos no lineales y series temporales y modelos numérico bidimensional hidrodinámico a partir de la correlación de variables hidráulicas e hidrológica en las fuentes hídricas. Asesor de los proyectos Desarrollo estratégico agroecológico con uso de tic para el fortalecimiento de cultivos promisorios en el departamento de Norte de Santander y Boyacá. Capacitación a nivel de diplomados en sistemas de alerta temprana con enfoque de adaptación de la agricultura a la variabilidad y cambio climático. Experto en desarrollar protocolos como estrategia de preparación ante desastres través de la generación de alertas en comunidades vulnerables. Capacitación a usuarios, observadores locales y actores regionales en temas relacionados con el sistema de alertas tempranas, la variabilidad y el cambio climático, sistemas de información geográfica SIG y lectura y uso de instrumentos meteorológicos.

Derly Estefany Vera Mogollón



Ingeniera ambiental egresada de la Universidad de Pamplona (2017), candidata a Magíster en Ingeniería Ambiental (Universidad de Pamplona). Pertenece al grupo de Investigaciones Ambientales Agua, aire y Suelo de la Universidad de Pamplona, actualmente se encuentra desarrollando la investigación titulada "Modelo numérico bidimensional hidrodinámico a partir de la correlación de variables hidráulicas e hidrológica en fuentes hídricas de Norte de Santander". - Experiencia como profesional operativo encargado del lineamiento, ejecución y supervisión a nivel técnico del sistema hidrometeorológico, redes e instrumentos del Sistema de Alertas Tempranas ante inundaciones y sequías como medida de adaptación al cambio climático en el departamento Norte de Santander, Convenio interadministrativo entre la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres y la Universidad de Pamplona). Profesional con conocimiento técnico para la elección de sitios de instalación, georreferenciación, realización de actividades preliminares (aforos, diagnósticos, entre otros) e instalación de estaciones hidrometeorológicas, agroclimatológicas y sistemas de alertamiento acústico, generación de documentos técnicos, entre otros. Además presenta experiencia en la asesoría de investigaciones relacionadas con sistemas de alerta temprana a nivel de pregrado universitario, desempeñándose como asesora externa y coinvestigadora.

Gandhi Michael Bustos Celis



Ingeniero ambiental, candidato a magister en ingeniería ambiental de la universidad de Pamplona con experiencia y formación académica en proyectos ambientales, conocimientos en software (AutoCAD, ArcGIS, QGIS, Python), validación de datos meteorológicos, hidrológicos, manejo de medidor de flujo magnético (aforo), levantamiento de batimetrías con equipo RTK y herramientas ofimáticas con experiencia en instalación, mantenimiento, diagnósticos y capacitaciones de equipos meteorológicos, hidrológicos. en El Proyecto de Sistemas de Alertas Tempranas.

INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE RED DE MONITOREO HIDROCLIMATOLÓGICO EN SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA CLIMATOLÓGICO

Experiencia SATC Norte de Santander

Jacipt Alexander Ramón |
Derly Estefany Vera Mogollón |
Gandhi Michael Bustos Celis

Formando **líderes** para la
construcción de un nuevo
país en paz

