



Technology and Innovation

Ingrid Tatiana Sierra Giraldo
Unidad Administrativa Especial
de Aeronáutica Civil

Edgar Leonardo Gómez Gómez
Centro de Estudios
Aeronáuticos CEA

Jonathan Fernando Varón Castro
Centro de Estudios
Aeronáuticos CEA

Study for the Implementation of an Aeronautical Meteorological Laboratory with Reincorporated Equipment as a Practical Teaching Tool*



CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (1)
Enero-Junio de 2019/ Colombia/ Pp. 228-249

OPEN ACCESS

Citación: Sierra, I., Gómez, E., Varón, J., (2019). Estudio para la implementación de un laboratorio de meteorología aeronáutica con equipos reincorporados como herramienta de enseñanza práctica.

Ciencia y Poder Aéreo, 14 (1), 228-249. Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.630>

Ingrid Tatiana Sierra Giraldo

Ingeniera Mecatrónica egresada de la Universidad Autónoma de Occidente, Magister en Ciencias Meteorológicas de la Universidad Nacional de Colombia. Coordinadora y docente del área de capacitación en Meteorología e investigadora del Grupo de Investigación Académica del Centro de Estudios Aeronáuticos CEA e integrante del Grupo de Investigación "Tiempo Clima y Sociedad" de la Universidad Nacional de Colombia. Miembro del Grupo operativo en Meteorología Aeronáutica de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, licencia aeronáutica OEA - 230. Autor principal del artículo. Ingrid.sierra@aerocivil.gov.co
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001396265

Edgar Leonardo Gómez Gómez

Ingeniero Electrónico, Especialista en Gerencia de Proyectos en Ingeniería, Magister en Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Colombia con mención de honor meritoria de tesis. Licencia de Ingeniero Especialista Aeronáutico. Actualmente es el Coordinador del Grupo de Investigación Académica del Centro de Estudios Aeronáuticos CEA y punto focal del programa Trainair Plus del CEA ante la Organización de Aviación Civil Internacional OACI. Coautor del artículo. edgar.gomez@aerocivil.gov.co
CvLAC: http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001458325

Jonathan Fernando Varón Castro

Ingeniero Mecatrónico egresado de la Universidad Piloto de Colombia. Coautor del artículo. jvcutilidades@hotmail.com
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000139244

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.630>

ABSTRACT

This article presents the results of a research project whose objective is to evaluate the implementation of a meteorological laboratory with reused equipment in the facilities of the Center for Aeronautical Studies (CEA, by Its Spanish Acronym), in order to use it as a tool that reinforces the learning process of students who take academic programs related to meteorological topics. This is possible through the teaching experience offered by a workstation implemented with reincorporated

equipment, that simulates the real working conditions of a weather station operator, which will collect meteorological data in real-time through a network of specialized sensors, that in this case are also reused. As a development methodology, the operating conditions of all equipment deactivated in different locations throughout the country and in the old National Analysis and Forecast Center are evaluated, due to the transfer of this service to the Center for Aeronautical Management of Colombia

(CGAC, by Its Spanish Acronym). The possibility of locating them in CEA's physical facilities is analyzed, thus obtaining the data that indicate the viability of implementing this laboratory, laying the bases for its development. It is expected that this laboratory will significantly benefit the training processes of personnel who provide Air Navigation Services, thus contributing to the fulfillment of the functions of the CEA and therefore, the personnel who are trained there and its institutions.

KEY WORDS:

Aeronautical Education, Weather Station, Laboratory, Aeronautical Meteorology, Weather Sensors, Air Navigation Services.

* Article of reflection taken from the research project: "Design of an aeronautical meteorological laboratory adapted with re-incorporable Civil Aeronautics equipment for academic and research purposes". Attached to the Aeronautical Research Group with code 1046411-B of the Center for Aeronautical Studies (CEA, by its Spanish acronym) and the Special Administrative Unit of Civil Aeronautics.

Tecnología e Inovação

Ingrid Tatiana Sierra Giraldo
Unidad Administrativa Especial
de Aeronáutica Civil

Edgar Leonardo Gómez Gómez
Centro de Estudios
Aeronáuticos CEA

Jonathan Fernando Varón Castro
Centro de Estudios
Aeronáuticos CEA

Estudo para implantação de um laboratório de meteorologia aeronáutica com equipamentos reincorporados como ferramenta prática de ensino*

CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (1)
Enero-Junio de 2019/ Colombia/ Pp. 228-249

OPEN ACCESS

Citación: Sierra, I., Gómez, E., Varón, J., (2019). Estudio para la implementación de un laboratorio de meteorología aeronáutica con equipos reincorporados como herramienta de enseñanza práctica.

Ciencia y Poder Aéreo, 14 (1), 228-249. Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.630>

Ingrid Tatiana Sierra Giraldo

Ingeniera Mecatrónica egresada de la Universidad Autónoma de Occidente, Magister en Ciencias Meteorológicas de la Universidad Nacional de Colombia. Coordinadora y docente del área de capacitación en Meteorología e investigadora del Grupo de Investigación Académica del Centro de Estudios Aeronáuticos CEA e integrante del Grupo de Investigación "Tiempo Clima y Sociedad" de la Universidad Nacional de Colombia. Miembro del Grupo operativo en Meteorología Aeronáutica de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, licencia aeronáutica OEA - 230. Autor principal del artículo. Ingrid.sierra@aerocivil.gov.co
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001396265

Edgar Leonardo Gómez Gómez

Ingeniero Electrónico, Especialista en Gerencia de Proyectos en Ingeniería, Magister en Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Colombia con mención de honor meritoria de tesis. Licencia de Ingeniero Especialista Aeronáutico. Actualmente es el Coordinador del Grupo de Investigación Académica del Centro de Estudios Aeronáuticos CEA y punto focal del programa Trainair Plus del CEA ante la Organización de Aviación Civil Internacional OACI. Coautor del artículo. edgar.gomez@aerocivil.gov.co
CvLAC: http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001458325

Jonathan Fernando Varón Castro

Ingeniero Mecatrónico egresado de la Universidad Piloto de Colombia. Coautor del artículo. jvcutilidades@hotmail.com
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000139244

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.630>

* Artigo de reflexão derivado do projeto de pesquisa: "Projeto de um laboratório meteorológico aeronáutico adaptado com equipamento reincorporável da Aerocivil para fins acadêmicos e de pesquisa". Associado ao Grupo de Pesquisa Aeronáutica com o código 1046411-B do Centro de Estudos Aeronáuticos CEA e à Unidade Administrativa Especial de Aeronáutica Civil

RESUMO

Este artigo apresenta os resultados de um projeto de pesquisa cujo objetivo é avaliar a possibilidade de implementação de um laboratório meteorológico utilizando equipamentos reutilizados. Isso para usá-lo como uma ferramenta educacional para estudantes de meteorologia no Centro de Estudos Aeronáuticos CEA. Isso é possível através da experiência didática, que pode oferecer uma estação de trabalho implementada com equipamentos reincorporados que conseguem simular as

condições reais de trabalho de um operador de estação meteorológica, que vai coletar dados meteorológicos em tempo real através de uma rede de sensores especializados, que, neste caso, são também reutilizados. Como metodologia de desenvolvimento, são avaliadas as condições operativas dos equipamentos descarregados de diferentes localidades do país além do antigo Centro Nacional de Análise e Previsão da Aeronáutica Civil. é estudada la possibilidade de envia os para o local físico do

CEA obtendo-se os dados para a implementação deste laboratório, iniciando assim as bases para seu desenvolvimento Espera-se que a implementacao deste laboratório beneficie enormemente os processos de treinamento do pessoal que da os serviços para a área de Navegação Aérea, entre outros, contribuindo assim para o cumprimento das funções do CEA e então do pessoal treinado e de suas instituições.

PALAVRAS-CHAVE:

educação aeronáutica, estação meteorológica, laboratório, meteorologia aeronáutica, sensores meteorológicos serviços de navegação aérea.

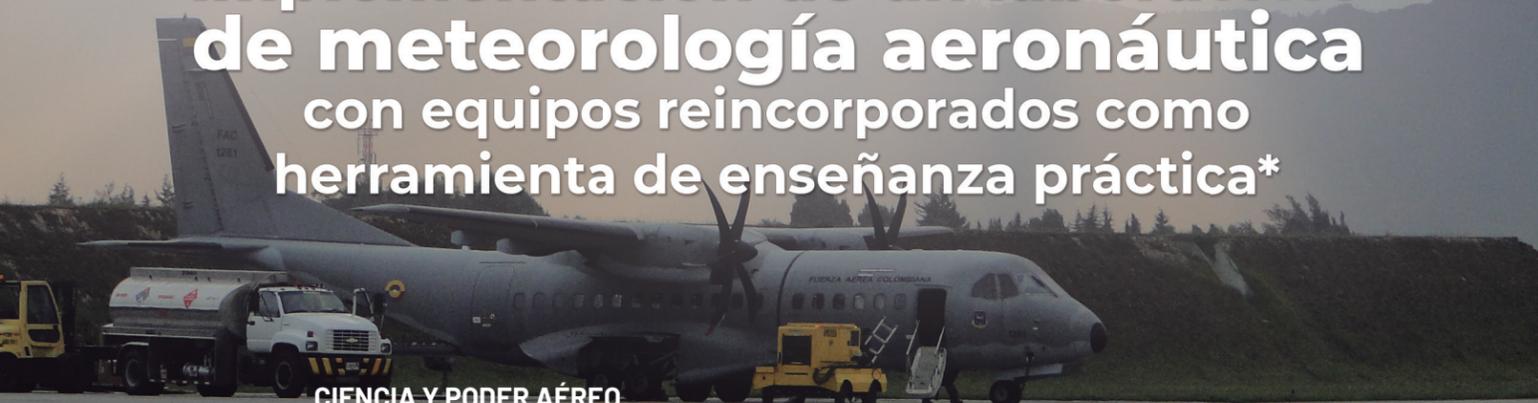
Sección Tecnología e Innovación

Ingrid Tatiana Sierra Giraldo
Unidad Administrativa Especial
de Aeronáutica Civil

Edgar Leonardo Gómez Gómez
Centro de Estudios
Aeronáuticos CEA

Jonathan Fernando Varón Castro
Centro de Estudios
Aeronáuticos CEA

Estudio para la implementación de un laboratorio de meteorología aeronáutica con equipos reincorporados como herramienta de enseñanza práctica*



CIENCIA Y PODER AÉREO

ISSN 1909-7050 / E- ISSN 2389-2468 / Volumen 14 (1)
Enero-Junio de 2019/ Colombia/ Pp. 228-249

OPEN ACCESS

Citación: Sierra, I., Gómez, E., Varón, J., (2019). Estudio para la implementación de un laboratorio de meteorología aeronáutica con equipos reincorporados como herramienta de enseñanza práctica.

Ciencia y Poder Aéreo, 14 (1), 228-249. Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.630>

Ingrid Tatiana Sierra Giraldo

Ingeniera Mecatrónica egresada de la Universidad Autónoma de Occidente, Magister en Ciencias Meteorológicas de la Universidad Nacional de Colombia. Coordinadora y docente del área de capacitación en Meteorología e investigadora del Grupo de Investigación Académica del Centro de Estudios Aeronáuticos CEA e integrante del Grupo de Investigación "Tiempo Clima y Sociedad" de la Universidad Nacional de Colombia. Miembro del Grupo operativo en Meteorología Aeronáutica de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, licencia aeronáutica OEA - 230. Autor principal del artículo. Ingrid.sierra@aerocivil.gov.co
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001396265

Edgar Leonardo Gómez Gómez

Ingeniero Electrónico, Especialista en Gerencia de Proyectos en Ingeniería, Magister en Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad Nacional de Colombia con mención de honor meritoria de tesis. Licencia de Ingeniero Especialista Aeronáutico. Actualmente es el Coordinador del Grupo de Investigación Académica del Centro de Estudios Aeronáuticos CEA y punto focal del programa Trainair Plus del CEA ante la Organización de Aviación Civil Internacional OACI. Coautor del artículo. edgar.gomez@aerocivil.gov.co
CvLAC: http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001458325

Jonathan Fernando Varón Castro

Ingeniero Mecatrónico egresado de la Universidad Piloto de Colombia. Coautor del artículo. jvcutilidades@hotmail.com
CvLAC: https://scienti.colciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000139244

Doi: <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderaereo.630>

RESUMEN

Este artículo presenta los resultados de un proyecto de investigación cuyo objetivo es evaluar la viabilidad de implementar un laboratorio meteorológico con equipos reutilizados, en las instalaciones del Centro de Estudios Aeronáuticos (CEA), con el fin de utilizarlo como herramienta que refuerza el proceso de aprendizaje de los estudiantes que cursan programas académicos que involucran temáticas meteorológicas. Esto se puede lograr por medio de la experiencia didáctica que puede ofrecer una estación de trabajo implementada con equipos

reincorporados, que son capaces de simular las condiciones reales de trabajo de un operador de estación meteorológica, la cual recopilará datos meteorológicos en tiempo real a través de una red de sensores especializados que en este caso también son reutilizados. Como metodología de desarrollo se evalúan las condiciones operativas de todos los equipos dados de baja en diferentes locaciones a lo largo del país, y en el antiguo Centro Nacional de Análisis y Pronóstico de la Aeronáutica Civil, debido a la migración de este servicio al Centro de Gestión Aero-

náutico de Colombia (CGAC). Se estudia la viabilidad de emplazarlos en las instalaciones físicas del CEA, obteniendo así los datos que nos indican la viabilidad de implementar este laboratorio, sentando las bases para su desarrollo. Se espera que la implementación de este laboratorio beneficie enormemente los procesos de capacitación del personal que brinda los Servicios a la Navegación Aérea entre otros, aportando así al cumplimiento de las funciones del CEA y por ende del personal que allí es capacitado y sus instituciones.

PALABRAS CLAVE:

educación aeronáutica, estación meteorológica, laboratorio, meteorología aeronáutica, sensores meteorológicos, servicios a la navegación aérea.



Los textos publicados en esta revista están sujetos –si no se indica lo contrario– a una licencia de Reconocimiento 4.0 Internacional de Creative Commons. La licencia completa se puede consultar en https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es_ES.

Aprobado evaluador interno: 11/09/2019
Aprobado evaluadores externos: 16/09/2019

* Artículo de reflexión derivado del proyecto de investigación: "Diseño de un laboratorio meteorológico aeronáutico adaptado con equipos reincorporables de la Aerocivil para fines académicos y de investigación". Adscrito al Grupo de Investigación Aeronáutica con el código 1046411-B del Centro de Estudios Aeronáuticos CEA y la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil.

INTRODUCCIÓN

La Aerocivil, es el organismo estatal en Colombia delegado del control y regulación de la aviación civil [1], y tiene entre sus objetivos “mejorar los niveles de seguridad operacional del transporte aéreo” y “mejorar la facilitación y la seguridad de la aviación civil”. El Centro de Estudios Aeronáuticos CEA capacita al personal de la Aerocivil y sus entidades aliadas dentro del sector del transporte aéreo, como la Fuerza Aérea Colombiana. Tiene la clara e importante tarea de establecer los mecanismos que permitan la formación del personal que presta los servicios a la navegación aérea en Colombia, dentro de los cuales están aquellas personas que prestan el servicio de Meteorología.

La Aerocivil como autoridad representativa del Estado, se acoge al cumplimiento de la Política Nacional Colombiana de producción más limpia “PML1997” y por ende el CEA, debe ejercer acciones entre las cuales están: 1) prevenir y minimizar la generación de contaminantes; 2) prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales sobre la población y los ecosistemas; 3) minimizar el consumo de recursos naturales y materias primas.

Teniendo en cuenta lo anterior, se planteó el proyecto presentado en este artículo, el cual tiene como fundamento que el hacer uso de un recurso durante la totalidad de su “tiempo de utilidad o vida útil” es fundamental para la minimización de desechos, y a su vez reduce significativamente los impactos

medioambientales sobre la población y ecosistemas. Se plantea entonces, reutilizar dispositivos especializados en la toma de parámetros meteorológicos, que se encuentran en diversos aeropuertos del país y los cuales están en estado “dados de baja”, en la mayoría de los casos porque fueron reemplazados por nuevas tecnologías. Lo anterior, para apoyar la función del CEA de capacitar al personal que presta el Servicio de Meteorología Aeronáutica y a su vez reducir la producción de desechos en la Entidad.

Como método se investigó el inventario de equipos asociados a la prestación del servicio de Meteorología Aeronáutica en el país, y se identificaron aquellos que habían sido dados de baja. Luego se determinó cuáles de ellos podrían ser útiles para la implementación de un laboratorio de meteorología en el CEA y sus características técnicas de operación. Con base en este análisis se procedió a hacer el diseño del laboratorio.

La estructura de este documento comienza presentando las condiciones generales de la capacitación en Meteorología Aeronáutica en el CEA, luego el proceso de selección, análisis y evaluación técnica realizada a los equipos dados de baja en el país que podían ser usados para el laboratorio de meteorología, y finalmente el estudio para su utilización y los avances que se tienen como parte de la implementación de este laboratorio.



CAPACITACIÓN EN METEOROLOGÍA AERONÁUTICA EN EL CEA

Como se mencionó anteriormente, el Centro de Estudios Aeronáuticos capacita entre otros, al personal tanto civil como militar que presta los servicios a la navegación aérea en Colombia. Esta capacitación incluye los Servicios de Tránsito Aéreo (ATS), el Servicio de Gestión de la Información Aeronáutica (AIM), el Servicio de Búsqueda y Rescate (SAR), el Servicio de Comunicaciones, Navegación y Vigilancia (CNS) y el Servicio de Meteorología Aeronáutica (MET). En la Tabla 1 se presentan los cursos incluidos en el Plan Institucional de Capacitación (PIC) coordinados por el área de Meteorología Aeronáutica, y cursos de otras áreas en los que se incluye transversalmente la temática de meteorología. La información de la tabla 1, permite ver el impacto de un laboratorio de meteorología en la capacitación institucional, puesto que es una herramienta útil para los estudiantes de todos estos programas [3].

TABLA 1.

Programas académicos que involucran meteorología CEA

Área de formación	Programa académico	Área de formación	Programa académico
MET	Curso de actualización en meteorología de aeródromo.	Área AIM	Curso básico operador de estación aeronáutica AIS/COM/MET.
	Curso meteorólogo aeronáutico intermedio.		Recurrente básico operador estación aeronáutica AIS/COM/MET.
	Instructor, entrenador y evaluador en el puesto de trabajo - Meteorología "IEEPT MET".	Área ATSEP	Familiarización con los servicios a la navegación aérea.
	Diplomado en análisis y productos meteorológicos de aeródromo.	Área de Inglés	Curso de traducción AIS COM MET.
	Teledetección aplicada a la meteorología aeronáutica.	Área TIC	Seminario de formación para orientadores escolares en tecnologías de la información.
	Curso básico de Meteorología Aeronáutica.	Seguridad Operacional	Sistemas de gestión de seguridad operacional SMS. Curso investigación de accidentes.
	Curso fundamentación en meteorología aeronáutica.	Operaciones Aeroportuarias	Coordinador y/o supervisor de gestión ambiental.
	Curso técnico Meteorología SENA.	Proyección Social	Sensibilización en formación seguridad operacional para comunidad de El Dorado.
	Curso pronosticador MET.	Áreas ATS	Curso recurrente control de aeródromo.
			Curso recurrente radar semipresencial.



Figura 1. Impartición de curso en el CEA. imagen propiedad del Centro de Estudios Aeronáuticos [4].

Por tanto, se determina que el laboratorio de Meteorología se articula con la capacitación impartida en el CEA. Actualmente, estos cursos son impartidos en las aulas designadas para este propósito ubicadas en las instalaciones principales en forma presencial, y en la mayoría de casos de manera teórico - práctica, haciendo uso de las instalaciones de las áreas operativas de la Aero-civil. El hecho de tener que usar las instalaciones operativas para la capacitación, limita el tiempo y el alcance de la capacitación práctica, puesto que los estudiantes llegan a tener un contacto mínimo

con los equipos de medición y análisis de datos meteorológicos, con el fin de no entorpecer las actividades operativas ni causar riesgos a la seguridad operacional.

La implementación de un laboratorio práctico para la capacitación en meteorología aeronáutica, permitiría al estudiante tener una mayor interacción con los sistemas que se encontrará en la operación real, de tal manera que pudiera asimilar de una manera más rápida y útil los procedimientos a ejecutar durante su actividad en el puesto de trabajo. Esto redundaría en una

mejor capacitación, la prestación de un servicio de meteorología aeronáutica más eficiente, y una operación con mejores niveles de seguridad operacional.

SELECCIÓN Y EVALUACIÓN DE EQUIPOS

Para lograr introducir los equipos reutilizados en los procesos de formación en meteorología, fue fundamental determinar si estos se encontraban en óptimas condiciones de servicio, puesto que

el estudiante debe tener contacto con un equipo real y que aún cumpla con sus funciones de operatividad para una efectiva apropiación del conocimiento, lo cual no se logra con equipos estropeados y/o deteriorados. Con esta meta, se estudiaron que equipos existían para reutilizar y se evaluó su operatividad.

Elección de equipos dados de baja

El punto de partida, fue determinar con que equipos meteorológicos se contaba. Para realizar esta evaluación, se recopiló la información sobre que equipos en general habían sido catalogados en el estado “dados de baja”, debido a que por procesos de modernización y/o relevo de equipos en la operación aeronáutica, habían sido reemplazados. Por su condición de equipos especializados, son difícilmente otorgados a otras áreas operativas y por tanto pueden permanecer en almacenamiento durante largos periodos. En este ejercicio se encontró que, en la Aerocivil existe un proceso de disposición de equipos en desuso el cual, consta de un reporte de características e inventariado sistematizado de cada equipo recolectado el cual luego es guardado en línea. De esta manera, recopilando estas extensas bases de datos se determinó la parametrización de los equipos meteorológicos a elegir para su reutilización.



Una vez se conocieron los equipos/sensores meteorológicos de los cuales se dispusieron para el proyecto, se tuvo en cuenta que cumplieran las siguientes características:

- Proximidad del lugar de almacenamiento con el CEA.
- Equipo con prestaciones específicas para meteorología.
- Condiciones físicas generales que no comprometan su operatividad.
- Existencia de sus componentes y accesorios en un nivel que no comprometa su utilidad.

Así pues, se procedió a analizar sus características físicas y funcionalidades, a fin de determinar si estaban en condiciones de operatividad y eran aptos para su reincorporación al laboratorio meteorológico del CEA. Durante este análisis se contrastaron con los requerimientos exigidos para una estación terrestre de observación meteorológica en superficie, a partir de la información brindada en el capítulo 1 - Anexo 1.D “requisitos de incertidumbre de las mediciones operativas y rendimiento de los instrumentos” de la guía No.8 de la OMM [5]. De esta guía se extraen los resultados expuestos en el documento MOC (Method Of Compliance) presentes en la Tabla 2 y los cuales se ampliarán más adelante en este artículo.

TABLA 2.

Resultados evaluación de operatividad

Ítem	Referencias/ equipos	Proximidad cea	Condiciones físicas	Condiciones operatividad
1	Vaisala WINDCAP® Ultrasonic Wind Sensor Series - WS425	Muy cercana - Fácil transporte	Optimas	Optimas
2	Vaisala BAROCAP PTB220	Muy cercana - Fácil transporte	Optimas	Optimas
3	Vaisala LP11 LR11	Muy cercana - Fácil transporte	Optimas	Optimas
4	Vaisala CT-12K	Muy cercana - Fácil transporte	Optimas	Optimas

TABLA 3.

Method of compliance, según guía No.8 OMM[5]

Ítem	Condición	Rango Variable a satisfacer G. No.8 OMM	Referencias/ Equipos	Método / Rango Variable del sensor
1	Velocidad y dirección de viento	Velocidad: 0 – 75 m/s Dirección: 0 – 360°	Vaisala WINDCAP® Ultrasonic Wind Sensor Series - WS425	Velocidad: 0 – 65 m/s Dirección: 0 – 360°
2	Presión Atmosférica	500 – 1080 hPa	Vaisala BAROCAP PTB220	500 hPa -1100 hPa
3	Alcance óptico meteorológico MOR	10 m – 100 km	Vaisala LP11 LR11	7 m - 299600 m
4	Altura de la base de las nubes	0 m – 30 km	Vaisala CT-12K	0 m - 3855 m

Así pues, se determinó que los equipos cumplen los requerimientos para una estación terrestre de observación meteorológica en superficie. Por tanto, se desarrolló una completa caracterización de los equipos, con el propósito de generar un documento recopilatorio de las particularidades propias de cada sensor (ver Tabla 3) y una columna específica para seguimiento a última calibración (LC) y última calibración inter laboratorios (UCIL) Tabla 4.

TABLA 4.

Cumplimiento de Propiedades Sensores MET

Ítem	Referencias/ Equipos	Resolución	Precisión	Variable de medición	¿Cumple?
1	Vaisala WINDCAP® Ultrasonic Wind Sensor Series - WS425	0,1 m/s	± 0.135 m/s	1. Miles/Hour 2. Knots 3. Kilometers/Hour 4. Meters/Second	Cumple
2	Vaisala BAROCAP PTB220	4 Pa	± 0.25 hPa	hPa, mbar, kPa, Pa, inHg, mmH2O, mmHg, torr, psia	Cumple
3	Vaisala LP11 LR11	29,96 m	± 1%	MOR (Meteorological Optical Range)	Cumple
4	Vaisala CT-12K	15,24 m	± 38,5 m	PIES	Cumple

TABLA 5.

LC - UCIL

Ítem	Referencias/ Equipos	Rango de Calibración	Especificaciones Técnicas	LC	UILC
1	Vaisala WINDCAP® Ultrasonic Wind Sensor Series - WS425	Definida por el fabricante, Menú de configuración No. 13 ; Do Zero Speed Calibración	Alimentación: 12 VDC @0,3A Interfase COM: RS232	NO DATE	NO DATE
2	Vaisala BAROCAP PTB220	Presión: 500 / 1100 hPa Temperatura: -40°C / 60°C	Alimentación: 5VDC @4/20 mA Interfase COM: RS232 / RS485 RS422	NO DATE	NO DATE
3	Vaisala LP11 LR11	Distancia para calibración topográfica a 35 metros	Alimentación: 110 VAC Interfase COM: RS232	NO DATE	NO DATE
4	Vaisala CT-12K	0° / 90° Equivalente a 0 ft / 12000 ft	Alimentación: 110 VAC Interfase COM: RS232C	NO DATE	NO DATE

Adaptación de Equipos MET Aeronáuticos dados de Baja a Condiciones Medioambientales del CEA

Una vez se ha realizado el análisis de los equipos/sensores meteorológicos dados de baja, determinando que se encuentran en pleno estado operativo, y son aptos para su re-utilización en una estación terrestre de observación meteorológica de superficie, (ver Tablas 2 y 4), se procede a establecer las particularidades medioambientales involucradas en el emplazamiento de estos equipos, ya que estos sensores especializados requieren que se satisfaga una serie de condiciones concretas a fin de garantizar grados de confiabilidad en el proceso de recopilación de datos en las diferentes variables meteorológicas captadas por cada uno de ellos.

En un emplazamiento de equipos MET se pueden presentar errores de medición que son mayores a las tolerancias previstas para los instrumentos. Estos errores en su mayoría son ocasionados por las condiciones del entorno del

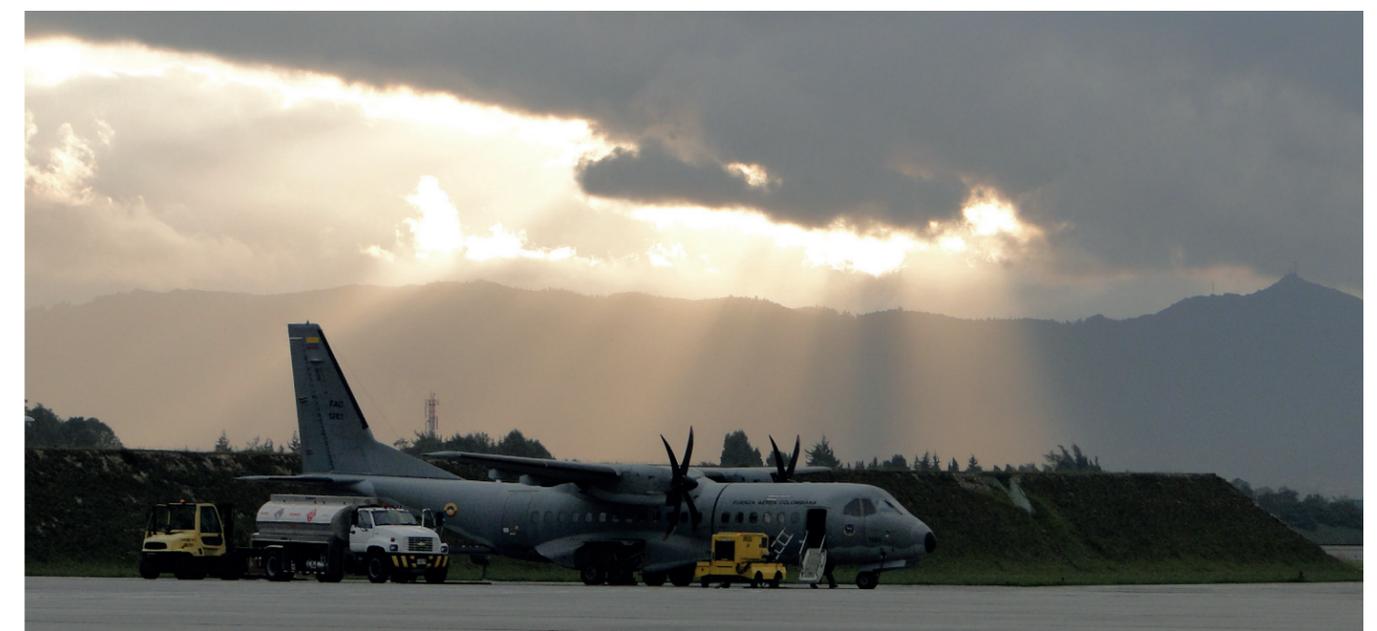
emplazamiento, dado a que, en la mayoría de casos se presta más atención a las características de los equipos que a las características de su entorno.

Dado a que en la mayoría de casos los emplazamientos no siempre pueden cumplir todos los requerimientos recomendados, existe una clasificación para ayudar a determinar la representatividad de un emplazamiento en concreto a pequeña escala [5].

En consecuencia, se analiza el área superficial de operaciones del CEA, ya que, en una primera etapa, ésta será la única locación para emplazar los sensores meteorológicos debido a que la locación es propicia por su cercanía al laboratorio meteorológico en donde posteriormente se visualizarán y analizarán los datos obtenidos por estos equipos.

Para el análisis se usó como base la clasificación de emplazamientos definido en el capítulo 1. Generalidades - Anexo 1.B "clasificaciones de emplazamientos de las estaciones

terrestres de observación en superficie" de la guía No. 8 de la OMM. Esta define la "calidad para la medición de los emplazamientos" por categorías de 1 a 5 en función de los rasgos medioambientales que pueden afectar de manera directa la toma de datos de los dispositivos, perturbando su calidad, representatividad y precisión, partiendo del hecho que una mínima o nula afectación medioambiental a la toma de datos se ve representada por la categoría "1" de emplazamiento, mientras que por el contrario una categoría "5" es identificador de un emplazamiento el cual tiene unas condiciones medioambientales que afectan en gran medida la toma de datos. Así, un emplazamiento de clase 1 puede considerarse como un emplazamiento de referencia, mientras que un emplazamiento de clase 5 es un lugar donde los obstáculos circundantes crean un entorno inapropiado para realizar mediciones meteorológicas que pretendan ser representativas de una zona extensa (al menos de decenas de kilómetros cuadrados) y donde, por ende, se debería evitar realizar dichas mediciones [5].



EMPLAZAMIENTO VAISALA WINDCAP® ULTRASONIC WIND SENSOR SERIES - WS425 - VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DE VIENTO

El sensor de viento ultrasónico WS245 debe ser instalado en una locación que esté libre de turbulencias causadas por objetos cercanos, así como árboles o edificaciones. *Idealmente el sensor debe estar en una ubicación más alta que cualquier objeto a un radio horizontal de 300 m*[5]. Esto, basado en el capítulo 1. Generalidades - Anexo 1.B "clasificaciones de emplazamientos de las estaciones terrestres de observación en superficie" de la guía No. 8 de la OMM, en el cual se encuentra que los criterios convencionales sobre elevación determinan que los sensores deberán situarse "10 m por encima de la superficie del suelo y en terreno abierto". En este caso se considera terreno abierto una super-

ficie donde los obstáculos estén situados a una distancia mínima equivalente al menos a diez veces su altura, recomendación que se tendrá en cuenta al momento de emplazar el equipo meteorológico que adquiere datos de la dirección y velocidad del viento.

Asimismo, tomando en consideración recomendaciones del fabricante para este equipo, y en propósito de asegurar condiciones medioambientales que aseguren un alto grado la confiabilidad de las mediciones, se presenta la siguiente propuesta de emplazamiento del equipo Vaisala Windcap® WS425 en el área propiedad de la Aerocivil Bogotá D.C:



Figura 2. Equipo Vaisala Windcap® Ultrasonic Wind Sensor Series - WS425 extraído del manual de propietario [6].



Figura 3. Área del CEA (Rojo) - Propuesta emplazamiento WS425 (Agua marina)- Vista Norte Real



Figura 4. Área del CEA (Rojo) - Propuesta emplazamiento WS425 (Agua marina)- Perspectiva



Figura 5. Equipo Vaisala Barocap® Ptb220 Series Digital - Presión Atmosférica extraída del manual de usuario PTB220[7].



Figura 6. Carcasa protectora ofrecida por el fabricante. Extraída del Manual de usuario PTB220 [7].

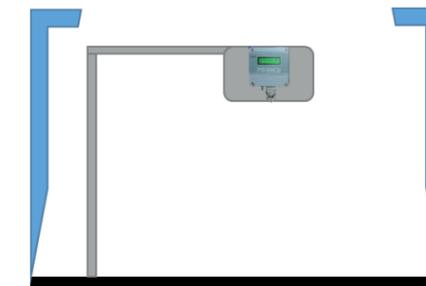


Figura 7. Recinto protector PTB220

EMPLAZAMIENTO VAISALA BAROCAP® PTB220 SERIES DIGITAL - PRESIÓN ATMOSFÉRICA

En las Figuras 3 y 4 podemos observar el área demarcada con el color agua marina la cual es una circunferencia con un radio de 115 metros y en su centro estaría emplazado el equipo. Esta área es aquella que garantiza la mejor disposición ambiental para el equipo, mejorando así la confiabilidad de las mediciones del sensor. En el centro de la circunferencia se ubicaría el sensor Vaisala Windcap® WS425, emplazado sobre la esquina norte del edificio con mayor altura en el CEA debido a que garantiza el mayor radio sin obstáculos dentro del área de operaciones del CEA.

Este emplazamiento no cumpliría con el mínimo de un radio de 300m sin obstáculos recomendado por el fabricante y la guía No.8 de la OMM [5]. Sin embargo, es el área más próxima a cumplir este requerimiento, por lo cual, los datos reflejados por el sensor respecto a velocidad y dirección del viento no serían de alta confiabilidad, pero aun así podrían usarse en propósitos educativos, calificándolo como un emplazamiento clase 4.

Para aplicaciones en estaciones meteorológicas automáticas y en otras con ambientes adversos, los barómetros digitales de la serie PTB220 tienen que ser instalados dentro de una carcasa resistente a la intemperie como en la Figura 6 u otro tipo de recinto protector[7].

Por tanto, el accesorio de presión debe protegerse de la lluvia, ya que el agua puede ingresar en el conector de presión y causar errores en la medición. Así mismo, se debe tener en cuenta que el accesorio de pre-

sión suministrado con el barómetro no es una cabeza de presión estática y que el barómetro no puede utilizarse con éxito en condiciones turbulentas del viento o en entornos de altas velocidades del viento estático por lo cual el recinto no debe permitir corrientes de aire directas, procurando dejar un área descubierta como en la Figura 7.

Una vez analizadas las condiciones de emplazamiento se presenta la siguiente propuesta de emplazamiento del equipo Vaisala Barocap® Ptb220 en el área del CEA en Bogotá:



Figura 8. Área del CEA (Rojo)- propuesta de emplazamiento PTB220 (Azul)- Vista General.



Figura 9. Área Propuesta de emplazamiento PTB220 (Azul)- Vista General

EMPLAZAMIENTO VAISALA LASER CEILOMETER CT 12K - ALTURA DE LA BASE DE LAS NUBES

La instalación del ceilómetro láser CT 12K lector de base de nube requiere una cimentación de hormigón y un conjunto de cables para establecer su correcta operación [8]. También se debe considerar que el lado del receptor del CT 12K debería estar orientado preferentemente alejado de la incidencia de los rayos del sol (por ejemplo, en el hemisferio norte hacia el norte y hacia el sur en el hemisferio sur). Esto en voluntad de reducir el ruido que puede ser provocado por la luz solar.

Teniendo en cuenta lo anterior mencionado y con base en el capítulo 1. Generalidades - Anexo 1.B "clasificaciones de emplazamientos de las estaciones terrestres de observación en superficie" de la guía No. 8 de la OMM [5] y con el propósito de asegurar condiciones ambientales que aseguren en cierto grado la confiabilidad de las mediciones de los equipos y así mismo conforme a recomendaciones del fabricante para este equipo [8], se presenta

la siguiente propuesta de emplazamiento del equipo **Vaisala Laser Ceilometer CT 12K** en el área de las instalaciones del CEA.

En las Figuras 11 y 12 se observa un área de contorno violeta, el cual tiene unas dimensiones reales de 5 metros por 5 metros, en el centro estaría emplazado el equipo. Esta área se propone como el lugar de emplazamiento del sensor de altura de las nubes *Vaisala Laser Ceilometer Ct 12K*, debido a que es un dispositivo que no requiere un área libre específica en su entorno; por tanto, se propone un terreno que garantiza un espacio sin obstáculos y que sirve como perímetro de seguridad contra la manipulación por personal no autorizado que afecten la operación del sensor, esto tomando como base algunas sugerencias de seguridad recomendadas por el fabricante [8] y otras por la guía No.8 de la OMM [5].

Asimismo, este terreno es apto para construir la base de concreto requerida por el fabricante [8] para el anclaje del ceilómetro CT 12K a la superficie. Lo cual, es esencial en la instalación del equipo, calificándolo así como un emplazamiento clase 1.

En las Figuras 8 y 9 se observa un área de contorno azul, la cual tiene unas dimensiones reales de 5 metros por 5 metros. Esta área se propone como el lugar de emplazamiento del sensor de presión PTB220 debido a que es un terreno que garantiza el mínimo de espacio sin obstáculos que pueda crear corrientes de viento turbulentas que afecten la medición del sensor recomendado por el fabricante [7] y la guía No. 8 de la OMM [5].

Así mismo, este terreno es apto para construir un recinto que salvaguarde el dispositivo de las condiciones adversas de la intemperie, o la instalación de un soporte que sostenga el equipo dentro de una carcasa protectora, calificándolo, así como un emplazamiento clase 1.

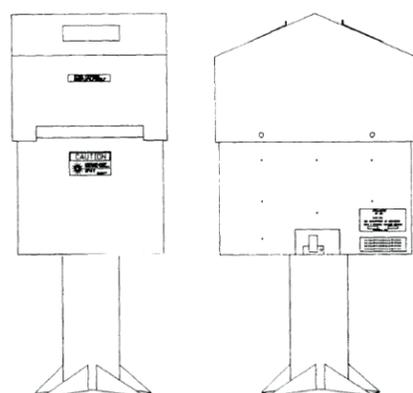


Figura 10. Vaisala CT 12K - Vista frontal y lateral - Vista Frontal: Extraída del Manual de usuario CEILOMETER CT 12K [8].



Figura 11. Área del CEA (Rojo) - emplazamiento propuesto CEILOMETER CT 12K (Violeta)- Vista Norte Real



Figura 12. Área propuesta de emplazamiento (Violeta) CEILOMETER CT 12K - Vista General.



Figura 13. Vista lateral Transmisómetro MITRAS mod.1990 - Extraída del manual de usuario [9]

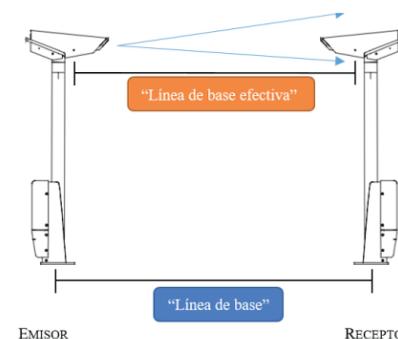


Figura 14. Alineación RVR.

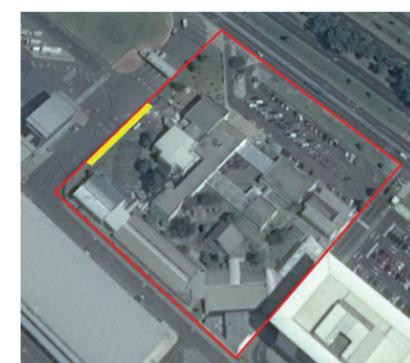


Figura 15. Área del CEA (Rojo) - propuesta de emplazamiento Vaisala Transmisómetro MITRAS (Amarillo) - Vista Norte Real.

EMPLAZAMIENTO VAISALA TRANSMISÓMETRO MITRAS - ALCANCE ÓPTICO METEOROLÓGICO MOR

El transmisómetro MITRAS realiza una medida directa de la transmisión atmosférica entre el transmisor y el receptor. Realiza un tasado del coeficiente medio de extinción teniendo en cuenta la absorción y desperdigamiento. Estos valores MOR pueden ser usados para tasar el Alcance Visual de Pista, RVR.

Con base en el capítulo 9 - ("Medición de la visibilidad") de la guía No. 8 de la OMM [5]; la medida de

la transmitancia tiene lugar a través de una "efectiva línea de base" la cual es la distancia entre las ventanas de protección del transmisor y el receptor. (ver Figura 14).

Según esto, la "línea de base" se ajustará según las necesidades en cuanto al rango requerido de lectura del MOR, así pues, se toma como referencia la información presentada en la Tabla 5.

TABLA 6.

Rangos MOR

Distancia entre Bases	Límite inferior del MOR	Límite Superior del MOR
35 m	≤ 3.5 km	52 km
50 m	5 km	74 km
75 m	20 km	112 km
100 m	30 km	148 km
200 m	60 km	299 km



Figura 16. Área emplazamiento (Amarillo) - Vaisala Transmisómetro MITRAS - Vista General.

En las Figuras 15 y 16 se puede observar el área de emplazamiento sugerida para el Vaisala Transmisómetro MITRAS de color amarillo. Esta área está comprendida de forma tal que la línea base entre el transmisor y el receptor del MITRAS sea de 50 m sin obstáculo alguno, garantizando así parcialmente una medida del MOR entre unos 5 km y 74 km, lo cual son datos suficientes para propósitos educativos, pero calificándolo como un emplazamiento clase 4.

Una vez realizado el análisis de emplazamientos, se compila la tabla de clasificación por equipo.

TABLA 7.

Categorización de emplazamiento por equipo

Equipo	Categoría de emplazamiento
Vaisala Windcap® Ultrasonic Wind Sensor Series - WS425	4
Vaisala Barocap PTB220	1
Vaisala Transmisómetro MITRAS	4
Vaisala CT-12K	1

IMPLEMENTACIÓN INICIAL DEL LABORATORIO METEOROLÓGICO CEA

En el proceso investigativo para determinar los sensores meteorológicos aeronáuticos dados de baja en la operación, se encontraron estaciones de trabajo y procesamiento de datos meteorológicos (*Workstation*) en desuso debido a que por procesos de modernización en la Aerocivil fueron "dadas de baja". Estas pertenecían al antiguo Centro Nacional de Análisis y Pronóstico ubicado en el primer piso del Centro Nacional de Aeronavegación. Los equipos son presentados en la Tabla 8.

TABLA 8.

Equipos informáticos en desuso antigua oficina MET

#	Condición	Equipo	Cantidad	Referencias/ Equipos
1	Procesamiento de datos	PC CPU WS LEADS MET	1	Terminal AMHS
2	Procesamiento de datos	PC CPU HP Terminal Mon 02 COMSOFT	1	Terminal AMHS
3	Interface de usuario	Mouse	2	Mouse HP
4	Interface de usuario	Teclado	2	Teclado HP
5	Muestra de datos	Pantalla	4	WS LEADS MET
6	Muestra de datos	Televisor	1	TV SHARP

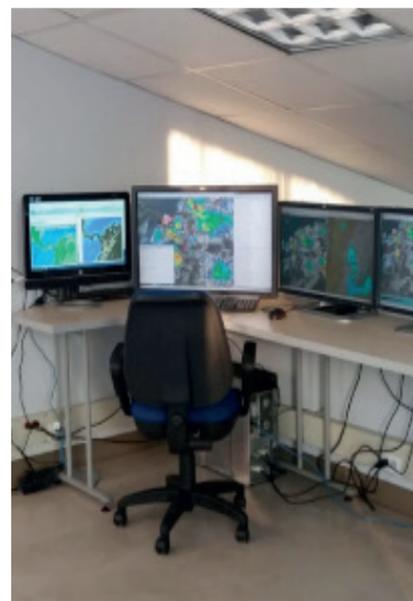


Figura 17. Workstation reincorporada en el CEA.



Figura 18. Docente de meteorología del CEA manipulando la Workstation.

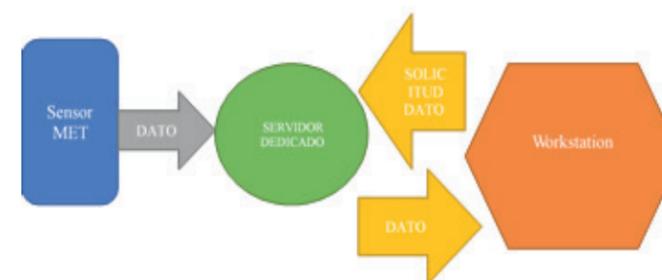


Figura 19. Comunicación Workstation & Sensor



Figura 20. Workstation MET actualmente operativa del aeropuerto el Dorado.

Al analizar el estado de los equipos, se determinó que estaban en total capacidad de operación, por lo cual fueron trasladados al segundo piso del laboratorio de investigación en las instalaciones del CEA (ver Figuras 17 y 18).

INFLUENCIA DEL LABORATORIO DE METEOROLOGÍA EN PROGRAMAS ACADÉMICOS DEL CEA

Una vez se emplacen los sensores meteorológicos reincorporados de la operación aeroportuaria mencionados en este documento, se ejecutaría el proceso de transmitir sus datos acorde con la Figura 19 a las estaciones de trabajo o *Workstation*. Esta información, en conjunto con la información meteorológica especializada en tiempo real brindada por el software LEADS, permitirá manipular y analizar datos meteorológicos de los cuales se beneficiarían enormemente los programas de capacitación del CEA; así los estudiantes tendrán la posibilidad de interactuar de primera mano con un ambiente real de procesamiento y control de datos meteorológicos como los que se encuentran en el aeropuerto el Dorado en Bogotá, Colombia (Suramérica)(ver Figura 20).

CONCLUSIONES

Con base en los resultados de este estudio, se determina que emplazar los equipos dados de baja en las áreas que este documento describe para las instalaciones del CEA es viable, puesto que como se observa en la Tabla 7, se dan unas condiciones medioambientales en el lugar de emplazamiento que aunque no en todos los casos es categoría 1, son suficientes para la toma de datos que sirvan como insumo para procesos educativos en meteorología.

La reincorporación de equipos dados de baja de la operación aeroportuaria nacional a un laboratorio meteorológico tiene una influencia significativa en la reducción de desechos e impactos negativos sobre la población y/o ecosistemas, ya que, al dar un nuevo propósito operativo a cada equipo debido a que no pueden continuar sus funciones principales por motivos de actualización o modernización de entidades, se está aprovechando en totalidad el tiempo de vida designado para cada equipo.

Un aspecto importante de este proyecto es el enorme impacto económico que genera en la Entidad, ya que al aprovechar los tiempos de vida útil de equipos almacenados, en lugar de realizar inversiones cuantiosas en nue-

vos equipamientos, que pueden realizar las mismas funciones en un proceso de capacitación estudiantil del laboratorio meteorológico. Es una decisión que se debe promover, y no solo en el ámbito meteorológico, sino en aquellos en donde se puedan realizar los mismos principios de acción que se plantearon en este documento.

El desarrollo de un laboratorio meteorológico en las instalaciones del CEA, impacta de manera considerable los procesos de formación del estudiantado aeronáutico, esto debido a la flexibilidad y adaptabilidad de la *Workstation* la cual tiene la capacidad de configurarse según el área de formación MET que la requiera. Esto, es debido a que las *Workstation* ofrecen la capacidad de realizar simulaciones, análisis de condiciones meteorológicas en tiempo real, generación de reportes y predicciones climáticas, todo en base al vasto flujo de datos gracias al software LEADS y los datos obtenidos por la red de sensores meteorológicos reincorporados.

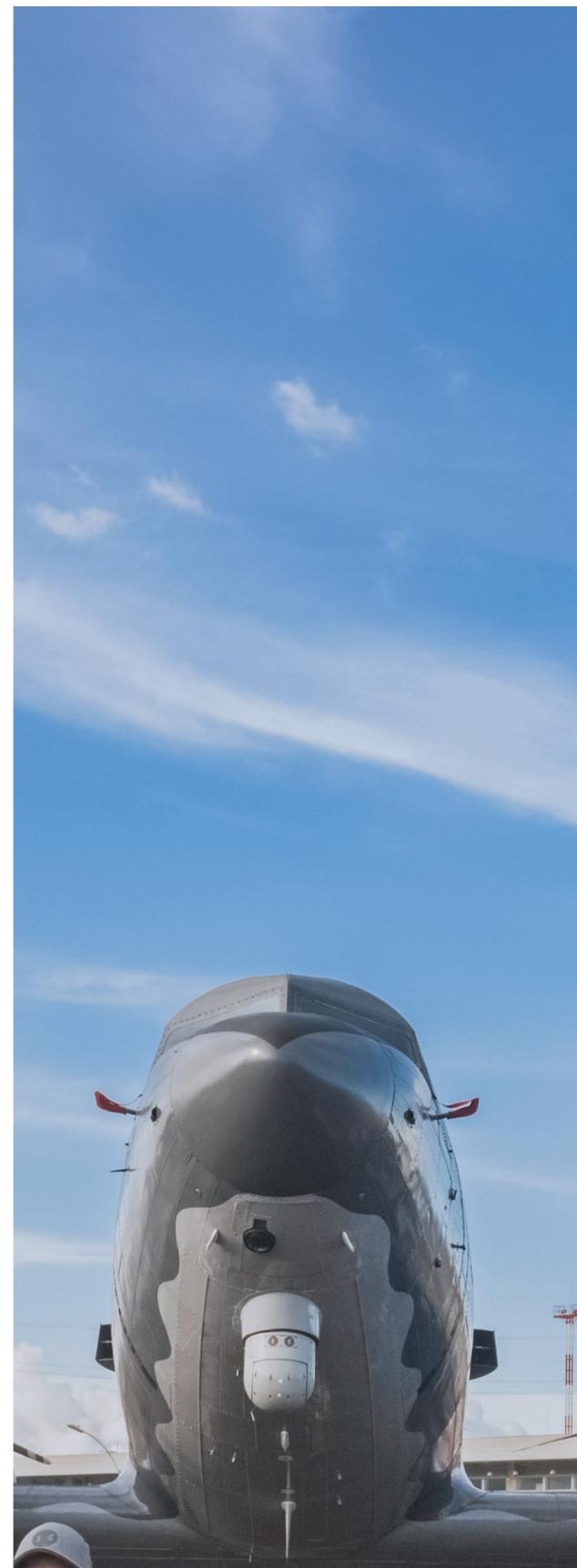
Este primer plan de evaluación sienta las bases para adaptar e implementar en las instalaciones del CEA los equipos meteorológicos "dados de baja" que se encuentran almacenados en almacén y que fueron analizados en este docu-

mento, lo cual beneficia enormemente los procesos de capacitación de personal en meteorología, aportando así a el cumplimiento del plan de capacitación del CEA y por ende beneficiando a todo el sector del transporte aéreo que se relaciona con procesos de capacitación en meteorología aeronáutica.

Este laboratorio además de favorecer a estudiantes de la Aerocivil y de Fuerza Área Colombiana, también puede ser usado en el marco de los programas de Proyección Social que se llevan con los Colegios de la Comunidad aledaña al Aeropuerto, como herramienta didáctica de enseñanza. De la misma manera, ofrecerá un aporte significativo a los estudiantes de Universidades e Instituciones del campo aeronáutico como de las ciencias naturales, al permitir que los estudiantes interactúen con un sistema operacional en un ambiente controlado.

AGRADECIMIENTOS

Al investigador, Ing. Julio Enoc Parra Villamarín, al docente en Meteorología, especialista Norbey Sánchez y al ingeniero Mario Ardila, del Grupo de Soporte Técnico MET Aerocivil, por su apoyo y contribuciones a la investigación presentada en este artículo.



REFERENCIAS

- [1] Aerocivil, «<http://www.aerocivil.gov.co>,» Aerocivil, 7 septiembre 2016. [En línea]. Available: <http://www.aerocivil.gov.co/aerocivil/historia>. [Último acceso: 1 noviembre 2017].
- [2] Aerocivil, «<http://www.aerocivil.gov.co>,» Aerocivil, 10 mayo 2016. [En línea]. Available: <http://www.aerocivil.gov.co/cea/quienes-somos/nuestra-historia>. [Último acceso: 1 Noviembre 2017].
- [3] Aerocivil, «Aerocivil.gov.co,» Aerocivil, 15 marzo 2018. [En línea]. Available: [http://www.aerocivil.gov.co/cea/Programacion%20Acadmica/PLAN%20INSTITUCIONAL%20DE%20CAPACITACION%20Y%20OFERTA%20ACAD%20C3%-89MICA%202018%20\(2\).pdf#search=pic%202018](http://www.aerocivil.gov.co/cea/Programacion%20Acadmica/PLAN%20INSTITUCIONAL%20DE%20CAPACITACION%20Y%20OFERTA%20ACAD%20C3%-89MICA%202018%20(2).pdf#search=pic%202018).
- [4] Aerocivil, «<http://www.aerocivil.gov.co>,» Aerocivil, [En línea]. Available: <http://www.aerocivil.gov.co/cea/multimedia/Pages/Galeria.aspx>. [Último acceso: 1 noviembre 2017].
- [5] Organización Meteorológica Mundial - OMM, «OMM-No.8 Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos,» Organización Meteorológica Mundial, Suiza, 2008.
- [6] VAISALA, «Vaisala WINDCAP® Ultrasonic Wind Sensor WS425,» © Vaisala, helsinki finland, 2010.
- [7] VAISALA, «PTB220TS / CASE USER'S GUIDE,» © VAISALA, woburn massachusetts, 1999.
- [8] VAISALA, «Technical Manual Operation and Maintenance Instructions Laser Ceilometer CT12K» © Vaisala, Woburn MA., 1989.
- [9] VAISALA, «Manual Tecnico Transmisometro Mitras - T LP11 R LR11,» Vaisala 1990, Vantaa, Finlandia, 1990.
- [10] Aerocivil, «www.aerocivil.gov.co,» Aerocivil, 10 Mayo 2016. [En línea]. Available: <http://www.aerocivil.gov.co/cea/QuienesSomos/objetivos>. [Último acceso: 1 noviembre 2017].