

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL REGISTRO HISTÓRICO DE DATOS (2012-2019), DE
LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS EN UN ÀREA PERIMETRAL AL EDIFICIO
EL CUBO DE COLSUBSIDIO UBICADO EN LA CIUDAD DE BOGOTÀ.

JUAN DAVID VARGAS BULLA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE GRADO COMO AUXILIAR DE INVESTIGACIÓN

BOGOTÀ D.C.

2020

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL REGISTRO HISTÓRICO DE DATOS (2012-2019), DE
LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS EN UN ÀREA PERIMETRAL AL EDIFICIO
EL CUBO DE COLSUBSIDIO UBICADO EN LA CIUDAD DE BOGOTÀ.

JUAN DAVID VARGAS BULLA

Trabajo de grado para optar por el título de
Ingeniero Civil

Director

Isabel Cristina Ceron Vinasco

Ingeniera Civil

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE GRADO COMO AUXILIAR DE INVESTIGACIÓN

BOGOTÀ D.C.

2020



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de Aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C., 22, Mayo, 2020

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	13
2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....	15
3. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
4. ESTADO DEL ARTE.....	19
4.1. CERTIFICACIONES.....	27
4.1.1. BREEAM	29
4.1.2. NET ZERO ENERGY BUILDING CERTIFICATION	31
4.1.3. WELL BUILDING STANDARD	31
4.1.4. LIVING BUILDING CHALLENGE	31
4.1.5. VERDE.....	31
4.1.6. PASSIVHAUS	32
4.1.7. CASA COLOMBIA	32
4.1.8. HQE.....	32
4.1.9. LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)	33
5. MARCO TEÓRICO	38
6. MARCO CONCEPTUAL	56
7. MARCO LEGAL	59
8. OBJETIVOS.....	65
GENERAL.....	65
ESPECIFICO	65
9. ALCANCES Y LIMITACIONES	66
ALCANCE.....	66
LIMITACIONES	66
10. METODOLOGÍA	67
11. ANÁLISIS DE DATOS	75
12. RESULTADOS	88
13. ANALISIS DE RESULTADOS	120
14. CONCLUSIONES	148
15. BIBLIOGRAFIA	152

LISTA DE GRAFICAS

Grafica 1: Variación mes a mes de la temperatura máxima en °C, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.	88
Grafica 2: Variación de temperatura máxima en °C, año a año, estación Edificio IDEAM.	89
Grafica 3: Variación mes a mes de la dirección máxima del viento medida en grados, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.	89
Grafica 4: Variación año a año de la dirección máxima del viento medida en grados, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.	90
Grafica 5: Variación mes a mes de la velocidad máxima del viento medida en m/s, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.	90
Grafica 6: Variación año a año de la velocidad máxima del viento medida en m/s, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.	91
Grafica 7: Variación mes a mes de la temperatura mínima medida en °C, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.	91
Grafica 8: Variación año a año de la temperatura mínima medida en °C, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.	92
Grafica 9: Variación mes a mes de la radiación medida en W/m ² , estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.	92
Grafica 10: Variación año a año de la radiación medida en W/m ² , estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.	93
Grafica 11: Variación mes a mes de la humedad medida en %, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.	93
Grafica 12: Variación año a año de la humedad medida en %, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.	94
Grafica 13: Variación mes a mes de la temperatura ambiente medida en °C, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.	94
Grafica 14: Variación año a año de la temperatura ambiente medida en °C, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.	95
Grafica 15: Variación mes a mes de la presión atmosférica medida en hPA, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.	95
Grafica 16: Variación año a año de la presión atmosférica medida en hPA, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.	96
Grafica 17: Variación mes a mes de la dirección del viento medida en grados, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.	96
Grafica 18: Variación año a año de la dirección del viento medida en grados, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.	97
Grafica 19: Variación mes a mes de la velocidad del viento medida en m/s, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.	97

Grafica 20: Variación año a año de la velocidad del viento medida en m/s, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.	98
Grafica 21: Variación mes a mes de la precipitación medida en mm, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.	98
Grafica 22: Variación año a año de la precipitación medida en mm, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.	99
Grafica 23: Variación mes a mes de la precipitación medida en mm, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2016-2020.	99
Grafica 24: Variación año a año de la precipitación medida en mm, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.	100
Grafica 25: Variación mes a mes de la temperatura máxima medida en °C, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.	100
Grafica 26: Variación año a año de la temperatura máxima medida en °C, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.	101
Grafica 27: Variación mes a mes de la dirección máxima del viento medida en grados, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.	101
Grafica 28: Variación año a año de la dirección máxima del viento medida en grados, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.	102
Grafica 29: Variación mes a mes de la velocidad máxima del viento medida en m/s, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.	102
Grafica 30: Variación año a año de la velocidad máxima del viento medida en m/s, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.	103
Grafica 31: Variación mes a mes de la temperatura mínima medida en °C, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.	103
Grafica 32: Variación año a año de la temperatura mínima medida en °C, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.	104
Grafica 33: Variación mes a mes de la radiación medida en W/m ² , estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.	104
Grafica 34: Variación año a año de la radiación medida en W/m ² , estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.	105
Grafica 35: Variación mes a mes de la humedad medida en %, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.	105
Grafica 36: Variación año a año de la humedad medida en %, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.	106
Grafica 37: Variación mes a mes de la temperatura ambiente medida en °C, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.	106
Grafica 38: Variación año a año de la temperatura ambiente medida en °C, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.	107
Grafica 39: Variación mes a mes de la presión atmosférica medida en hPA, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.	107
Grafica 40: Variación año a año de la presión atmosférica medida en hPA, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.	108
Grafica 41: Variación mes a mes de la dirección del viento medida en grados, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.....	108

Grafica 42: Variación año a año de la dirección del viento medida en grados, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.	109
Grafica 43: Variación mes a mes de la velocidad del viento medida en m/s, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.	109
Grafica 44: Variación año a año de la velocidad del viento medida en m/s, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.	110
Grafica 45: Variación mes a mes de la precipitación medida en mm, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2018.	110
Grafica 46: Variación año a año de la precipitación medida en mm, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2018.	111
Grafica 47: Variación mes a mes de la temperatura mínima medida en °C, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2018.	111
Grafica 48: Variación año a año de la temperatura mínima medida en mm, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2018.	112
Grafica 49: Variación mes a mes de la temperatura máxima medida en °C, estación Universidad Nacional, durante el 2018.	112
Grafica 50: Variación año a año de la temperatura máxima medida en mm, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2018. Fuente propia.	113
Grafica 51: Variación mes a mes de la temperatura seca medida en °C, estación Universidad Nacional, durante el 2013-2017.	113
Grafica 52: Variación año a año de la temperatura máxima medida en mm, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2017.	114
Grafica 53: Variación mes a mes de la temperatura húmeda medida en °C, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2013.	114
Grafica 54: Variación año a año de la temperatura húmeda medida en °C, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2013.	115
Grafica 55: Variación mes a mes de la evaporación medida en mm, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2013.	115
Grafica 56: Variación año a año de la evaporación medida en mm, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2013.	116
Grafica 57: Variación mes a mes de la nubosidad medida en octas, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2013.	116
Grafica 58: Variación año a año de la nubosidad medida en octas, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2013.	117
Grafica 59: Variación mes a mes del recorrido del viento medida en grados, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2013.	117
Grafica 60: Variación año a año del recorrido del viento medida en grados, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2013.	118
Grafica 61: Variación mes a mes del brillo solar medido h/mes (horas/mes), estación Universidad Nacional, durante el 2012-2013.	118
Grafica 62: Variación año a año del brillo solar medido h/mes (horas/mes), estación Universidad Nacional, durante el 2012-2013.	119
Grafica 63: Variación año a año mensual de la temperatura mínima medido °C, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2020.	121

Grafica 64: Variación año a año de la temperatura mínima medida °C, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2020.	121
Grafica 65: Variación año a año mensual de la temperatura máxima medido °C, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2020.	122
Grafica 66: Variación año a año del mes de diciembre de la temperatura máxima medido °C, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2020.	123
Grafica 67: Variación año a año mensual de la precipitación medido mm, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2020.	124
Grafica 68: Variación año a año de la precipitación medido mm, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2020.	124
Grafica 69: Variación año a año mensual de la temperatura húmeda C°, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2020.	125
Grafica 70: Variación año a año de la temperatura húmeda anual medida en °C, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2019.	126
Grafica 71: Variación año a año mensual de la temperatura seca C°, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2020.	127
Grafica 72: Variación año a año de la temperatura seca anual medida en °C, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2019.	127
Grafica 73: Variación año a año mensual de la evaporación, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2020.	128
Grafica 74: Variación año a año de la evaporación medido mm, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2019.	128
Grafica 75: Variación año a año mensual de la nubosidad medida en octas, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2020.	129
Grafica 76: Variación año a año de la nubosidad medida octas, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2020.	129
Grafica 77: Variación mes a mes de la temperatura ambiente medida °C, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.	130
Grafica 78: Variación año a año de la temperatura ambiente medida °C, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.	131
Grafica 79: Variación mes a mes de la temperatura máxima medida °C, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.	132
Grafica 80: Variación año a año de la temperatura máxima medida °C, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.	132
Grafica 81: Variación mes a mes de la temperatura mínima medida °C, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.	133
Grafica 82: Variación año a año de la temperatura mínima medida °C, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.	133
Grafica 83: Variación mes a mes de la humedad medida %, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.	134
Grafica 84: Variación año a año de la humedad medida %, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.	134
Grafica 85: Variación mes a mes de la velocidad del viento medida m/s, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.	135

Grafica 86: Variación año a año de la velocidad del viento medida m/s, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.	135
Grafica 87: Variación mes a mes de la velocidad del viento máxima m/s, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.	136
Grafica 88: Variación año a año de la velocidad del viento máxima m/s, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.	136
Grafica 89: Variación mes a mes de la precipitación medida mm, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.	137
Grafica 90: Variación año a año de la precipitación medida mm, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.	137
Grafica 91: Variación mes a mes de la radiación medida W/m ² , estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.	138
Grafica 92: Variación año a año de la radiación medida W/m ² , estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.	138
Grafica 93: Variación mes a mes de la radiación máxima medida W/m ² , estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.	139
Grafica 94: Variación año a año de la radiación máxima medida W/m ² , estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.	139
Grafica 95: Variación mes a mes de la precipitación medida mm, estación Jardín Botánico Vs El Cubo de Colsubsidio durante el 2019.	140
Grafica 96: Variación mes a mes de la precipitación medida mm, estación Jardín Botánico VS El Cubo de Colsubsidio durante el 2020.	141
Grafica 97: Variación mes a mes de la temperatura máxima medida °C, estación Jardín Botánico VS El Cubo de Colsubsidio durante el 2019.	142
Grafica 98: Variación mes a mes de la temperatura máxima medida °C, estación Jardín Botánico VS El Cubo de Colsubsidio durante el 2020.	142
Grafica 99: Variación mes a mes de la temperatura mínima medida °C, estación Jardín Botánico VS El Cubo de Colsubsidio durante el 2019.	143
Grafica 100: Variación mes a mes de la temperatura mínima medida °C, estación Jardín Botánico VS El Cubo de Colsubsidio durante el 2020.	144
Grafica 101: Variación año a año del mes de enero, de la precipitación medida mm, estaciones ubicadas en la ciudad de Bogotá.	145
Grafica 102: Variación año a año del mes de enero, de la temperatura mínima, medida °C, estaciones ubicadas en la ciudad de Bogotá.	146
Grafica 103: Variación año a año del mes de enero, de la temperatura máxima, medida mm, estaciones ubicadas en la ciudad de Bogotá.	146

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Mapa de Bogotá y sus alrededores, ubicación de las diferentes estaciones instaladas.	26
FIGURA 2: Entidades participantes en la mesa de trabajo del PNACC.....	39
FIGURA 3: Red de relación entre economía-población, ecosistema y clima.....	40
FIGURA 4: Mapa de Bogotá con localización de las 13 estaciones fijas de la red de monitoreo.	42
FIGURA 5: Tabla de resultados históricos de concentraciones PM10.....	43
FIGURA 6: Esquema de la estructura como se llevó acabo la propuesta de política ecourbanismo y sostenibilidad.	47
FIGURA 7: Balance de capacidad de potencia en la red de Estocolmo.	48
FIGURA 8: Estructura general de EnergyPlus.	54
FIGURA 9: Fase uno (1) de la metodología (DOCUMENTACIÓN), primera fase que se realizó para el desarrollo de este proyecto, fuente: propia.....	67
FIGURA 10: Fase dos (2) de la metodología (REGISTRO DE DATOS), segunda fase que se realizó para el desarrollo de este proyecto, fuente: propia.....	68
FIGURA 11: Fase tres (3) de la metodología (ANALISIS DE DATOS), tercera fase que se realizó para el desarrollo de este proyecto.....	73
FIGURA 12: Caracterización de la clasificación climática del área de estudio.	85

1. INTRODUCCIÓN

A partir de este documento se abarcará la importancia de analizar la veracidad de los datos registrados por las estaciones meteorológicas de Bogotá, ya que esta información es base fundamental para el desarrollo de ciudades sostenibles dentro del marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Además, el análisis de dicha información (de manera histórica) permite entender el cambio climático que se ha generado como consecuencia de la contaminación ambiental localizada en una de las zonas más neurálgicas de la ciudad, no solo por el tráfico que la circunda sino por la ubicación estratégica en términos de uso del suelo. Retrocediendo en el tiempo, “el contexto histórico en el cual han evolucionado las ciudades, se puede ver como el problema de contaminación ambiental viene desde los inicios de la revolución industrial” (ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C., SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN, & SECRETARÍA DISTRITAL DE HÁBITAT, 2014).

Se busca generar procesos de desarrollo de tal manera que se mitigue el impacto ambiental que se está generando, además de aumentar la capacidad social, económica y ecosistémica para tener una base de respuesta a los posibles problemas que trae consigo el cambio climático. (MinAmbient & IDEAM (Instituto de Hidrología, 2019).

El desarrollo de ciudades sostenibles promueve a su vez que los edificios sean concebidos de la misma manera, es así como surge los edificios sostenibles (también conocidos como edificios verdes, sustentables). En Colombia se ha concebido edificios con diseños sostenibles, que gracias a su infraestructura y la forma en que son percibidos, estos generan gran aprovechamiento de los recursos naturales, disminuyendo de esta forma el consumo de energía eléctrica o consumos excesivos de agua potable. Dichas estructuras son conocidas como edificaciones sostenibles, algunas de ellas han llegado al punto tal de obtener certificaciones internacionales, que los acreditan como construcciones amigables con el medio ambiente.

Este documento contiene la propuesta de trabajo de grado, donde se presenta un análisis de los datos obtenidos por la estación meteorológica, la cual fue instalada en el edificio El Cubo Colsubsidio (el cual se encuentra ubicado en la Carrera 30 NQS No. 52-77), en el mes de agosto del año 2019, se llevara un registro de datos significativos de variables como: temperaturas interiores (incluye temperatura propia del equipo) y exteriores, humedad interior y exterior, presión barométrica,

promedios de escorrentía, velocidad del viento, evapotranspiración, de esta estación durante un periodo de tiempo de seis (6) meses. Con este análisis se pretende corroborar la veracidad de los datos obtenidos de la estación ubicada en el cubo Colsubsidio con respecto a las estaciones ubicadas por el IDEAM cerca de esta zona. Además de realizar la recolección de datos de dichas estaciones en un periodo histórico, que se data aproximadamente en el año 2011, fecha donde entro en funcionamiento el edificio Cubo Colsubsidio.

Este proyecto se encuentra enlazado con el proyecto “ANÁLISIS DE LAS ESTRATEGIAS DE: SOSTENIBILIDAD Y GESTIÓN EMPRESARIAL, APLICADA A LOS EDIFICIOS CERTIFICADOS LEED”, por ende, se entregarán los resultados obtenidos de esta investigación como parte fundamental al cumplimiento del objetivo de dicho proyecto, ya que hace referencia al estudio del comportamiento del edificio y todas sus estrategias de diseño sostenible, en donde el componente climático es la base del diseño en sí mismo.

2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

La implementación de construcciones con diseños sostenibles es un tema importante en la actualidad, ya que estos buscan generar un mayor aprovechamiento de los recursos naturales, además de contribuir con la reducción del impacto ambiental en zonas urbanas, industriales y rurales.

“Si bien las áreas urbanas son vistas como una oportunidad de desarrollo económico y social, también es cierto que la conformación del sistema urbano colombiano se ha dado con una escasa planificación ambiental o de consideraciones ambientales” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, 2008), razón por la cual se han desarrollado programas para incentivar el desarrollo socio-económico en las ciudades, de forma responsable y amigable con el medio ambiente. Pero aun así esto no ha sido suficiente, por eso se establecieron leyes y un control más riguroso para cumplir con las expectativas planteadas.

La construcción de edificaciones sostenibles es una práctica de gran utilidad para al máximo aprovechamiento de los recursos naturales, esta tendencia se ha extendido a lo largo del mundo, mostrando grandes resultados en ciudades de países desarrollados, ya que además de contribuir con la mitigación del impacto ambiental, se están generando grandes ahorros económicos en su proceso de operación.

A partir de unos parámetros, estos sistemas deben garantizar algunas variables como los son: salud, bienestar, ahorro de energía (sistemas de calefacción y refrigeración), ahorro de agua (tratamiento de aguas residuales, aguas recirculadas), manejo de residuos, uso apropiado del suelo, confort, entre otros, estos son algunos de los parámetros que son evaluados por las diferentes entidades que otorgan las certificaciones de construcción sostenible a los diferentes proyectos.

3. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Se instaló la estación meteorológica en el edificio el Cubo de Colsubsidio, en el mes de agosto del presente año (2019), el cual se encuentra ubicado en la Carrera 30 NQS No. 52-77. Con el fin de realizar un análisis comparativo con respecto a las estaciones que se encuentran ubicadas en diferentes puntos de Bogotá (las estaciones a tener en cuenta son las que se encuentran cerca del edificio el cubo, la información de estas estaciones se encuentran en la tabla 1), durante un periodo de tiempo determinado, dicho periodo de tiempo se va a ser de seis meses(6), tiempo en el cual se va a registrar los datos de la estación ubicada en el cubo Colsubsidio. Además de un registro histórico que se encuentra estimado durante el tiempo en el cual ha estado en funcionamiento el edificio Colsubsidio hasta el día de hoy. De esta manera se quiere verificar la veracidad de los datos con los cuales este edificio fue diseñado, además de analizar el comportamiento que el mismo ha tenido durante su periodo de vida (2011-2019), dada que sus características funcionales lo certifican como construcción sostenible LEED, ya que por ser un edificio certificado LEED, sus diseños se soportan en los datos climatológicos de su momento.

Tabla 1: Datos principales de las estaciones cercanas al edificio el Cubo Colsubsidio.

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL – AUT (21205012) Código: 21205012 Nombre: UNIVERSIDAD NACIONAL Categoría: climática principal Longitud: -74.09 Latitud: 4.64 Altitud: 2556.00 Departamento: Bogotá Municipio: Bogotá, D.C Estado est: activa Tecnología: automática con telemetría Fecha inst: 8/18/2004 7:00:00 PM Fecha susp:</p>	<p>Se encuentra ubicada a 895 m del cubo de Colsubsidio</p>
--	---

Continuación tabla número 1.

<p>EDIFICIO CAR – AUT (21205508) Código: 21205508 Nombre: EDIFICIO CAR Categoría: climática principal Longitud: -74.06 Latitud: 4.62 Altitud: 366.00 Departamento: Bogotá Municipio: Bogotá, D.C Estado est: activa Tecnología: automática con telemetría Fecha inst: Fecha susp:</p>	<p>Se encuentra ubicada a 3.7 k del cubo de Colsubsidio.</p>
<p>UNIVERSIDAD SANTO TOMAS – AUT (21205523) Código: 21205523 Nombre: UNIVERSIDAD SANTO TOMAS Categoría: climática principal Longitud: -74.05 Latitud: 4.79 Altitud: 2564.00 Departamento: Bogotá Municipio: Bogotá, D.C Estado est: activa Tecnología: automática con telemetría Fecha inst: Fecha susp:</p>	<p>Se encuentra ubicada a 2.2 k del cubo de Colsubsidio</p>

Continuación tabla número 1.

<p>CEA CANT.EST.AERO (21206700) Código: 21206700 Nombre: CEA CANT.EST.AERO Categoría: climática principal Longitud: -74.13 Latitud: 4.69 Altitud: 2545.00 Departamento: Bogotá Municipio: Bogotá, D.C Estado est: suspendida Tecnología: convencional Fecha inst: 8/15/2002 Fecha susp: 9/7/2009</p>	<p>Se encuentra ubicada a 13 k del cubo de Colsubsidio</p>
---	---

Fuente:(IDEAM (Instituto de Hidrología, 2019)

Bogotá posee 14 estaciones meteorológicas ubicadas en diferentes puntos estratégicos, se estima que dichas estaciones llevan un gran periodo de tiempo en servicio, además de esto no se tiene certeza alguna respecto a que se les dé un adecuado mantenimiento y control de la información, así como actualización de tecnologías en la adquisición de equipos. Refiriéndose a un mantenimiento adecuado, si las condiciones en las que fueron instaladas sean las mismas en las que se encuentran ahora, identificar las variables que pueden alterar los datos y los rangos estimados de alteración de las mediciones registradas al día de hoy en comparación a los que se han registrado durante su tiempo de uso.

4. ESTADO DEL ARTE

Existen diferentes tipos de contaminación ambiental, dentro de estas se encuentra la contaminación atmosférica. “La perturbación de un ecosistema se puede producir de tres formas: por introducción de materia o energía; por extracción de materia o energía; y por alteración mecánica in situ. Desde esta perspectiva una contaminación es una perturbación por introducción de energía o materia, y esta puede ser inorgánica u orgánica, y viva o no viva. Según la naturaleza del agente contaminante se suele distinguir entre: contaminación física (calor, radiación, ruido); contaminación química (metales, plaguicidas, hidrocarburo, etc.); y contaminación biológica (virus, bacterias, hongos, parásitos, etc.). La contaminación química se inicia con la revolución industrial, pero empieza a tener peso a partir del desarrollo tecnológico posterior a la Segunda Guerra Mundial.”(VI REUNIÓN NACIONAL DE CLIMATOLOGÍA ASOCIACIÓN DE GEÓGRAFOS ESPAÑOLES, 2000), este tipo de contaminación es derivada de factores antrópicos, como lo pueden ser la intervención in situ de los ecosistemas, la industrialización exponencial, la producción de productos artificiales, entre otros.

El cambio climático es una realidad inequívoca reconocida no sólo desde las esferas científicas sino además políticas por cuanto sus causas y consecuencias dependen del modelo de desarrollo. El aumento de la temperatura promedio del planeta producto de la acumulación de gases emitidos por las actividades humanas de producción, extracción, asentamiento y consumo, viene alterando todos los ciclos atmosféricos planetarios que tienen expresiones locales muy concretas, tales como, el ascenso del nivel del mar, el aumento en la intensidad, magnitud y frecuencia de eventos climáticos extremos como huracanes, lluvias torrenciales, sequías, heladas, entre otros. Las acciones que cada país adelante para contribuir a reducir los efectos negativos y aprovechar las oportunidades asociados con el cambio climático, serán claves para evitar una crisis y avanzar hacia la construcción de un futuro sostenible.(IDEAM -Instituto de Hidrología, 2019).

En Reino Unido se realizaron estudios con el fin de diseñar modelos estructurales en viviendas, oficinas, que tengan un sistema de calefacción o de refrigeración óptimo para las condiciones de confort de quienes ocupan estos espacios, además de generar un aprovechamiento de los recursos naturales que se brindan en las diferentes condiciones climáticas de los diferentes sectores. Una de las características de estos diseños es la recirculación del aire, además del aprovechamiento de la luz natural y temperatura que esta genera al interior de las oficinas(Chow, MASHRAE, & Levermore, 2010).

Así como en los diferentes lugares se están realizando planes de contingencia para afrontar las condiciones climáticas a las que estamos sometidos al día de hoy, Colombia también se han logrado ver grandes avances en su proceso de adaptación al cambio climático. Una muestra de esto en el PNACC (Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático).

El PNACC hace parte de las estrategias políticas e institucionales del país. El Plan de Desarrollo 2010-2014 “Prosperidad para todos” ha priorizado cuatro estrategias encaminadas a abordar la problemática del cambio climático, dentro de las cuales se incluye la formulación e implementación del PNACC. El objetivo principal de este es reducir el riesgo y los impactos socio-económicos y ecosistémicos asociados a la variabilidad y al cambio climático en Colombia.(MinAmbient & IDEAM (Instituto de Hidrología, 2019).

Los edificios tienen un impacto sustancial en la salud y el bienestar de las personas y el planeta. Los edificios usan recursos, generan desechos y son costosos de mantener y operar. La construcción ecológica es la práctica de diseñar, construir y operar edificios para maximizar la salud y la productividad de los ocupantes, usar menos recursos, reducir los desechos y los impactos ambientales negativos, y disminuir los costos del ciclo de vida.(Greenbuild Atlanta, 2019).

Con la finalidad de generar edificaciones sostenibles y obtener un aprovechamiento de los recursos naturales, se han incentivado diferentes leyes y certificaciones. Estas certificaciones buscan examinar el diseño de la obra y como se planea optimizar recursos, cumpliendo con unas rubricas que ya están definidas.

Para llevar el registro de datos estadísticos, se maneja un control de 14 estaciones ubicadas en diferentes puntos de Bogotá según el IDEAM. La descripción de estas estaciones se encuentra en la tabla 2. se muestra información de las estaciones en cuanto a su ubicación, nombre, código de identificación, estado actual, entre otras.

Tabla 2: Datos principales de las estaciones ubicadas en Bogotá.

DATOS	DISTANCIA APROXIMADA AL CUBO COLSUBSIDIO
<p>CANAL JABOQUE (21206880) Código: 21206880 Nombre: CANAL JABOQUE Categoría: climática principal Longitud: -74.15 Latitud: 4.72 Altitud: 2565.00 Departamento: Bogotá Municipio: Bogotá, D.C Estado est: activa Tecnología: convencional Fecha inst: 2/15/2004 Fecha susp:</p>	<p>Se encuentra ubicada a 15 k del cubo de Colsubsidio</p>
<p>SAN BENITO – AUT (21206810) Código: 21206810 Nombre: SAN BENITO – AUT Categoría: climática principal Longitud: -74.23 Latitud: 4.55 Altitud: 2560.00 Departamento: Bogotá Municipio: Bogotá, D.C Estado est: activa Tecnología: automática con telemetría Fecha inst: 11/15/2003 Fecha susp:</p>	<p>Se encuentra ubicada a 17 k del cubo de Colsubsidio</p>

Continuación tabla número 2.

<p>GIBRALTAR (21206730) Código: 21206730 Nombre: GIBRALTAR Categoría: climática principal Longitud: -74.18 Latitud: 4.65 Altitud: 2581.00 Departamento: Bogotá Municipio: Bogotá, D.C Estado est: activa Tecnología: convencional Fecha inst: 2/15/2004 Fecha susp:</p>	<p>Se encuentra ubicada a 17 k del cubo de Colsubsidio</p>
<p>SAN BERNARDINO (21206750) Código: 21206750 Nombre: SAN BERNARDINO Categoría: climática principal Longitud: -74.22 Latitud: 4.62 Altitud: 2554.00 Departamento: Bogotá Municipio: Bogotá, D.C Estado est: activa Tecnología: convencional Fecha inst: 2/15/2004 Fecha susp:</p>	<p>Se encuentra ubicada a 13.5 k del cubo de Colsubsidio</p>

Continuación tabla número 2.

<p>PONTON SAN JOSE (21206770) Código: 21206770 Nombre: PONTON SAN JOSE Categoría: climática principal Longitud: -74.20 Latitud: 4.62 Altitud: 2566.00 Departamento: Bogotá Municipio: Bogotá, D.C Estado est: activa Tecnología: convencional Fecha inst: 8/15/2003 Fecha susp:</p>	<p>Se encuentra ubicada a 20 k del cubo de Colsubsidio</p>
<p>CIUDAD BOLIVAR (21206940) Código: 21206940 Nombre: CIUDAD BOLIVAR Categoría: climática principal Longitud: -74.18 Latitud: 4.58 Altitud: 2687.00 Departamento: Bogotá Municipio: Bogotá, D.C Estado est: suspendida Tecnología: automática con telemetría Fecha inst: 5/19/2005 Fecha susp: 8/24/2018/ 10:27:52 AM</p>	<p>Se encuentra ubicada a 17 k del cubo de Colsubsidio</p>

Continuación tabla número 2.

<p>MAKRO (21206800) Código: 21206800 Nombre: MAKRO Categoría: climática principal Longitud: -74.15 Latitud: 4.60 Altitud: 2556.00 Departamento: Bogotá Municipio: Bogotá, D.C Estado est: activa Tecnología: convencional Fecha inst: 8/15/2003 Fecha susp:</p>	<p>Se encuentra ubicada a 10 k del cubo de Colsubsidio</p>
<p>ESCUELAS COL INGENIERIA (21206050) Código: 21206050 Nombre: ESCUELAS COL INGENIERIA Categoría: climática principal Longitud: -74.05 Latitud: 4.78 Altitud: 2650.00 Departamento: Bogotá Municipio: Bogotá, D.C Estado est: SUSPENDIDA Tecnología: CONVENCIONAL Fecha inst: 4/15/1986 Fecha susp: 12/10/2008</p>	<p>Se encuentra ubicada a 19 k del cubo de Colsubsidio</p>

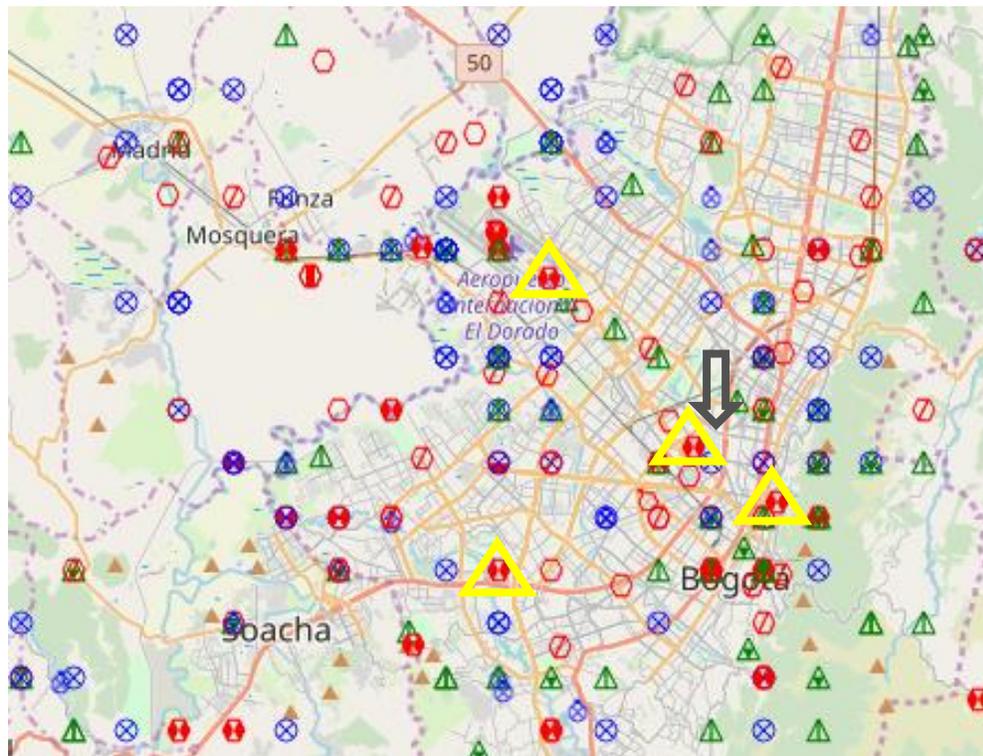
<p>MERENGO – AUT (21205515) Código: 21205515 Nombre: MERENGO – AUT Categoría: climática principal Longitud: -74.17 Latitud: 4.70 Altitud: 3347.00 Departamento: Cundinamarca Municipio: Soacha Estado est: activa Tecnología: automática con telemetría Fecha inst: Fecha susp:</p>	<p>Se encuentra ubicada a 22 k del cubo de Colsubsidio. Esta estación fue tomada para comprar contaminación ambiente de Bogotá hacia las afueras de Bogotá para ver si los datos de precipitaciones, humedad, calor y precipitaciones cambian</p>
<p>PICOTA LA (21205040) Código: 21205040 Nombre: PICOTA LA Categoría: climática principal Longitud: -74.13 Latitud: 4.55 Altitud: 2600.00 Departamento: Bogotá Municipio: Bogotá, D.C Estado est: suspendida Tecnología: convencional Fecha inst: 1/15/1929 Fecha susp: 9/15/1953</p>	<p>Se encuentra ubicada a 18.5 k del cubo de Colsubsidio</p>

Fuente:(MinAmbient & IDEAM (Instituto de Hidrología, 2019)

Además de las estaciones mencionadas en la tabla 2, se hace referencia a las estaciones descritas en la tabla 1, las cuales son las estaciones del interés de este trabajo, dado que su ubicación se encuentra en las cercanías del punto de interés a trabajar (El Cubo Colsubsidio).

A continuación, se muestra un mapa de Bogotá con las ubicaciones respectivas de las estaciones mencionadas en la tabla 1 y 2, cabe aclarar que en la figura 1 solo se señala las estaciones del interés para el desarrollo de este trabajo, además de una ubicación aproximada del edificio el cubo Colsubsidio.

FIGURA 1: Mapa de Bogotá y sus alrededores, ubicación de las diferentes estaciones instaladas.



Fuente: (IDEAM -Instituto de Hidrología, 2019)



Estación meteorológica de interés para el desarrollo de este trabajo.



Ubicación aproximada del edificio el cubo Colsubsidio.

4.1. CERTIFICACIONES

Tabla 3: Certificaciones Building Green. Algunas de las certificaciones existentes de construcción sostenible.

ENTIDAD	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	FUENTE
BRE	BREEAM	es el método de evaluación de sostenibilidad líder en el mundo para proyectos de, planificación maestra, infraestructura y edificios.	(Bre, n.d.)
International Living Future Institute	Net Zero Energy Building Certification	La Certificación del Edificio de Energía Cero (ZEB) del International Living Future Institute (ILFI) se creó para permitir que los proyectos demuestren un rendimiento de energía cero, creando una cohorte avanzada de proyectos con la integridad de la certificación de rendimiento de terceros	(International Living Future Institute, 2019b)
International well building institute	WELL Building Standard	Es un sistema basado en el desempeño para medir, certificar y monitorear las características del entorno construido que impactan la salud y el bienestar humano, a través del aire, el agua, la alimentación, la luz, el estado físico, la comodidad y la mente.	(International Well BUILDING Institute, n.d.)
International Living Future Institute	Living Building Challenge	Es el estándar de rendimiento más riguroso del entorno construido. Exige la creación de proyectos de construcción a todas las escalas que operen de manera tan limpia, bella y eficiente como la arquitectura de la naturaleza.	(International Living Future Institute, n.d.)

Continuación tabla número 3.

<p>GBCe</p>	<p>VERDE</p>	<p>Tienen como objetivo dotar de una metodología de evaluación de la sostenibilidad de los edificios. Las distintas herramientas de que disponemos pretenden cubrir todas las necesidades del sector de la edificación en España.</p>	<p>(GBCe (Green Building Council), n.d.)</p>
<p>Passivhaus Institut</p>	<p>Passivhaus</p>	<p>Los certificados "Casa Pasiva Certificada", "EnerPhit - Modernización Certificada" y "Casa de Ahorro de Energía" se otorgan exclusivamente después de un cuidadoso examen por parte del Instituto de Casa Pasiva u otros organismos acreditados. Son marcas de calidad para todo el edificio.</p>	<p>(Passivhaus Institut, n.d.)</p>
<p>Consejo Colombiano de Construcción</p>	<p>CASA COLOMBIA</p>	<p>Nace en 2013 en los grupos de trabajo y comités del CCCS. Estos profesionales identificaron la necesidad de contar con una herramienta que fomentara el concepto de sostenibilidad integral en el segmento residencial en el país, con referencias explícitas a la normatividad nacional y/o mejores prácticas disponibles</p>	<p>(Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2016)</p>

Continuación tabla número 3.

Alliance HQE- GBC	HQE	Es la certificación francesa otorgada a la construcción y gestión de edificios, así como a proyectos de planificación urbana. HQE promueve las mejores prácticas, la calidad sostenible en proyectos de construcción y ofrece orientación experta durante toda la vida del proyecto	(Alliance HQE, 2019)
BUILDING GREEN	LEED	es el sistema de clasificación de edificios ecológicos más utilizado en el mundo. Disponible para prácticamente todos los tipos de proyectos de edificios, comunidades y viviendas, LEED proporciona un marco para crear edificios verdes saludables, altamente eficientes y económicos	(Greenbuild Atlanta, 2019)

Fuente propia.

4.1.1. BREEAM

Hay cinco tipos de certificados BREEAM, dependiendo del tipo de obra a certificar:

Urbanismo: Sostenibilidad de los proyectos urbanísticos, tiene en consideración ocho categorías para evaluar y certificar la sostenibilidad de cada proyecto de urbanización. Cada una de las categorías está compuesta por un determinado número de requisitos. Los requisitos a tener en cuenta son: “Clima y energía, comunidad, diseño del lugar, ecología, transporte, recurso, economía, edificios”.(Breeam, 2019c).

Vivienda: Viviendas unifamiliares y viviendas en bloque. El método de certificación se basa en la otorgación de puntos que se agrupan en Categorías, donde se enmarcan los distintos Requisitos disponibles que pueden ser cumplidos según la estrategia seguida en cada edificio.

Para **PROMOTORES/CONSTRUCTORES**: incrementa sus credenciales de sostenibilidad, aportándoles un valor añadido a sus inmuebles. Según la experiencia del Code for Sustainable Homes, la aplicación del certificado incrementa alrededor de un 10% el valor de las viviendas sobre las de su entorno.

Para los **USUARIOS**: reducción de los costes de mantenimiento de su vivienda, mejorando además sus niveles de bienestar y confort, y reduciendo su huella ambiental. Una vivienda certificada con BREEAM ES Vivienda reducirá como mínimo un 7% sus emisiones de CO₂ llegando a un 56% en aquellas que alcancen la mejor calificación. En cuanto al consumo de agua, se podrá ahorrar entre un 20% y un 35%. Para los **COMPRADORES**: ayuda para su elección. Un 36,4% de los futuros compradores prefieren viviendas sostenibles; de ellos, el 21,8% motivados por ahorros energéticos, otro 8,5% busca de beneficios para la salud, mientras que el 6,1% lo hace por un sentido de responsabilidad medioambiental.

Las categorías que se tienen en cuenta para brindar este tipo de certificación son: gestión, salud y bienestar, energía, transporte, agua, materiales, residuos, uso del suelo, ecología, contaminación, innovación (Breeam, 2019d).

Nueva Construcción: Edificios de nueva construcción. Este esquema de certificación es la evolución del antiguo “BREEAM Comercial”, que evaluaba obra nueva destinada a oficinas, industria y comercio. Amplía su aplicación al resto de obras nuevas.

Garantía de eficiencia: un edificio BREEAM reduce el impacto medioambiental de la edificación y promueve la eficiencia energética con ahorros de consumo de entre un 30 y un 70%, con la consiguiente disminución de emisiones de CO₂.

Ahorro en gastos de mantenimiento y funcionamiento de los edificios: un edificio BREEAM obtiene reducciones del gasto de agua de hasta un 40% y llega a disminuir los gastos de funcionamiento y mantenimiento hasta un 30%.

Aumento de la satisfacción y bienestar de los usuarios: mejora del ambiente interno y consecuentemente mejora de las condiciones de vida y trabajo de los usuarios de los edificios.

Las categorías a tener en cuenta para estas certificaciones son: gestión, salud y bienestar, energía, transporte, agua, materiales, residuos, uso del suelo, ecología, contaminación, innovación (Breeam, 2019b).

A Medida: “Evaluar edificios singulares no incluidos en Nueva Construcción y Vivienda. Es decir, amplía el ámbito de aplicación de los esquemas estándar a edificios especialmente singulares como grandes terminales aeroportuarias o faros. (Breeam, 2019a).

4.1.2. NET ZERO ENERGY BUILDING CERTIFICATION

“Para aquellos edificios que buscan generar la misma energía que se va a consumir en el periodo de año”(Arquitectura sostenible, 2019).

4.1.3. WELL BUILDING STANDARD

“Certificación enfocada a valorar la salud y bienestar del ocupante”(International Well BUILDING Institute, 2019).

4.1.4. LIVING BUILDING CHALLENGE

“Uno de los más rigurosos del mercado. Cubre todo tipo de construcción a cualquier escala y constituye una herramienta integral para un diseño sostenible, socialmente justo, culturalmente rico y respetuoso con el medio ambiente”(International Living Future Institute, 2019a).

4.1.5. VERDE

“La certificación GBC España-VERDE reconoce la reducción del impacto medioambiental del edificio que se evalúa comparándolo con un edificio de referencia”(GBCe (Green Building Council), 2019)

4.1.6. PASSIVHAUS

El certificado Passivhaus es un estándar creado en Alemania. Con él, se buscan viviendas que combinen un elevado confort interior con un consumo de energía muy bajo, gracias al máximo cuidado de la envolvente del edificio y a un sistema de ventilación controlada. (Arquitectura Sostenible, 2019).

4.1.7. CASA COLOMBIA

“Nace en 2013 en los grupos de trabajo y comités del CCCS. Estos profesionales identificaron la necesidad de contar con una herramienta que fomentara el concepto de sostenibilidad integral en el segmento residencial en el país, con referencias explícitas a la normatividad nacional y/o mejores prácticas disponibles”(Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2016).

“Con el Referencial CASA Colombia, el CCCS plantea la necesidad de contar con una herramienta de cambio cultural para:

- Facilitar la estructuración costo eficiente de nuevos proyectos de vivienda.
- promover el concepto de sostenibilidad integral, el cual incluye eficiencia en el uso de los recursos, y también la salud y el bienestar de los usuarios.
- Aportar soluciones al mercado para el cumplimiento de la nueva normatividad asociada con la construcción sostenible del país” (Decreto 1285/15 y Res.549/15 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio).

Con esta herramienta del Referencial CASA Colombia confiamos surtir un proceso exitoso y similar al que el CCCS ya lideró para la adopción del sistema de certificación en construcción sostenible LEED®, cuyo mercado tiene un tamaño y dinámica importante” (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2016).

4.1.8. HQE

En la literatura lo describen de la siguiente manera: “Es la certificación francesa otorgada a la construcción y gestión de edificios, así como a proyectos de planificación urbana. HQE promueve las mejores prácticas, la calidad sostenible en proyectos de construcción y ofrece orientación experta durante toda la vida del proyecto”(Alliance HQE, 2019).

La certificación HQE es un proceso voluntario para la construcción, renovación u operación de todos los edificios. Refleja un equilibrio entre el respeto por el medio ambiente (energía, carbono, agua, residuos, biodiversidad ...), calidad de vida y desempeño económico a través de un enfoque global. Esta es la mejor manera de dar fe del desempeño de un edificio y responder a los principales desafíos de la ciudad sostenible. Cualquiera sea la ubicación, HQE también es una garantía de control de costos y demoras durante la construcción, control de costos y riesgos durante la operación y la diferenciación durante el arrendamiento o la venta. (Alliance HQE, 2019).

4.1.9. LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)

LEED, o Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental, es el sistema de clasificación de edificios ecológicos más utilizado en el mundo. Disponible para prácticamente todos los tipos de proyectos de edificios, comunidades y viviendas, LEED proporciona un marco para crear edificios verdes saludables, altamente eficientes y económicos. La certificación LEED es un símbolo mundialmente reconocido de logros de sostenibilidad. Más de 2.2 millones de pies cuadrados tiene certificación LEED todos los días con más de 90,000 proyectos que utilizan LEED.

LEED funciona para todo tipo de edificios en cualquier lugar. LEED se encuentra en 165 países y territorios. Los edificios LEED ahorran energía, agua, recursos, generan menos desechos y apoyan la salud humana (Greenbuild Atlanta, 2019).

“Los edificios con certificación LEED están diseñados para:

- Soportar menores costos de operación y aumentar el valor de los activos.

- Reducir los residuos enviados a los vertederos.
- Conservar la energía y el agua.
- Ser más saludables y más seguros para los ocupantes.
- Reducir las emisiones de gases nocivos de efecto invernadero.
- Beneficiarse de desgravaciones fiscales, permisos de zonificación y otros incentivos en cientos de municipios.
- Demostrar el compromiso del propietario con el cuidado del medioambiente y con la responsabilidad social”.

De este tipo de certificaciones existen diferentes versiones. La versión más vigente es la LEED V4, “los cambios respecto a la versión LEEDv3 o LEED 2009 como también es conocida, se producen en tres categorías principales: Nuevos Sectores de Mercado, Rigor Técnico Aumentado y Servicios más Rápidos. LEEDv4 sube el listón del liderazgo en sostenibilidad. El pasado Junio 2013 se aprobó LEEDv4, que entró en vigor este mes de Noviembre 2013, a partir del cual habrá unos meses de solape con la versión LEEDv3”(Greenbuild Atlanta, 2019).

CATEGORIAS LEED

Esta certificación tiene diferentes categorías, las cuales se encuentran en función de la finalidad y funcionalidad del proyecto que se desea desarrollar. Las categorías existentes son:

- **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE EDIFICIOS (BD+C):** Esta categoría incluye proyectos como: nueva construcción, núcleo y envoltorio, educativo, superficies comerciales, centros de procesos de datos, logística, hospedaje, salud.
- **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE INTERIORES (ID+C):** Esta categoría incluye proyectos como: interiores de oficina, interiores residenciales, interiores comerciales, superficies comerciales, hospedaje.
- **OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN EDIFICIOS (BO&M):** Esta categoría incluye proyectos como: edificios existentes, educativo, superficies comerciales, centro de procesos de datos, logística, hospedaje.

- DESARROLLOS URBANOS (ND): Esta categoría incluye proyectos como: planificación urbana, desarrollo urbano.
- DISEÑO Y CONSTRUCCION DE VIVINEDAS (HOMES): Esta categoría incluye proyectos como: unifamiliares y MBA, media altura”(Greenbuild Atlanta, 2019).

Además de estas categorías ya nombradas, se han creado dos campos nuevos los cuales son: “Proceso Integrado de Diseño y Construcción” y “Parcela Sostenible”. Estas nuevas modificaciones dan origen a una nueva actualización de las certificaciones LEED, la cual se denomina LEED v4.1.

Para la obtención de esta certificación se debe realizar una evaluación minuciosa de cada uno de los requerimientos establecidos. “Los proyectos que persiguen la certificación LEED obtienen puntos en varias categorías: ubicación y transporte, sitios sostenibles, eficiencia del agua, energía y atmósfera, materiales y recursos, calidad ambiental interior, innovación y más. Según el número de puntos alcanzados, un proyecto obtiene uno de los cuatro niveles de calificación LEED: Certificado, Plata, Oro o Platino” (<https://new.usgbc.org/leed>, n.d.).

Tabla 4: Categorías de la certificación obtenida según su puntuación.

 CERTIFICADO	 PLATA	 ORO	 PLATINO
40-49 PUNTOS GANADOS	50-59 PUNTOS GANADOS	60-79 PUNTOS GANADOS	80-+ PUNTOS GANADOS

Fuente:(SPAIN GREEN BUILDING COUNCIL. LEED v4, 2019)

Es importante señalar que LEED ya está regionalizado a Colombia producto del liderazgo técnico del CCCS y el aporte de su red de miembros y aliados. Sin embargo, la utilización del sistema LEED® en el segmento residencial ha sido reducida, con la aparición reciente de unos 200.000 metros cuadrados de proyectos inmobiliarios de vivienda LEED en Barranquilla, Medellín, Bogotá y Bucaramanga, sin cobertura de la

vivienda de interés social. Hasta mayo de 2016 se contó con el primer proyecto de este último segmento certificado en la fase de diseño, por ahora, con el sello francés HQE. Por estos motivos creemos que, en la medida en que lo adopte el mercado, el Referencial CASA Colombia podría aportar significativamente a elevar el nivel de sostenibilidad integral de las soluciones habitacionales en Colombia. (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2016).

Además de las certificaciones ya mencionadas que se han otorgado en Colombia, podemos identificar el Cubo Colsubsidio, ubicado en la ciudad de Bogotá. Gracias al diseño estructural y arquitectónico que este presenta, se logró obtener una certificación LEED de categoría oro.

El concepto de sostenibilidad, estrategias de movilidad y un planteamiento que articula cinco elementos arquitectónicos ampliamente interconectados, son solo algunas de las innovaciones de este edificio. Las estructuras metálicas, grandes protagonistas del aspecto de arquitectura sostenible “define la concepción espacial del edificio y la disposición de los elementos, permitiendo un dialogo directo con el medio ambiente. (Construdata, 2011).

“El Centro Empresarial y Recreativo logra disminuir costos en energía y ayudar al medio ambiente manejando la circulación de aire y controlando la luz” (Portafolio, 2013).

El enfriamiento de la masa inerte del edificio mediante ventilación natural de las placas de entresuelo. Se controla el aumento de la temperatura con rejillas en el cielorraso, combinadas con sistemas acústicos que disipan el ruido sin bloquear la entrada de aire” (Construdata, 2011).

“Las corrientes de aire natural se aprovechan de dos maneras.

Primero, con el flujo de estas por medio de rejillas metálicas localizadas en la fachada del edificio, que hacen que esta circulación atravesase El Cubo, regulando la temperatura. La segunda manera es por medio de fachadas dobles que enfrían el edificio transportando el aire caliente hacia arriba”(Portafolio, 2013). “La conducción del aire se logra a partir del manejo de los vientos que afectan la masa de la construcción y producen zonas de baja y alta presión a su alrededor, aprovechando para generar corrientes controladas de aire” (Construdata, 2011).

“La protección solar se ha conseguido mediante quiebrasoles y la especificación del vidrio, tomando en cuenta los días y horas más críticos del año” (Construdata, 2011).

Al tener la mayoría de su estructura cubierta por vidrio transparente, la luz natural puede ser usada durante el día, y cuando se oscurece, los sensores de luz natural del edificio regulan la luz artificial de manera gradual para que no sea malgastada.

El Cubo también tiene un sistema de manejo de agua.

La cubierta del edificio tiene recolectores de agua de lluvia, la cual se mezcla con el agua proveniente de duchas, lavamanos, y la piscina, para ser llevados a un tanque. Mediante un proceso de filtración, esta puede ser reutilizada como ‘agua gris’, para regar las plantas y usar en los baños. El tratamiento genera un 40 por ciento en el ahorro de agua. (Portafolio, 2013).

La estructura que soporta esta edificación, es una estructura combinada entre acero y concreto. Algunas de sus columnas están construidas en concreto y son reforzadas por un recubrimiento de acero. Es notable que las vigas de la estructura con en acero con un perfil I. Además de esto una de las características visibles de esta estructura es las grandes luces que esta posee.

A continuación, se mostrará una ficha técnica del Cubo de Colsubsidio.

Tabla 5: Ficha técnica Cubo Colsubsidio.

FICHA TÉCNICA	
Nombre del proyecto	Centro deportivo y empresarial Colsubsidio calle 53
Constructor por administración delgada	Coninsa Ramon H
Interventoría	Departamento de construcción y obras Colsubsidio
Diseño arquitectónico e interior	Construcciones Planificadas S.A.
Director del proyecto	Edgar Solano
Arquitecto encargado	Manuel Moreno
Diseño estructural	Cdil/Diseños y Sistemas Santiago Góngora y Juan Tamasco
Diseño hidráulico	Proyectos & Diseños Hidráulicos
Diseño eléctrico	Ariel López Murillo
Diseño acústico	ADT
Diseño iluminación	Carmenza Henao
Diseño de ventilación mecánica	Oscar Villamizar
Diseño bioclimático	Arquitectura & Bioclimática
Diseño paisajístico	Ramiro Olarte
Diseño seguridad control y automatización	Iván Jaramillo
Cimentación	Galante
Estructura metálica	HB / Emecon
Estructura de concreto	Hormigón Reforzado

Fuente: (Construdata, 2011)

5. MARCO TEÓRICO

Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático

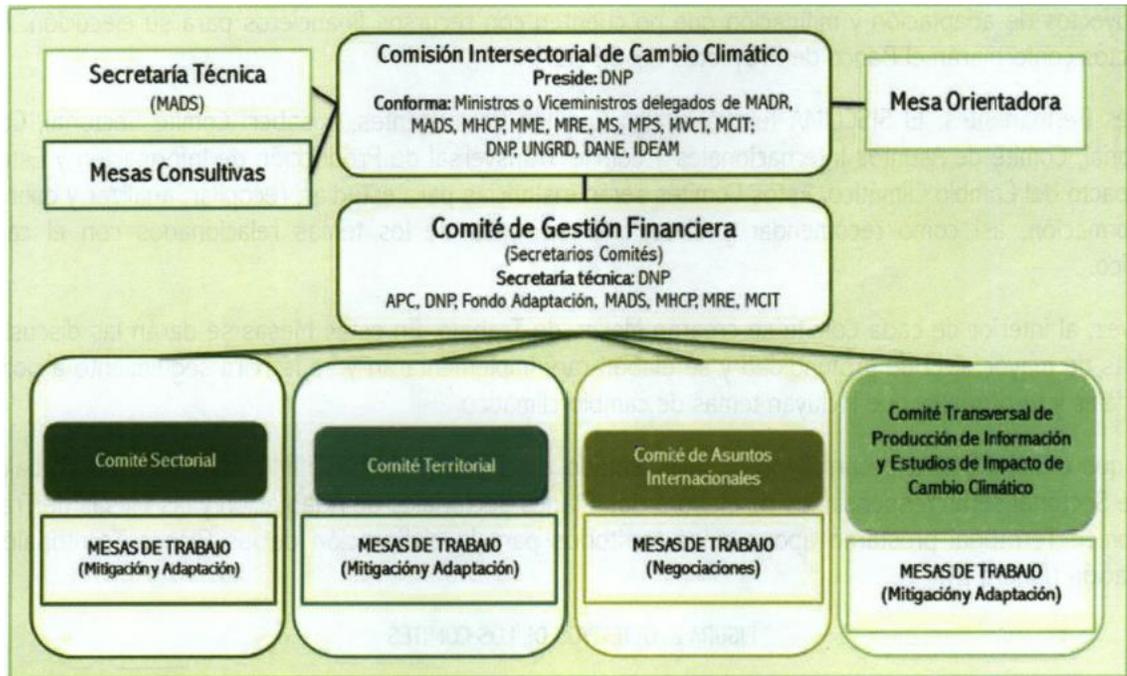
En este artículo fue realizado por diferentes entidades públicas del gobierno Nacional Colombiano. Después de realizar un análisis minucioso del impacto que se estaba viviendo a causa del cambio climático, se encontró que este estaba afectando de gran manera el avance socio-económico del país, razón por la cual se desarrolló un plan de respuesta ante dicha situación. La respuesta que se idealizó fue crear un plan de adaptación al cambio climático.

Con el PNACC (Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático) se busca generar procesos de desarrollo de tal manera que se mitigue el impacto ambiental que se está generando, además de aumentar la capacidad social, económica y ecosistémica para tener una base de respuesta a los posibles problemas que trae consigo el cambio climático.

De acuerdo a las recomendaciones del CONPES, el SISCLIMA deberá ser reconocido formalmente a través de un decreto y estará conformado por una Comisión Intersectorial de Cambio Climático (COMICC), que contara con Mesas Orientadas y Consultivas, un Comité de Gestión Financiera y cuatro Comités Permanentes que estarán conformadas por mesas de trabajo. (MinAmbient & IDEAM (Instituto de Hidrología, 2019).

A continuación, se ilustra el equipo de trabajo.

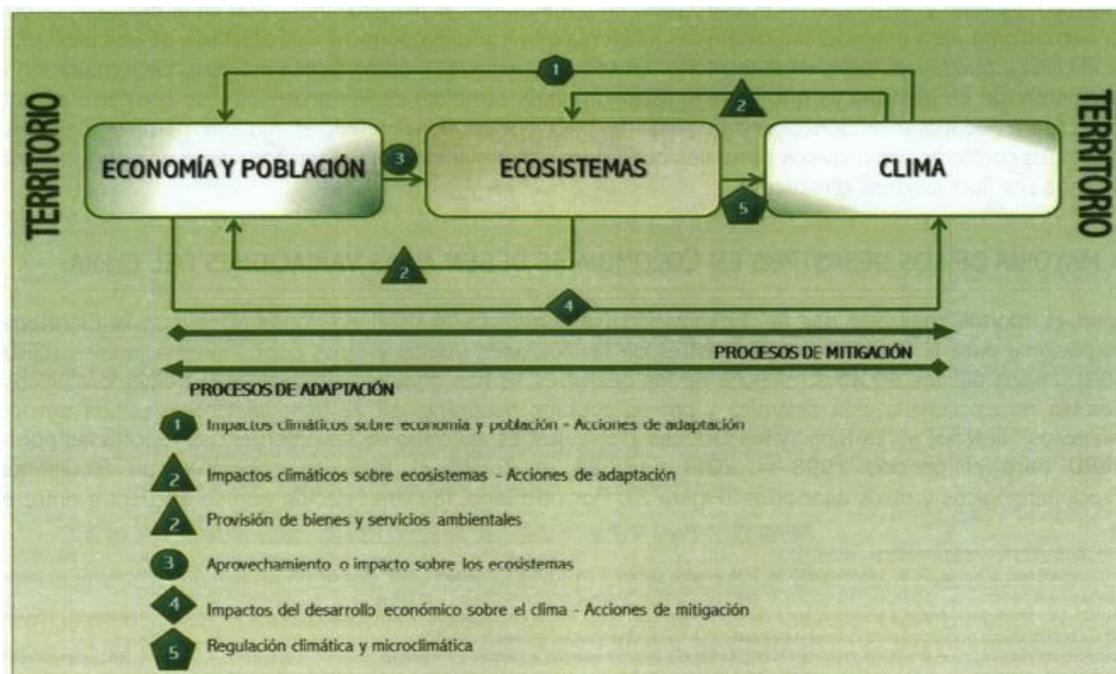
FIGURA 2: Entidades participantes en la mesa de trabajo del PNACC.



Fuente: (MinAmbient & IDEAM (Instituto de Hidrología, 2019))

Es de vital importancia las relaciones existentes entre las actividades del hombre y los impactos generados a los diferentes ecosistemas. Para ello se mostrará una red de relaciones mediante el siguiente esquema.

FIGURA 3: Red de relación entre economía-población, ecosistema y clima.



Fuente: (MinAmbient & IDEAM (Instituto de Hidrología, 2019).

Como se puede observar, el clima afecta la economía y la población, por lo que es importante conocer la cadena productiva de los sectores para poder identificar como se podrían ver afectados debido a cambios inesperados en las variables climáticas, de la misma manera que debería identificarse como se afectaría la población.(MinAmbient & IDEAM (Instituto de Hidrología, 2019).

Se realizan unos lineamientos por los cuales deben realizarse una puesta en marcha, para así lograr una adaptación exitosa con lo planificado en la propuesta de este documento, estos lineamientos se realizaron de forma global, aclarando que, dependiendo del sector y la comunidad, estos deben ser ajustado, con el fin de garantizar una mitigación en el impacto que se pueda generar por determinada actividad y dependiendo de qué riesgo se presenta en dicho territorio.

Lograr esta adaptación al cambio climático es un gran reto, dado que es un proceso que va a estar en constante cambio dadas las condiciones presentadas. “Sin embargo, el costo de no actuar hoy con miras a la adaptación, será mayor en un futuro”(MinAmbient & IDEAM (Instituto de Hidrología, 2019).

Política Gestión Ambiental Urbana

Este artículo fue desarrollado por un equipo de trabajo del Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en el año 2008. En el cual se plantea una política ambiental para el desarrollo urbano sostenible.

Si bien las áreas urbanas son vistas como expresión de oportunidades de desarrollo económico y social, también es cierto que la conformación del sistema urbano colombiano se ha dado con una escasa planificación ambiental o de consideraciones ambientales, lo que ha derivado en innegables costos para el medio ambiente, tanto por los desordenados procesos de ocupación, como por las fuertes demandas de recursos que conllevan. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, 2008).

En el proceso de la formulación de esta política, se realizaron una recolección de datos pertinente, en los cuales se analizaron cuáles eran las problemáticas ambientales que se estaban teniendo en cada sector dependiendo de su desarrollo económico, dado que esto es una de los factores mas importantes que genera el incremento de la contaminación de las zonas urbanas. Ya definidos dichas problemáticas, se vio la necesidad de llevar un plan de manejo sobre el desarrollo urbano, por lo tanto, se crearon directrices para el desarrollo sostenible de las áreas urbanas.

Esta política “se propone para todo el territorio nacional y se orienta a definir principios e instrumentos de política pública, que permitan manejar y gestionar el medio ambiente al interior del perímetro urbano de las grandes, medianas y pequeñas áreas urbanas, acorde con sus características específicas y sus problemáticas ambientales actuales” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, 2008).

Para el plan de acción de esta política se realizarán evaluaciones periódicamente cada 4 años, teniendo en cuenta que inicialmente esta propuesta se realizó para una proyección de 12 años (año 2020). Esta se ejecutará con la programación de actividades, las cuales tiene como finalidad el alcance de metas específicas para cada etapa, con el cumplimiento de dichas etapas se desea desarrollar los objetivos propuestos.

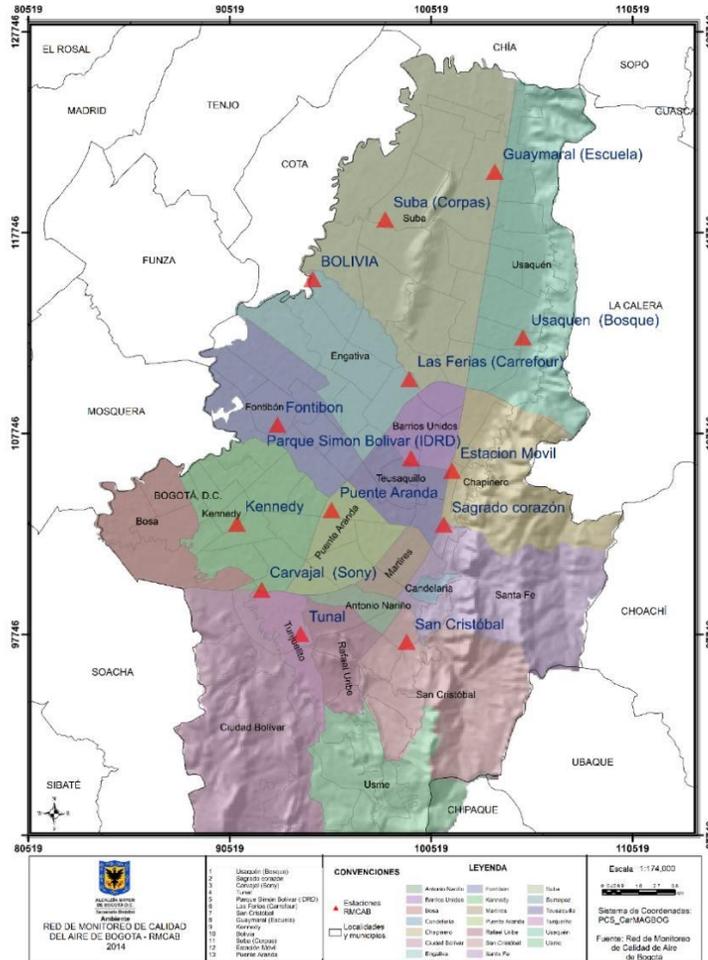
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB

La red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá, cuenta con 13 estaciones fijas y 1 estación móvil, ubicadas en diferentes puntos, estos “equipos de última tecnología que permiten realizar un monitoreo continuo de las concentraciones de material particulado (PM10, PST, PM2.5), de gases contaminantes (SO2, NO2, CO, O3) y de las variables meteorológicas de precipitación, velocidad y dirección del

viento, temperatura, radiación solar, humedad relativa y presión barométrica” (Secretaria Distrital de Ambiente, 2013).

A continuación, se muestra en mapa de Bogotá con la posición de cada una de a las 13 estaciones fijas de la red de monitoreo.

FIGURA 4: Mapa de Bogotá con localización de las 13 estaciones fijas de la red de monitoreo.



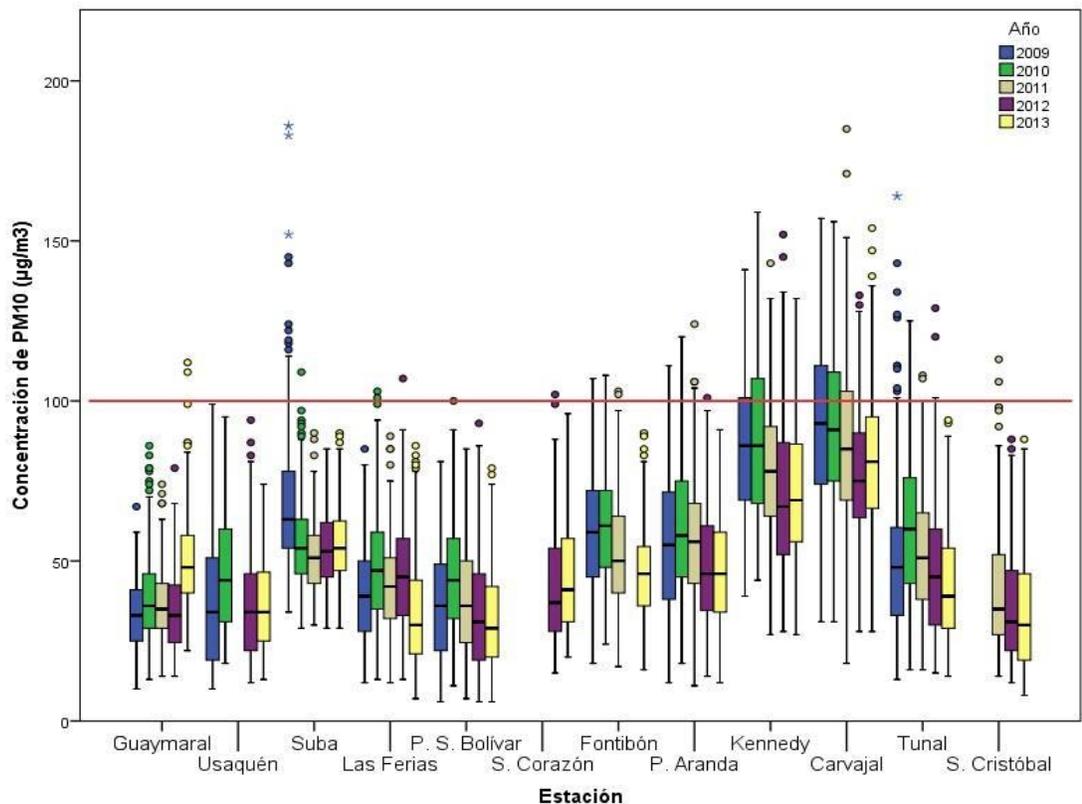
Fuente: (Secretaria Distrital de Ambiente, 2013).

En el siguiente gráfico se puede observar un histórico de registro obtenidos de concentraciones PM10, este gráfico representa los datos obtenidos en un periodo de tiempo desde el año 2009-2013.

Se puede observar que en términos generales existe una tendencia a la reducción progresiva en los niveles de concentración en los últimos años y para la mayoría de

estaciones. Sin embargo y comparando los dos últimos años 2012 y 2013, se puede apreciar que para las estaciones de San Cristóbal, Tunal, Fontibón, Parque Simón Bolívar y Las Ferias existe una reducción en los niveles de concentración; mientras que otras estaciones como Puente Aranda, Suba y Usaquén han permanecido constantes. Por su parte las estaciones Carvajal, Kennedy, Sagrado Corazón y Guaymaral presentaron aumentos en las concentraciones de 2013 en comparación a 2012 y además para el caso de Carvajal y Kennedy resultan los sitios de monitoreo en la ciudad con los mayores niveles de concentración con valores promedio de 81 y 71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y también en donde mayores excedencias a la norma diaria existen. (Secretaria Distrital de Ambiente, 2013).

FIGURA 5: Tabla de resultados históricos de concentraciones PM10.



Fuente: (Secretaria Distrital de Ambiente, 2013).

POLÍTICA PÚBLICA DE ECOURBANISMO Y CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE DE BOGOTÁ

Este documento fue elaborado en el año 2014, por un equipo de trabajo conformado por la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., Secretaría Distrital de Ambiente, secretaria distrital de Hábitat, Secretaría Distrital de Planeación.

En este documento se presenta una política pública, la cual desea incentivar el desarrollo de construcciones sostenibles y el ecourbanismo en Bogotá. Esta política se plantea viendo la necesidad de generar desarrollo urbano y rural, manteniendo el control sobre las consecuencias que esto traía consigo.

Esta idea nace cuando se analiza el contexto histórico en el cual han evolucionado las ciudades. Retrocediendo en el tiempo se puede ver como este problema viene desde que empezó la revolución industrial, se estima que la forma en cómo se genera desarrollo en las ciudades ha cambiado por las nuevas tecnologías, obteniendo consigo un cambio fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas naturales. Se identificó esta problemática, por ende, se decidió tomar acciones que generaran desarrollo en las ciudades y que la vez se mitigara el impacto que se estaba generando. Esto con el fin de que Bogotá tuviera un acercamiento a las nociones de sostenibilidad en el desarrollo urbano. Para lograr tal fin, se tomaron como base algunas normas a nivel nacional e internacional, las cuales están orientadas al derecho de un ambiente sano.

Tabla 6: Resumen Principales Normas, acuerdos y eventos relacionados con Asentamientos Humanos Sostenibles.

NACIONAL	INTERNACIONAL
CONPES 3242 de 2003. Estrategia Institucional para la venta de servicios ambientales de mitigación del cambio climático	Declaración Universal de Derechos Humanos (1948)
CONPES 3305 de 2005. Lineamientos para optimizar la política de Desarrollo Urbano	Convención sobre el Estatuto de los Refugiados (1951)
Visión Colombia 2019. Construir Ciudades Amables. 2006	Declaración de los Derechos del Niño (1959) y Convención sobre los Derechos del Niño (1990)
Política de Gestión Ambiental Urbana (PGAU). 2008	Organización Internacional del Trabajo (OIT), Recomendación 115 sobre la Vivienda de los Trabajadores (1961)

Continuación tabla número 6.

CONPES 3530 de 2008. Lineamientos y estrategias para fortalecer el servicio público de aseo en el marco de la Gestión Integral de Residuos Sólidos. 2008	Convención Internacional sobre la Eliminación de todas las Formas de Discriminación Racial (1965)
Política nacional de producción y consumo sostenible (PPCS). 2010	Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales - PIDESC (1966)
CONPES 3718 de 2012. Política Nacional de Espacio Público	Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos (1966)
CONPES 3700 de 2011. Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en Materia de Cambio Climático en Colombia	Declaración sobre el Progreso y el Desarrollo en lo social (1969)
Política nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (2012)	Declaración de Vancouver sobre los Asentamientos Humanos-Hábitat I (1976)
Reglamento Técnico de Eficiencia Energética para viviendas de Interés Social (RETEVIS)	Convención sobre la Eliminación de todas las Formas de Discriminación contra la Mujer (1979)
Plan Regional Integral de Cambio Climático de Bogotá – Cundinamarca (PRICC) 2013	Declaración sobre el Derecho al Desarrollo (1986) artículo 8
Inventario de Gases Efecto Invernadero GEI-2012	Convención Internacional sobre la protección de los derechos de todos los trabajadores migratorios y de sus familiares (1990)
Guía de Manejo Ambiental para el sector de la construcción – 2010	Principios de higiene de la vivienda (1990)
Guía para el Manejo de escombros en la ciudad de Bogotá – 2008	Observación General No. 4. Del Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (1991)
Programa Bogotá Construcción Sostenible. Resolución 5926 de 2011	Declaración de Estambul sobre los Asentamientos Humanos (1996)

Continuación tabla número 6.

Guía de Terrazas Verdes. 2011	Observación General No. 7 del Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales - CDESC (1997)
Resolución 1097 de 2009. Guía Ambiental del Hábitat Escolar-GAHE, propuesta de arquitectura escolar sostenible y “Construyendo Pedagogía – Estándares Básicos para Construcciones Escolares”	Declaración del Milenio de las Naciones Unidas (2000)
Constitución Política de Colombia (1991). Artículo 51. Vivienda Digna	Estambul+5 (2001)
Visión Colombia Segundo Centenario: 2019	Nacional/Distrital:
Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 Prosperidad para Todos	Política de Ciudades Amables (2006)
Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Decreto Nacional 926 de 2010	Cartilla Habitabilidad. MEPOT
Política Distrital de Salud Ambiental	
Modificación Excepcional del Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito Capital (2013)	

Fuente:(ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. et al., 2014)

Esta política parte del reconocimiento de que las necesidades materiales de la población pueden ser satisfechas sin ir en detrimento de los ecosistemas y tratando de reducir al máximo el costo ambiental derivado de las actividades productivas y de desarrollo. Esto debe ir acompañado del reconocimiento de las condiciones socioeconómicas diferenciales de la población. (ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. et al., 2014).

Para realizar la propuesta de esta política, se realizaron diferentes estudios como lo son: “diagnósticos, encuentros con sectores académicos, talleres con técnicos de entidades públicas y gremios de la

construcción, eventos distritales y sondeos de opinión virtuales que permitieron identificar las necesidades particulares de Bogotá en términos de urbanismo y arquitectura” (ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. et al., 2014)

FIGURA 6: Esquema de la estructura como se llevó a cabo la propuesta de política ecourbanismo y sostenibilidad.



Fuente: (ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. et al., 2014)

Esta propuesta de política pública, después de analizar las necesidades de la ciudad, de proponer las directrices para su manejo, establecido los parámetros de control de calidad para estimar la sostenibilidad que se genera con cada avance en industria, infraestructura y demás, presentes en la ciudad.

Data-driven building archetypes for urban building energy modelling

Este artículo fue elaborado por estudiantes del Royal Institute of Technology de Suecia, en el año 2019. Este equipo de trabajo, es un grupo de investigación de análisis y transiciones urbanas, del departamento de desarrollo sostenible y ciencias ambientales e ingeniería.

En este artículo se analizaron dos casos de modernización de edificios y electricidad calefacción. Esto con el fin de desarrollar diferentes modelos de construcción sean óptimos frente a las diferentes condiciones climáticas a los que son sometidos.

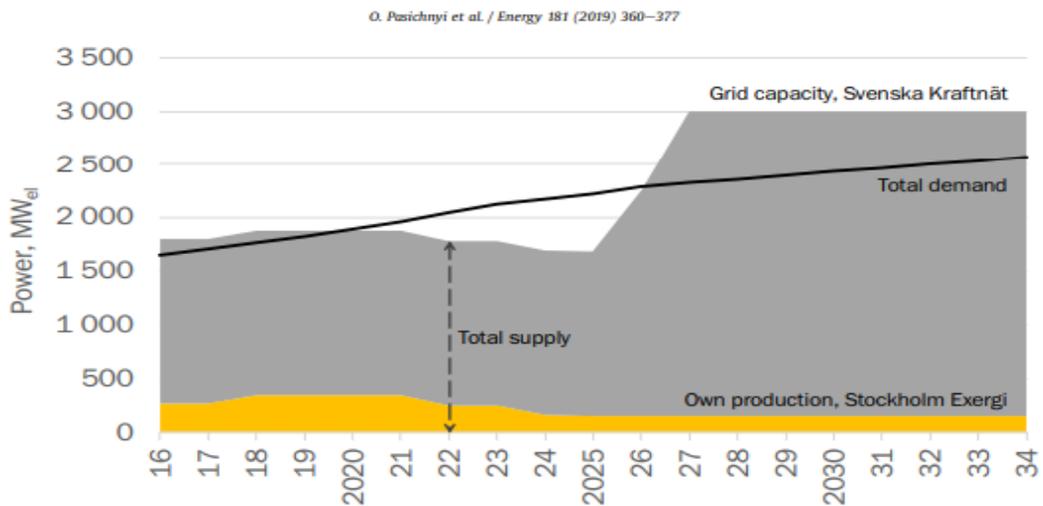
El rápido desarrollo de las tecnologías informáticas y de sensores ha creó un desafío de "big data" para ejecutar simulaciones de energía de edificios de una manera

convencional, que requiere nuevos enfoques para manejo y utilización de los datos. Una descripción completa de tipos de datos energéticos de edificios existentes y métodos para su colección son descritas por Mantha et al. UBEM ha surgido en últimos años como un híbrido eficiente de estadísticas de arriba hacia abajo y enfoques de ingeniería ascendentes. Se espera que se convierta Una herramienta de planificación principal para los servicios públicos de energía(Pasichnyi, Wallin, & Kordas, 2019).

El primer caso que se analizó en Estocolmo, fue el del ahorro que se generaría con la modernización de las edificaciones. Esto se realizó mediante una demostración de varios grupos típicos de edificios existentes y unos modernizado. Este análisis se realizó dado que se estima que el 40% de las emisiones totales de los gases de efecto invernadero (GEI), eran producto del calentamiento y enfriamiento del parque de edificios ya existentes. “Este caso abordó el potencial para Mejorar la eficiencia energética del edificio a través de la construcción a gran escala” (Pasichnyi et al., 2019).

Mientras para el caso dos se analizó la calefacción eléctrica, se propuso una reconstrucción de las redes eléctricas, ya que esto mejoraría la capacidad de la red existente cumpliendo con la demanda de la población. En la siguiente figura se muestra como esta reconstrucción logro un mejoramiento, respecto a la red existente.

FIGURA 7: Balance de capacidad de potencia en la red de Estocolmo.



Fuente: (Pasichnyi et al., 2019)

Building automation systems as tool to improve the resilience from energy behavior approach

Este artículo fue elaborado por estudiantes de la Universidad Industrial de Santander (Bucaramanga, Colombia), en el año 2015.

El objetivo principal de este artículo es mostrar cómo se hace de gran importancia los sistemas de automatización de edificios (BAS) en los nuevos diseños de construcción. Estos sistemas es una gran herramienta para afrontar los cambios temporales o permanentes a los que se puede enfrentar una edificación, garantizando el bienestar y confort de quienes lo habitan.

Actualmente, los edificios demandan alrededor del 40% de energía, por lo tanto, es necesario que los existentes y nuevos edificios reducen el consumo de energía. Esto es posible desde la implementación de aplicaciones con el objetivo de un uso racional de energía, que puede ser energía renovable en el sitio, estrategias pasivas, sistemas eficientes y sistemas híbridos inteligentes.(Osma, Amado, Villamizar, & Ordoñez, 2015).

Una de las grandes ventajas de los sistemas BAS, es que se puede aprovechar al máximo las condiciones climáticas presentes, como lo son: “iluminación natural y ventilación natural para reducir el consumo de energía mediante iluminación y sistemas de aire acondicionado” (Osma et al., 2015). Esto con el fin de incrementar el nivel de sostenibilidad de las edificaciones.

El BAS monitorea principalmente variables como lo son: las condiciones micro climáticas, nivel de iluminación, hábitos de los usuarios, temperatura, humedad, concentración de CO2, consumo de energía.

A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos de la implementación de los sistemas BAS en diferentes edificaciones, en diferentes ciudades.

Tabla 7: Descripción de algunas aplicaciones automatizadas de energía exitosas en edificios.

AÑO	CIUDAD	TIPO DE TRABAJO	APROXIMACIONES	RECOMENDACIONES
2010	Portugal	Educativo / Diseño y simulación	Gestión energética	Integración de varias fuentes de energía (renovables y convencional) para reducir el consumo de energía convencional.

Continuación tabla número 7.

2014	Italia	Oficina / Diseño y simulación	Eficiencia energética de la iluminación. sistema	Integración de la luz natural con iluminación artificial desde automatizado sistema híbrido. Ahorro energético entre 17% y 32%.
2013	Grecia	Comercial / Piloto	Eficiencia energética de la iluminación. y sistemas de climatización.	Sistema integrado de eficiencia energética dirigido a la reducción de los picos de demanda y los costos de operación.
2014	Colombia	Oficina / Edificio verde	Eficiencia energética de la iluminación. sistema	Integración de la luz natural con iluminación artificial desde automatizado sistema híbrido. Ahorro energético en torno al 70%.
2011	Brasil	Comercial / Simulación	Eficiencia energética de la iluminación. sistema	Integración de la luz natural con iluminación artificial desde automatizado sistema híbrido. Ahorro de energía alrededor del 23%
2013	USA	Oficina / Piloto	Eficiencia energética de la iluminación. sistema	Integración de la luz natural con iluminación artificial desde automatizado sistema híbrido. Ahorro de energía alrededor del 20%.

Fuente:(Osma et al., 2015).

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

En 2015, la ONU aprobó la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, una oportunidad para que los países y sus sociedades emprendan un nuevo camino con el que mejorar la vida de todos, sin dejar a nadie atrás. La Agenda cuenta con 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, que incluyen desde la eliminación de la pobreza hasta el

combate al cambio climático, la educación, la igualdad de la mujer, la defensa del medio ambiente o el diseño de nuestras ciudades (ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAD (ONU), 2015).

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible, también conocidos como Objetivos Mundiales, se adoptaron por todos los Estados Miembros en 2015 como un llamado universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad para 2030.

Los 17 ODS están integrados, ya que reconocen que las intervenciones en un área afectarán los resultados de otras y que el desarrollo debe equilibrar la sostenibilidad medio ambiental, económica y social (PRGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO, 2015).

Los ODS son los siguientes:

1. Fin de la pobreza.
2. Hambre cero.
3. Salud y bienestar.
4. Educación de calidad.
5. Igualdad de género.
6. Agua limpia y saneamiento.
7. Energía asequible y contaminante.
8. Trabajo decente y crecimiento económico.
9. Industria innovación e infraestructura.
10. Reducción de las desigualdades.
11. Ciudades y comunidades sostenibles.
12. Producción y consumo responsable.
13. Acción por el clima.
14. Vida submarina.
15. Vida de ecosistema terrestre.
16. Paz, justicia e instituciones sólidas.
17. Alianzas para lograr los objetivos.

1. OPENSTUDIO

Este programa permite la simulación energética a partir de un modelo creado en SketchUp, en un primer paso se realiza el modelo geométrico del edificio y posteriormente se exporta al OpenStudio que dispone de las herramientas necesarias para editar el modelo y realizar la simulación del mismo. Este programa es empleado por el U.S. Department of Energy para realizar la simulación y análisis del comportamiento energético de edificios para los servicios de calefacción, refrigeración, iluminación y ventilación y se basa en el motor de cálculo EnergyPlus. Permite obtener y analizar datos meteorológicos de cualquier lugar del mundo, para obtener diagramas bioclimáticos y poder plantear estrategias de diseño pasivo en edificio (Salmerron, 2019).

2. DESIGNBUILDER

Es un programa muy práctico para optimizar el diseño eficiente de edificios, que permite realizar simulaciones dinámicas del comportamiento térmico de los mismos, bien sólo con soluciones pasivas o con determinados sistemas de climatización. El mismo emplea el motor de simulación de EnergyPlus, con un generador de modelos tridimensionales y una interfaz fácil de usar.

Permite evaluar de forma detallada la ventilación natural del edificio para valorar su impacto sobre el confort en el interior del mismo. Se pueden obtener análisis comparativos de diferentes propuestas de configuración arquitectónica, considerando la ubicación en la zona, orientación, distribución espacial, etc.

Calcula el consumo de energía y las emisiones de CO₂ del edificio, para unos sistemas de climatización concretos y para el uso de las luminarias y otros equipos, así como evaluar el comportamiento térmico de una configuración determinada, estudiando el impacto que tendrían determinados elementos de obstrucción solar que puedan existir en el entorno.(Crawley, Lawrie, Pedersen, & Winkelmann, 2000).

3. ECOTECT

Es un software que permite el diseño pasivo y eficiente de edificio con una interfaz muy intuitiva que la que posee DesignBuilder, permitiendo la exportación del modelo a otros programas de simulación que funcionan con el motor de cálculo Energyplus. Permite obtener y analizar datos meteorológicos de cualquier lugar del mundo, para obtener diagramas bioclimáticos y poder plantear estrategias de diseño pasivo en edificio y posteriormente comprobar y calcular cualquier elemento previamente aplicado al edificio con dichas variables.

Para analizar consumos energéticos sólo puede obtener una aproximación a la realidad, los resultados no pueden considerarse absolutos, de manera que son menos exactos que los obtenidos con DesignBuilder, debido a que este último permite un mayor abanico de posibilidades en referente a variables de cálculo, así como especificaciones que pueden considerarse.(Salmerron, 2019).

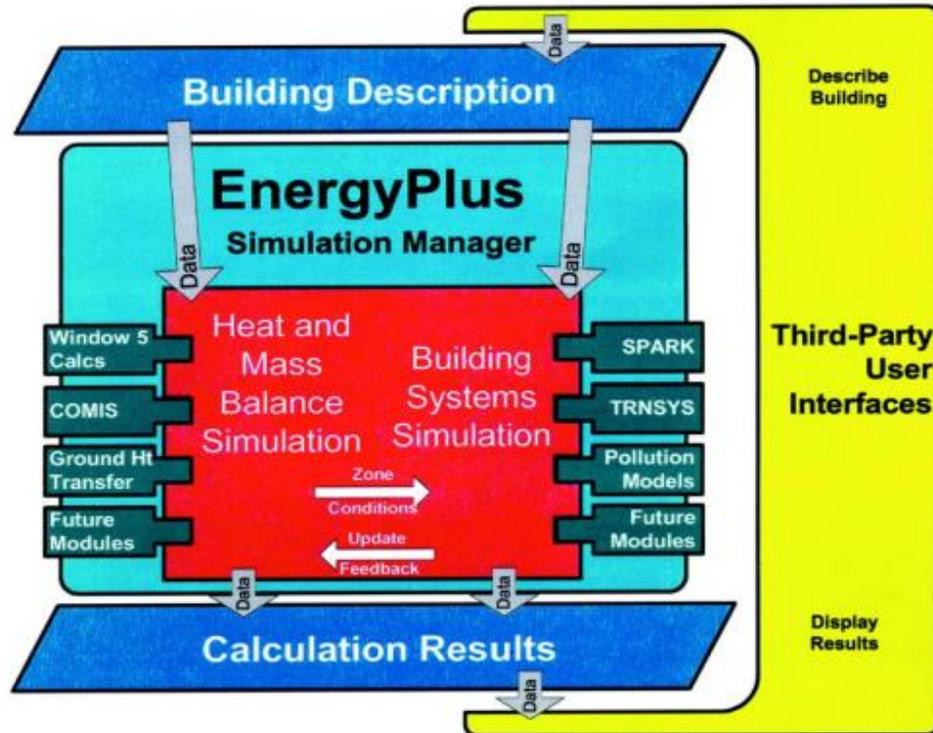
4. ENERGYPLUS

EnergyPlus es un nuevo programa de simulación de rendimiento de edificios que combina las mejores capacidades y características de BLAST y DOE – 2 junto con nuevas capacidades. Uno de los principales objetivos de EnergyPlus es para crear una estructura modular bien organizada que facilite agregar características y enlaces a otros programas. (Crawley et al., 2000).

Algunas de las variables que EnergyPlus mejoro de algunos simuladores anteriores son: temperatura ambiente más precisa, cálculo de cargas, predicción de temperaturas en los diferentes espacios, evaluación de sistemas y tamaño de la planta, comodidad y salud de los ocupantes. Además de esto se tiene en cuenta otras variables propias del simulador como lo son: controles realistas del sistema, flujo de aire entre zonas, sistemas de calefacción y refrigeración radiantes, adsorción y desorción de humedad en elementos de construcción.

A continuación, se mostrará un esquema, de cómo es la estructura general del simulador EnergyPlus.

FIGURA 8: Estructura general de EnergyPlus.



Fuente: (Crawley et al., 2000)

5. TRYNSIS

Es un programa de simulación de sistemas transitorios con una estructura modular. Incluye muchos de los componentes que se encuentran comúnmente en los sistemas de energía térmica y eléctrica, así como las rutinas de componentes para manejar la entrada de datos meteorológicos u otras funciones de forzamiento dependientes del tiempo y la salida de resultados de simulación, se ha utilizado ampliamente, pero definitivamente no se limita a simular procesos solares y otras energías renovables, edificios de alto rendimiento y generación de energía eléctrica.

Es uno de los programas de simulación enumerados en las recientes Normas europeas sobre sistemas solares térmicos (ENV-12977-2). El nivel de detalle del modelo de construcción de TRNSYS, conocido como "Tipo 56", cumple con los requisitos de la Norma ANSI / ASHRAE 140-2001. El nivel de detalle del Tipo 56 también cumple con los requisitos técnicos generales de la Directiva Europea sobre el Rendimiento

Energético de los Edificios, lo que convierte a TRNSYS en un candidato potencial para el cumplimiento de las implementaciones de la directiva en varios países de la UE.(THE UNIVERSITY OF WISCONSIN MADISON, 2019).

6. MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se definirá el significado de algunos términos, dentro del contexto que se maneja en este trabajo de investigación.

Tabla 8: Definición de alguna terminología utilizada en el desarrollo del trabajo.

TERMINO	DEFINICION	FUENTE
ADAPTACIÓN	Ajuste de los sistemas naturales o humanos en respuesta a los estímulos climáticos reales o esperados, o a sus efectos, que atenúa los efectos perjudiciales o explota las oportunidades beneficiosas.	(Segunda comunicación Nacional ante la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climatico., 2011)
AMENAZA	Peligro latente que representa la probable manifestación de un fenómeno físico de origen natural, socio-natural o antropogénico, que se anticipa y puede producir efectos adversos en las personas, la producción, la infraestructura y los bienes y servicios.	(Segunda comunicación Nacional ante la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climatico., 2011)
ANÁLISIS DE RIESGO	Análisis de amenazas y de vulnerabilidades componen facetas del análisis de riesgo y deben estar articulados con este propósito y no comprender actividades separadas e independientes.	(Segunda comunicación Nacional ante la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climatico., 2011)
ANTROPÓGENO	También denominado antrópico. Es el resultado de las actividades del ser humano o producido por éste.	(Segunda comunicación Nacional ante la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climatico., 2011)

Continuación tabla número 8.

<p>CAMBIO CLIMÁTICO</p>	<p>El cambio climático se refiere a un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad climática natural observada durante periodos de tiempo comparables</p>	<p>(Segunda comunicación Nacional ante la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climatico., 2011)</p>
<p>CAPACIDAD ADAPTATIVA AL CAMBIO CLIMÁTICO</p>	<p>Capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluso a la variabilidad del clima y a los episodios extremos) para mitigar posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias</p>	<p>(Segunda comunicación Nacional ante la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climatico., 2011)</p>
<p>DESARROLLO SOSTENIBLE</p>	<p>Desarrollo que cubre las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para atender a sus propias necesidades</p>	<p>(Segunda comunicación Nacional ante la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climatico., 2011)</p>
<p>IMPACTOS (DE UN CAMBIO CLIMÁTICO)</p>	<p>Efectos de un cambio climático sobre los sistemas humanos y naturales.</p>	<p>(Segunda comunicación Nacional ante la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climatico., 2011)</p>
<p>MITIGACIÓN</p>	<p>Intervención humana destinada a reducir las fuentes o intensificar o potenciar los sumideros de gases de efecto invernadero.</p>	<p>(Segunda comunicación Nacional ante la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climatico., 2011)</p>

Continuación tabla número 8.

<p>REDUCCIÓN DE ESCALA</p>	<p>Método consistente en extraer información en escalas local a regional (de 10 a 100 km) de modelos o análisis de datos de mayor escala.</p>	<p>(Segunda comunicación Nacional ante la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climatico., 2011)</p>
<p>VARIABILIDAD CLIMÁTICA</p>	<p>Hace referencia a las variaciones del estado medio y a otras características estadísticas (desviación típica, sucesos extremos, coeficiente de variación, etc.) del clima en todas las escalas temporales y espaciales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos.</p>	<p>(Segunda comunicación Nacional ante la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climatico., 2011)</p>
<p>VULNERABILIDAD</p>	<p>Grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y en particular la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad dependerá del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático a que esté expuesto un sistema, y de su sensibilidad y capacidad de adaptación</p>	<p>(Segunda comunicación Nacional ante la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climatico., 2011)</p>

Fuente propia.

7. MARCO LEGAL

Tabla 9: Documentación legal que se debe tener en cuenta para el diseño de una edificación con certificación LEED.

ENTIDAD	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	FUENTE
MINAMBIENTE	LEY 23 DE 1973	Es objeto de la presente ley prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del Territorio Nacional	(Congreso de Colombia, 2018)
MINAMBIENTE	LEY 99 DE 1993	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones	(Congreso de Colombia, 1993)
MINAMBIENTE	LEY 306 DE 1996	Por medio de la cual se aprueba la "Enmienda de Copenhague al Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de Ozono", suscrito en Copenhague, el 25 de noviembre de 1992	(Congreso de Colombia, 1996a)

Continuación tabla número 9.

MINAMBIENTE	LEY 223 DE 1995	Los equipos y elementos nacionales o importados que se destinen a la construcción, instalación, montaje y operación de sistemas de control y monitoreo, necesarios para el cumplimiento de disposiciones, regulaciones y estándares ambientales vigentes, para lo cual deberá acreditarse tal condición ante el Ministerio del Medio Ambiente	(Congreso de Colombia, 1995)
MINAMBIENTE	LEY 308 DE 1996	por la cual se modifica parcialmente el artículo 367 del Código Penal y se tipifica con conducta delictiva la del Urbanizador Ilegal	(Congreso de Colombia, 1996b)
MINAMBIENTE	LEY 400	La presente ley establece criterios y requisitos mínimos para el diseño, construcción y supervisión técnica de edificaciones nuevas, así como de aquellas indispensables para la recuperación de la comunidad con posterioridad a la ocurrencia de un sismo, que puedan verse sometidas a fuerzas sísmicas y otras fuerzas impuestas por la naturaleza o el uso, con el fin de que sean capaces de resistirlas, incrementar su resistencia a los efectos que éstas producen, reducir a un mínimo el riesgo de la pérdida de vidas humanas, y defender en lo posible el patrimonio del Estado y de los ciudadanos.	(Congreso de Colombia, 1997d)

Continuación tabla número 9.

MINAMBIENTE	LEY 388 DE 1997	Armonizar y actualizar las disposiciones contenidas en la Ley 9ª de 1989 con las nuevas normas establecidas en la Constitución Política, la Ley Orgánica del Plan de Desarrollo, la Ley Orgánica de Áreas Metropolitanas y la Ley por la que se crea el Sistema Nacional Ambiental.	(Congreso de Colombia, 1997c)
MINAMBIENTE	LEY 373 DE 1997	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.	(Congreso de Colombia, 1997b)
MINAMBIENTE	LEY 507	Por la cual se modifica la Ley 388 de 1997.	(Congreso de Colombia, 1999)
MINAMBIENTE	LEY 629 DE 2000	Por medio de la cual se aprueba el "Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecho en Kyoto el 11 de diciembre de 1997.	(Congreso de Colombia, 2000b)
MINAMBIENTE	LEY 614	Por medio de la cual se adiciona la Ley 388 de 1997 y se crean los comités de integración territorial para la adopción de los planes de ordenamiento territorial.	(Congreso de Colombia, 2000a)
MINAMBIENTE	LEY 675	La presente ley regula la forma especial de dominio, denominado propiedad horizontal, en la que concurren derechos de propiedad exclusiva sobre bienes privados y derechos de copropiedad sobre el terreno y los demás bienes comunes, con el fin de garantizar la seguridad y la convivencia pacífica en los inmuebles sometidos a ella, así como la función social de la propiedad.	(Congreso de Colombia, 2001)

Continuación tabla número 9.

MINAMBIENTE	LEY 902	Las normas urbanísticas regulan el uso, la ocupación y el aprovechamiento del suelo y definen la naturaleza y las consecuencias de las actuaciones urbanísticas indispensables para la administración de estos procesos.	(Congreso de Colombia, 2004)
MINAMBIENTE	LEY 1469	Facilitar la ejecución de operaciones urbanas integrales en las cuales confluyan en forma coordinada la iniciativa, organización y gestión de la Nación, las entidades territoriales, las áreas metropolitanas, los particulares, las autoridades ambientales y las empresas de servicios públicos domiciliarios con la política nacional urbana, a fin de promover la sostenibilidad del desarrollo territorial y urbano, controlar la especulación del suelo, velar por la defensa del espacio público y la protección del medio ambiente y promover una política integral de la gestión del riesgo.	(Congreso de Colombia, 2011)

Continuación tabla número 9.

MINAMBIENTE	LEY 1931	La presente ley tiene por objeto establecer las directrices para la gestión del cambio climático en las decisiones de las personas públicas y privadas, la concurrencia de la Nación, Departamentos, Municipios, Distritos, Áreas Metropolitanas y Autoridades Ambientales principalmente en las acciones de adaptación al cambio climático, así como en mitigación de gases efecto invernadero, con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas del país frente a los efectos del mismo y promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y un desarrollo bajo en carbono	(Congreso de Colombia, 2018)
MINAMBIENTE	DECRETO 3102	Por el cual se reglamenta el artículo 15 de la Ley 373 de 1997 en relación con la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua.	(Congreso de Colombia, 1997a)
MINAMBIENTE	CONPES 3819	El presente documento somete a consideración del Consejo Nacional de Política Económica y Social – CONPES la “Política Nacional para Consolidar el Sistema de Ciudades en Colombia”, dada la importancia de las ciudades para el desarrollo económico, social y ambiental del país y sus regiones; y sus aportes para el desarrollo del campo	(Consejo Nacional de política económica. Departamento Nacional de planeación., 2014)

Continuación tabla número 9.

MINAMBIENTE	CONPES 3919	La presente política busca impulsar la inclusión de criterios de sostenibilidad dentro del ciclo de vida de las edificaciones, a través de instrumentos para la transición, seguimiento y control, e incentivos financieros que permitan implementar iniciativas de construcción sostenible con un horizonte de acción hasta el 2025.	(Consejo Nacional de política económica. Departamento Nacional de planeación., 2018)
-------------	-------------	---	--

Fuente propia.

8. OBJETIVOS

GENERAL

Analizar el registro histórico (2012-2019) de la información meteorológica, que fundamenta el diseño de edificios con certificación LEED en una zona específica de la ciudad de Bogotá.

ESPECIFICO

- Recolectar la documentación necesaria, respecto al adecuado control y mantenimiento de las estaciones identificadas cerca al Cubo Colsubsidio que se encuentran en funcionamiento (cea cant.est.aero, Universidad Santo Tomas, Edificio CAR, Universidad Nacional).
- Registrar y manejar datos meteorológicos, mediante la estación instalada en el edificio El Cubo Colsubsidio, además de las estaciones ubicadas en cercanías de dicha estructura (cea cant.est.aero, Universidad Santo Tomas, Edificio CAR, Universidad Nacional).
- Analizar a través de método comparativo la información de las estaciones identificadas en la cercanía del edificio el cubo Colsubsidio (cea cant.est.aero, Universidad Santo Tomas, Edificio CAR, Universidad Nacional), con el fin de corroborar la veracidad de los datos registrados por la estación instalada en el Cubo Colsubsidio.
- Analizar los datos registrados en los últimos siete años por las estaciones identificadas en la zona cerca a la ubicación del edificio el cubo del Colsubsidio, para evidenciar si ha existido un cambio climático durante dicho periodo de tiempo.

9. ALCANCES Y LIMITACIONES

ALCANCE

El presente proyecto tiene como fin analizar la veracidad de los datos obtenidos de una estación climatológica instalada en el edificio El Cubo Colsubsidio, el día 11 de agosto del presente año (20019). En este proyecto se recolectará datos de estaciones climatológicas que se encuentran en Bogotá, además de la información técnica de las mismas (periodos de mantenimiento, calibración de los equipos, variables que se registran, esta de funcionamiento, entre otros), durante un periodo de tiempo que se define desde que el edificio de Colsubsidio entro en funcionamiento hasta la fecha presente. con el fin de obtener parámetros comparativos con respecto a la estación ubicada en el edificio de Colsubsidio.

El desarrollo de este proyecto se realizará en las instalaciones de la Universidad Católica de Colombia, dado que la estación ubicada en el edificio de Colsubsidio, esta sistematizada y envía el registro de datos vía web, a un correo registrado.

Se tomó como referencia el proyecto “ANÁLISIS DE LAS ESTRATEGIAS DE: SOSTENIBILIDAD Y GESTIÓN EMPRESARIAL, APLICADA A LOS EDIFICIOS CERTIFICADOS LEED”, el cual está orientado por la ingeniera Isabel Cristina Cerón Vinasco.

LIMITACIONES

El proceso establecido para le recolección de información pertinente de las diferentes estaciones ubicadas en la ciudad de Bogotá, se estima un tiempo aproximado de 4 días hábiles para la respuesta a la solicitud, bien sea para la entrega de la información, o el permiso para realizar las vistas técnicas correspondientes.

Adicionalmente no se encuentra toda la información solicitada respecto a las estaciones en funcionamiento, teniendo en cuenta que hay unas que se encuentra fuera de operación.

10. METODOLOGÍA

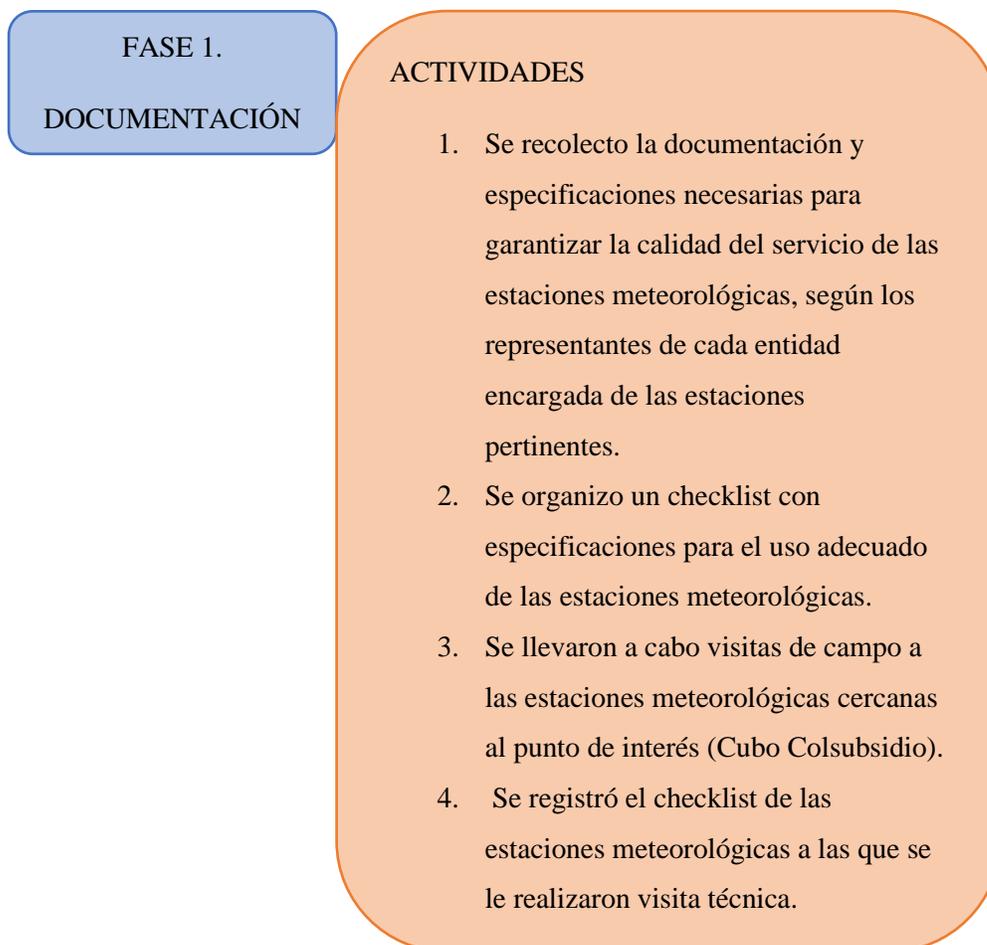


FIGURA 9: Fase uno (1) de la metodología (DOCUMENTACIÓN), primera fase que se realizó para el desarrollo de este proyecto, fuente: propia.

En la fase uno (documentación), se plantearon las actividades propuestas en el esquema. Dichas actividades están enfocadas para adquirir la información necesaria de cada estación a evaluar, haciendo referencia a que tipos de variables miden, conocer si el mantenimiento que se les brinda es el adecuado, determinar si el sitio de instalación es el más óptimo para un funcionamiento adecuado, estimar parámetros de comparación durante un periodo determinado en cuanto a la medición de datos y que posibles causas podrían generar una variación en la lectura de datos.

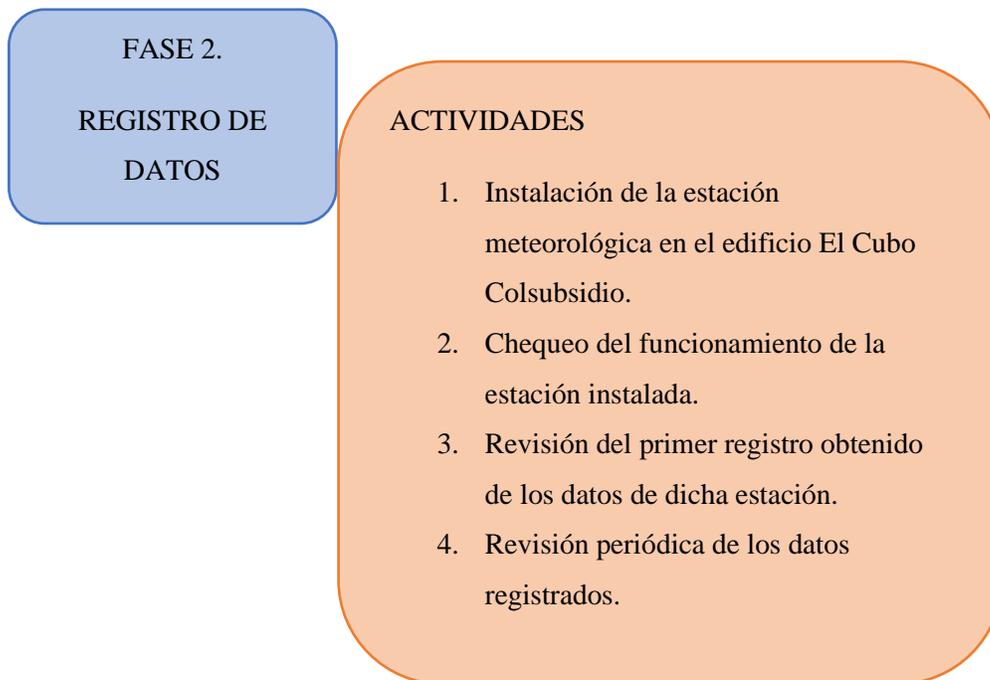


FIGURA 10: Fase dos (2) de la metodología (REGISTRO DE DATOS), segunda fase que se realizó para el desarrollo de este proyecto, fuente: propia.

A continuación, se mostrará la bitácora donde se muestra los procesos que se llevaron a cabo para la recolección de la información requerida por este proyecto, haciendo claridad que del mapa de estaciones que se propuso seleccionar para el desarrollo de este proyecto, se pudo concretar la información y visita técnica de la estación de la Universidad Nacional (21205012-2120622). Cabe mencionar que de esta estación se obtuvo información de la estación automática y convencional.

Tabla 10: Bitácora de los procesos relevantes que se llevaron a cabo para obtener la información necesaria de las estaciones.

BITÁCORA DE LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	
FECHA	DESCRIPCIÓN
09-agosto-2019	<p>Instalación de la estación en el cubo Colsubsidio</p> <p>Se realizó el respectivo proceso de instalación de la estación en el edificio el Cubo de Colsubsidio, en compañía del ingeniero Camilo Rodríguez y la ingeniera Isabel Cristina Ceron, además de la supervisión de los funcionarios del mismo edificio.</p> <p>De este procedimiento se tomó el registro fotográfico pertinente, el cual se podrá observar en las figuras del anexo 1.</p> <p>Mediante el radar que pertenece a esta estación, se realizó la comprobación del funcionamiento de la misma, se verifico que variables se estaban midiendo. Este artefacto se ubicó en una oficina cercana al lugar de instalación de la estación, dado que este no podía estar a una distancia mayor a 300m.</p>
20-enero-2020	<p>Solicitud de visitas técnicas.</p> <p>Se envió un correo pertinente a la página del IDEAM (al correo de atención al usuario - atencionalciudadano@ideam.gov.co), en el cual se explica cuál era el fin de realizar la visita técnica a este punto, también explicando como seria la dinámica que se llevaría a cabo para el desarrollo de dicha visita. Esta solicitud de visita era para observar las instalaciones de la estación de la Universidad Nacional.</p> <p>En este mismo día se envió un correo a la entidad de la CAR (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca), este correo fue enviado a la plataforma de atención al usuario (sau@car.gov.co). Con la misma información y solicitud que se hizo con la estación del IDEAM, explicando el motivo de la visita técnica, como se desarrollaría la dinámica de la visita. Esta solicitud se hizo para realizar la visita a la estación Edificio CAR.</p> <p>Además de esta estación, también se solicitó la visita técnica a la estación de la Universidad Santo Tomas, dado que esta estación se encuentra a cargo de esta misma entidad (CAR).</p> <p>En esta misma fecha se envió un correo a la Aeronáutica Civil, dependencia de atención al usuario, solicitando la visita técnica e información de la estación CEA CANT.EST.AERO, en dicho correo se explica el motivo de la visita y la dinámica de la misma, solicitando el acompañamiento de algún miembro de la entidad.</p>

Continuación tabla número 10.

<p>22-enero-2020</p>	<p>Respuesta de los correos.</p> <p>Se recibió respuesta por parte del IDEAM y la CAR, en los que se informaba el procedimiento a seguir para realizar la visita, solicitando una carta donde fuera más específico la explicación del motivo de la visita y la dinámica de desarrollo de la misma.</p> <p>En el IDEAM nos contactó el funcionario Fabio Torres, de quien se recibió una llamada, en la que nos solicitaba la información ya mencionada, además de explicarnos como se podía realizar la visita, además de informarnos con unas fechas propuestas para el desarrollo de la misma.</p> <p>La respuesta que se recibió por parte de la CAR fue que nos remitiéramos con el funcionario Nicoyan Silva, quien era el encargado de la parte hidrológica de la entidad. Inmediatamente nos comunicamos con él, explicándole el motivo y dinámica de la visita.</p> <p>Nos informa que la estación Edificio CAR había sido cancelada, mientras que para la estación de la Universidad Santo Tomas nos informó que debíamos esperar a que la universidad iniciara con el calendario académico.</p>
<p>24-enero-2020</p>	<p>Diseño de la encuesta para la visita técnica (check list).</p> <p>Se diseño una encuesta que se encuentra formulada en tres partes, una parte de gestión, en la cual se realizaron preguntas orientadas a obtener información sobre como la entidad encargada de la respectiva estación gestiona la información que emite la esta misma, como controlan la estación, a quien asignan para controlar los datos y la estación. La segunda parte de esta encuesta es una parte técnica, la cual está diseñada para obtener información respecto a cómo funciona la estación, que conocimientos técnicos mínimos debe tener los encargados de manipular las estaciones y la información emitida por las mismas, además de conocer cómo se debe realizar el mantenimiento pertinente, con qué frecuencia lo hacen, quien es el encargado de esto, en qué condiciones se debe realizar dicho mantenimiento, entre otros. La última parte de la encuesta es la de tecnología, esta parte es orientada a conocer que parámetros mide las estaciones, tiempo en que emite información, posible existencia de algún tipo de tecnología especial con las que cuente dichas estaciones, entre otras.</p> <p>El modelo de entrevista se puede observar en las figuras del anexo 2.</p>
<p>27-enero-2020</p>	<p>Presentación de la encuesta de la visita.</p> <p>Se envió un correo al señor Fabio Torres (funcionario del IDEAM), donde se le informaba de la estructuración de la encuesta que se deseaba desarrollar durante la visita técnica a la Universidad Nacional, esperando la aprobación por parte de él.</p> <p>Se recibió respuesta inmediata, mediante una llamada que el funcionario nos realizó, nos informa la aprobación de la visita, asignándonos la visita para el día 31 de enero del 2020, la cual iba a contar con el acompañamiento del técnico Edgar Rivera Lara.</p>

Continuación tabla número 10.

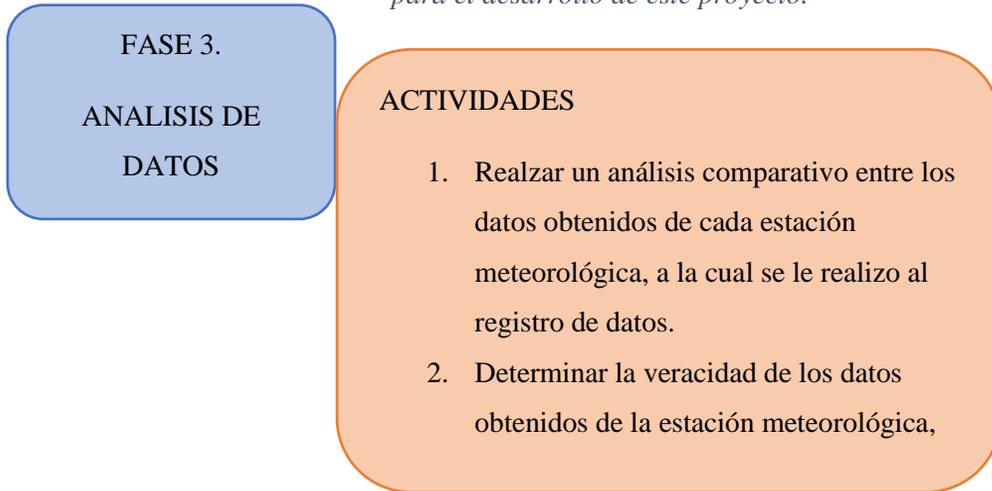
<p>28-enero-2020</p>	<p>Respuesta de los correos.</p> <p>Se recibió respuesta por parte de la Aeronáutica Civil, esta respuesta fue mediante una llamada de parte del señor Juan Pulido (funcionario de la entidad), en la que nos solicitó más información respecto al desarrollo y fin de la visita técnica.</p> <p>Nos informa que no se podría realizar la visita a esta estación, dado que estaba cancelada, nos propuso otra estación ubicada en el aeropuerto el Dorado, especificando que nos podría brindar información de la misma, ya que, para realizar la visita, se requería de un permiso especial, además de tener un costo económico.</p> <p>Se sugirió que nos colaborara con el desarrollo de la encuesta y nos brinda la información emitida por la misma estación, la sugerencia fue admitida. Se envió un correo con la encuesta, además de solicitarle la información de la estación.</p>
<p>31-enero-2020</p>	<p>Visita técnica estación de la Universidad Nacional.</p> <p>Se realizó la visita técnica a la estación de la Universidad Nacional en compañía del técnico Edgar Rivera Lara.</p> <p>En esta visita se observó las condiciones de la locación en la que se encuentra instalada la estación, se tomó registro fotográfico de la misma (anexo 3). Se realizó una explicación minuciosa por parte del técnico sobre el funcionamiento de dicha estación, además de mostrar cada uno de los elementos que mide cada variable de dicha estación. Durante este proceso de explicación se iba realizando la encuesta requerida por parte del visitante (anexo 4), dicha entrevista fue debidamente registrada, grabada con la autorización del entrevistado.</p> <p>A la fecha no se recibía respuesta alguna por parte de los encargados de las estaciones de la Universidad Santo Tomas y aeropuerto el Dorado, a manera personal se realizó el comentario con el técnico que acompañaba esta visita. Muy amablemente él nos quiso ayudar sugiriéndonos que tomáramos otras estaciones que estuvieran a cargo del IDEAM. Llegando a un mutuo acuerdo se decidió visitar la estación ubicada en el Jardín Botánico el día 4 de febrero del 2020, esto en compañía del mismo técnico (el señor Edgar Rivera Lara).</p> <p>Ya tomada la decisión de tomar en cuenta la estación del Jardín Botánico, aun se dese intentar obtener la información de las estaciones del aeropuerto y la Universidad Santo Tomas, nos comunicamos vía una llamada telefónica con las mismas personas que con anterioridad se habían comunicado con nosotros. Nos brindan la misma información que la vez anterior (enviar por correo encuesta y solicitud de información), nuevamente se reenvía el correo con la encuesta y la solicitud.</p>

Continuación tabla número 10.

<p>04-febrero-2020</p>	<p>Visita técnica estación de la Jardín Botánico.</p> <p>Se realizo la visita técnica a la estación de la Jardín Botánico en compañía del técnico Edgar Rivera Lara.</p> <p>En esta visita se observó las condiciones de la locación en la que se encuentra instalada la estación, se tomó registro fotográfico de la misma (anexo 5). Se realizo una explicación minuciosa por parte del técnico sobre el funcionamiento de dicha estación, además de mostrar cada uno de los elementos que mide cada variable de dicha estación. Durante este proceso de explicación se iba realizando la encuesta requerida por parte del visitante (anexo 7), dicha entrevista fue debidamente registrada, grabada con la autorización del entrevistado.</p> <p>Gracias a la colaboración del técnico que nos acompañó en esta visita, pudimos tener acceso a los formatos que maneja la estación para el registro de datos de variables como: precipitación, temperatura y humedad, además de los formatos que usa el observador para registrar dichos datos y algunas de las recomendaciones que se le hacen al observador para que tenga en cuenta a la hora de registrar la información; anexo 6 (formato de recomendaciones para los observadores).</p> <p>Este día se recibió la información correspondiente a las mediciones que realiza la estación de la Universidad Nacional.</p>
<p>06-febrero-2020</p>	<p>Información de la estación Jardín Botánico.</p> <p>Se recibió un correo por parte del señor Fabio Torres (funcionario del IDEAM), donde nos enviaba la información pertinente de las mediciones que realiza la estación del Jardín Botánico.</p> <p>Se tiene una conversación a manera personal con el funcionario, en la cual se comenta que a la fecha no he recibido respuesta alguna por parte de los funcionarios encargados de las estaciones de la Universidad Santo Tomas y del aeropuerto el Dorado. Muy amablemente nos ofrece sus servicios informándonos que estaciones están a cargo del IDEAM en las cercanías del cubo de Colsubsidio. Nos sugiere que usemos las estaciones del edificio del IDEAM y una estación que se encuentra ubicada en el aeropuerto el Dorado, en la cabecera número 4, en la localidad de Fontibón. Haciendo claridad que dichas estaciones no podrían ser visitadas, dado que en el aeropuerto se requería un permiso y tenía un costo económico como ya se había mencionado con anterioridad.</p> <p>Por otro lado, la estación del edificio del IDEAM, había sido cancelada, pero que se tenía información de la misma durante un periodo de tiempo próximo al que se estableció para desarrollar este proyecto (2012-2020). De común acuerdo y en vista de que no se recibió respuesta alguna por parte de las otras estaciones se decidió trabajar con la información de las estaciones que nos ofrecía el funcionario del IDEAM.</p>
<p>10-febrero-2020</p>	<p>Información de las estaciones IDEAM y aeropuerto el Dorado.</p> <p>Se recibió un correo por parte del señor Fabio Torres, donde nos enviaba la información pertinente de las mediciones que realiza las estaciones del edificio del IDEAM (21206960) y la estación ubicada en el aeropuerto el dorado (21205791).</p>

Fuente propia.

FIGURA 11: Fase tres (3) de la metodología (ANALISIS DE DATOS), tercera fase que se realizó para el desarrollo de este proyecto.



Fuente: propia.

Para realizar el análisis comparativo de los datos obtenidos de las estaciones utilizadas para el desarrollo de nuestros objetivos, se realizó un registro y manejo correspondiente con la información emitida por cada estación, proceso el cual está descrito en la tabla número 11. Esto con el fin de definir gráficamente el comportamiento que está teniendo cada una de las variables, en el periodo de tiempo definido entre el 2012-2019.

Para realizar el análisis gráfico, se realizó un proceso, el cual se describe a continuación, en la tabla número 11.

Tabla 11: Descripción del proceso que se llevó a cabo para el análisis de la información obtenida de las estaciones.

TABULACIÓN DE DATOS	Una vez determinados los promedios aritméticos y las sumatorias pertinentes a cada variable, se procedió a organizar los datos en tablas, las cuales sea fácil identificar cada variable por año en la que se tiene registro alguno.
GRÁFICAS	Se realizaron gráficas en las que se puede visualizar fácilmente el comportamiento que tiene cada variable, durante cada mes de los años en los que se tiene registro de datos. Además, se realizaron gráficas en las que se puede analizar mes a mes de un año determinado en el que se tomó registro de datos de la variable en cuestión. También se realizaron gráficas en las que se puede comparar el comportamiento de la variable de manera anual, durante el periodo de tiempo en el que se tomó registro de datos.

Fuente propia.

A continuación, se mostrará en la tabla número 12, la cual contiene la descripción de la recepción y manejo de datos que se realizó para obtener la información descrita en los anexos 8, 9, 10, 11 y 12. Información que se encuentra representada mediante gráficas, las cuales se muestran a lo largo de este documento, en los resultados y análisis de resultados.

Tabla 12: Descripción del proceso que se llevó a cabo para el registro y manejo de datos.

Recepción de Datos	La información siniestrada por parte del IDEAM, acerca de las estaciones (Jardín Botánico, Universidad Nacional, edificio IDEAM, aeropuerto el Dorado), fueron enviadas mediante archivos de Excel, debidamente organizadas. Estos documentos se organizaron por estación, en donde se visualizaba cada variable que media cada estación. Este registro de datos se hizo en orden cronológico según el calendario.
Manejo de Datos	<p>Organización de archivos.</p> <p>Se tomo estación por estación, identificando y señalando claramente cada variable.</p>
	<p>Manipulación de Datos.</p> <p>Después de identificar las variables que miden cada estación, se procedió a sacar los promedios de los datos de registrados en algunas variables, otras debían ser analizadas mediante el proceso de sumatoria (nota 1)</p>

Fuente propia.

Nota 1: Para el manejo que se le debe dar a los datos asignados a las variables de temperatura; velocidades del viento; recorrido del viento; evaporación; nubosidad, se deberá determinar el promedio aritmético (ecuación 1). En cuanto a las variables de precipitación y brillo solar se debe hacer una sumatoria de los datos registrados (ecuación 2).

$$\frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + \dots + X_n}{n} \quad \text{ECUACIÓN 1 (Ecuación para el cálculo de promedio aritmético)}$$

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + \dots + X_n \quad \text{ECUACIÓN 2 (Ecuación para el calculo de sumatoria)}$$

11. ANÁLISIS DE DATOS

11.1. PARAMETROS DE MEDICIÓN

Se debe tener en cuenta las diferentes condiciones en las que se encuentran las estaciones, que están siendo evaluadas (locación en las que se encuentran instaladas, periodos de mantenimiento, estado actual de los equipos, entre otros). Esto con el fin de tener un control de calidad adecuado, con respecto a la información suministrada.

En el Manual del Sistema Mundial de Observación (OMM, 2015) se estipula que ciertos procedimientos de control de la calidad deben aplicarse a todos los datos meteorológicos destinados a intercambio internacional. Deben someterse a dichos procedimientos los datos de nivel I y de nivel II, así como la conversión entre unos y otros. En OMM (2017a) se estipula que los centros de procesamiento de datos meteorológicos deberán aplicar procedimientos de control de la calidad a la mayoría de tipos de informes meteorológicos intercambiados internacionalmente, a fin de comprobar que no haya errores de cifrado y verificar la coherencia interna, la coherencia temporal y espacial, y los límites físicos y climatológicos; se especifican también la frecuencia mínima y las fechas de los controles de calidad. Según (ORGANIZACIÓN METEOROLOGICA MUNDIAL, 2018).

Algunos de los parámetros que se deben tener en cuenta para realizar una medición, en la cual se garantice un adecuado manejo de las estaciones, y un registro correcto de datos por parte del personal indicado, serán mencionadas a continuación literalmente (ORGANIZACIÓN METEOROLOGICA MUNDIAL, 2018)¹.

Observaciones manuales y estaciones dotadas de personal.

El observador, o el oficial responsable de una estación, tiene que asegurarse de que los datos que salgan de la estación hayan pasado un control de la calidad y, para atender esta responsabilidad, se le deberían proporcionar los procedimientos establecidos. Esta función específica viene a añadirse a otras funciones de mantenimiento de los equipos y de los registros.

Estaciones meteorológicas automáticas

En las estaciones meteorológicas automáticas, algunas de estas comprobaciones deberían realizarse mediante programas informáticos y a través de verificaciones técnicas del comportamiento del sistema.

Interacción con las estaciones sobre el terreno

En un centro de datos u otro centro operativo, es conveniente designar a una persona con la responsabilidad de mantener una comunicación en tiempo casi real, y un

¹El acceso al documento se obtiene mediante el siguiente vínculo:
https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10032

contacto de trabajo eficaz, con las estaciones sobre el terreno, de modo que se pueda recurrir a esta persona cuando se descubran errores en los datos.

Supervisión del funcionamiento

El objetivo de la supervisión del funcionamiento es examinar continuamente la calidad de las estaciones sobre el terreno y de cada sistema de observación, por ejemplo, las mediciones de presión o la red de radiosondas.

Mantenimiento

El mantenimiento puede ser correctivo (de las piezas que fallan), preventivo (por ejemplo, las tareas de limpieza o de lubricación) o de adaptación (en respuesta a nuevas necesidades o a la obsolescencia del equipo). La calidad de los datos proporcionados por un instrumento resulta considerablemente afectada por la calidad de su mantenimiento, que, a su vez, depende principalmente de la aptitud del personal de mantenimiento y del tipo de mantenimiento. Las capacidades, el personal y el equipo de la organización o dependencia responsables del mantenimiento deberán ser adecuados para los instrumentos y las redes. Algunos factores que cabría tener en cuenta son: un plan de mantenimiento, que incluiría el mantenimiento correctivo, preventivo y de adaptación; una gestión logística; e instalaciones de reparación, prueba y servicios de apoyo.

Formación y enseñanza

La calidad de los datos depende también de las aptitudes del personal técnico encargado de las actividades de prueba, calibración y mantenimiento, y de los observadores que efectúan las observaciones. Se deberían organizar programas de formación y enseñanza y adaptarlos al sistema, con arreglo a un plan racional orientado a las necesidades de los usuarios y, especialmente, a las necesidades de mantenimiento y calibración antes señaladas; esta consideración es especialmente importante en las estaciones meteorológicas automáticas. Al efectuar la compra del sistema, el fabricante debería estar obligado a proporcionar una documentación operativa y técnica muy completa, y a organizar cursos de formación técnicos y prácticos en el SMHN (servicio meteorológico e hidrológico nacional).

Inspecciones

Las estaciones sobre el terreno deberían someterse regularmente a inspección, preferiblemente por parte de inspectores experimentados y expresamente designados para ello. Los objetivos consisten en examinar y mantener la actividad de los observadores, el equipo y la exposición de los instrumentos, así como mejorar el valor de los datos mediante un registro del historial de la estación.

En general, no es posible especificar una frecuencia óptima de las visitas de inspección, ni tan siquiera para un tipo particular de estación. Aquella dependerá de la calidad de los observadores y del equipo, de la rapidez con que se deterioren el equipo y la exposición, y de los cambios que se produzcan en el personal e instalaciones de la estación. Para una estación adecuadamente organizada, podría

ser aceptable un intervalo de inspección de dos años y, para las estaciones automáticas, seis meses podría ser un plazo apropiado

Métodos de observación

Se debería supervisarse continuamente el trabajo de todos los observadores. La uniformidad en los métodos de toma de registros y cifrado es esencial para el uso sinóptico y climatológico de los datos

11.2. ESTUDIO DE DATOS AUSENTES

En la tabla número 13, podemos observar cuales fueron las estaciones que se analizaron para realizar las comparaciones graficas pertinentes y cuales variables mide cada una de las estaciones, respectivamente.

Tabla 13: Cuadro resumen de las estaciones seleccionadas y las variables que mide cada una.

VARIABLE	AUTOMATICA				CONVENCIONAL	
	IDEAM (21206960)	Dorado (21205791)	Jardín Botánico (21205710)	Universidad Nacional (21205012)	Jardín Botánico (21205710)	Universidad Nacional (21205012)
TEMPERATURA MÁXIMA	X	X	X	X	X	X
DIRECCIÓN DEL VIENTO	X	X				
VEL MÁXIMA DEL VIENTO	X	X				
TEMPERATURA MÍNIMA	X	X	X	X	X	X
RADIACIÓN	X	X				
HUMEDAD	X	X				
TEMPERATURA AMBIENTE	X	X				
PRESIÓN ATMOSFÉRICA	X	X				
VELOCIDAD DEL VIENTO	X	X				
PRECIPITACIÓN	X	X	X	X	X	X
TEMPERATURA SECA			X	X	X	X
EVAPORACIÓN			X		X	X
NUBOSIDAD			X		X	X
TEMPERATURA HUMEDA			X		X	X

Continuación tabla número 13.

RECORRIDO DEL VIENTO						X
DIRECCIÓN MÁXIMA DEL VIENTO	X	X				
BRILLO SOLAR						X
PERIODO DE TIEMPO	2016- 2020	2018- 2020	2017-2019	2017-2018	2012-2016	2012-2013

Fuente propia.

De la tabla 13, se observó que de todas las estaciones que se obtuvo información, se registraron datos de 18 variables, haciendo claridad que no todas las estaciones tienen datos registrados durante periodos continuos en la totalidad de las variables mencionadas.

-ESTACIONES AUTOMÁTICAS

De la estación automática del IDEAM, se obtuvo un registro de datos de 11 variables, las cuales se encuentran nombradas en la tabla 13, dichas variables representan aproximadamente un 61% del total de las variables de las cuales se registró información, teniendo en cuenta que la información generada por esta estación, se encuentra enmarcada en un periodo de tiempo de cuatro años (2016-2020).

De la estación del Dorado se obtuvo información de 11 variables, las cuales representan un 11% del total de variables, de las cuales se obtuvo información, dichas variables, se encuentran especificadas en la tabla 13. La información suministrada por esta estación, se encuentra estimada en un periodo de dos años (2018-2020).

De la estación del Jardín Botánico, se registró información de 7 de las variables registradas, dichas variables, se encuentran especificadas en la tabla 13, las cuales se registrada en un periodo de tiempo de dos años (2017-2019). Estas 7 variables representan un 39%, sobre el total de 18 variables que fueron registradas por las demás estaciones.

En cuanto a la estación de la Universidad Nacional, se encontró registro de 4 de las 17 variables, las cuales representan un 22%. Dichas variables se encuentran especificadas en la tabla 13, en un periodo de tiempo de un año (2017-2018).

-ESTACIONES CONVENCIONALES

En este tipo de estaciones, se obtuvo información solamente de dos estaciones (Jardín Botánico y Universidad nacional).

En cuanto a la estación del Jardín Botánico, se encontró registro de 7 variables, las cuales representan un 39%, dichas variables se encuentran mencionadas en la tabla 13. Dicho registro de datos se encuentra en un histórico de tiempo de cuatro años (2012-2016).

En la estación convencional de la Universidad Nacional se encontró registro de información de 9 variables, las cuales representan el 50% sobre las 17 variables que fueron registradas por las demás estaciones. Estas variables se encuentran especificadas en la table 13, las cuales se encuentran enmarcadas en un periodo de tiempo de un año (2012-2013).

Tabla 14: Cuadro resumen de datos ausentes en los diferentes periodos de tiempo.

PERIODO DE TIEMPO DE AUSENCIA DE DATOS				
VARIABLE	IDEAM (21206960)	Dorado (21205791)	Jardín Botánico (21205710)	Universidad Nacional (21205012)
TEMPERATURA MÁXIMA				
DIRECCIÓN DEL VIENTO			2020	2014-2016, 2019- 2020
VEL MÁXIMA DEL VIENTO			2020	2014-2016, 2019- 2020
TEMPERATURA MÍNIMA				
RADIACIÓN			2020	2014-2016, 2019- 2020
HUMEDAD			2020	2014-2016, 2019- 2020

TEMPERATURA AMBIENTE			2020	2014-2016, 2019-2020
PRESIÓN ATMOSFÉRICA			2020	2014-2016, 2019-2020
VELOCIDAD DEL VIENTO			2020	2014-2016, 2019-2020
PRECIPITACIÓN				
TEMPERATURA SECA	2012-2015	2012-2017		
EVAPORACIÓN	2012-2015	2012-2017		
NUBOSIDAD	2012-2015	2012-2017		
TEMPERATURA HUMEDA	2012-2015	2012-2017		
RECORRIDO DEL VIENTO	2012-2015	2012-2017	2020	
DIRECCIÓN MÁXIMA DEL VIENTO			2020	2014-2016, 2019-2020
BRILLO SOLAR	2012-2015	2012-2017	2020	

Fuente propia.

En la tabla 14 se observa las variables ausentes en cada una de las estaciones propuestas para el desarrollo de este trabajo, identificando también los periodos de tiempo de estas mismas.

Se evidencia que las en cuanto al número de variables medidas, las estaciones que presentan menor ausencia de información, fueron las estaciones del IDEAM y el Dorado, representando así un 35% del total de las variables medidas.

También se puede evidenciar los periodos de tiempo en los que se encuentra ausencia de información, cabe hacer claridad, que los periodos de tiempo se presentan también las variables que si han sido registradas. En la tabla 14, se observó que la variable que tiene menor ausencia de información en cuanto a tiempo, es la estación del Jardín Botánico, la cual no presenta información del año 2020, lo que equivale a un 11% sobre el registro de nueva años que se tuvo en cuenta.

Es importante resaltar que, así como la estación del Jardín Botánico es la que más información presenta en el periodo histórico del 2012-2020, es la estación que presenta mayor ausencia de información en cuanto a las variables medidas, evidenciado que no presento información en 10 de las variables medidas, lo que equivale aproximada el 59% del total de las variables medidas por las demás estaciones.

Cabe resaltar que las variables temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación, han sido medidas por todas las estaciones, haciendo énfasis, que aun presentado registro de información, estas presentan la misma ausencia de datos en lapsos de tiempo que se han especificado en la tabla 14, los cuales se indican en las variables que no han presentado información por la estación correspondiente.

A continuación, se muestra la tabla 15, en la que se identifica el porcentaje de información ausente de cada una de las estaciones consideradas.

Tabla 15: Porcentajes de información ausente en las estaciones evaluadas.

ESTACIÓN	VARIABLES (%)	TIEMPO (% AÑOS)
IDEAM	35%	45%
DORADO	35%	67%
JARDÍN BOTÁNICO	59%	11%
UNIVERSIDAD NACIONAL	47%	56%

Fuente propia.

11.3. ENCUESTAS

El modelo propuesto para la encuesta, se encuentra descrito en la tabla 10 (bitácora). En esta se describe las tres partes que componen la encuesta (gestión, técnica y tecnología), el formato de la encuesta se puede observar más detallado en el Anexo 2.

Esta encuesta se pudo realizar únicamente a dos estaciones, las cuales se realizó la respectiva visita, dichas estaciones fueron: Jardín Botánico y Universidad Nacional, en los anexos 4 y 7, podemos observar las encuestas debidamente diligenciadas, con la información suministrada por parte del técnico Edgar rivera, quien fue el acompañante en las respectivas visitas.

De manera específica, nos enfocaremos en las respuestas de preguntas puntuales, que pueden ser de gran importancia al momento de brindarnos información relevante sobre los procesos que se llevan a cabo en las estaciones.

GESTIÓN

- ¿Quién es el encargado de operar la estación?

En las dos estaciones, la respuesta fue similar, llegando a la conclusión de que los encargados de operar las estaciones, son funcionarios, voluntarios u operadores de turno del lugar donde se encuentra instalada la respectiva estación.

- ¿La entidad brinda algún tipo de capacitaciones a quienes operan las estaciones?

En las dos estaciones, la respuesta fue positiva, informando que se les brinda una inducción, en la que se explica el proceso que se debe llevar a cabo para el registro de la información, desde la lectura de los equipos, horarios de registro y forma de llenar los registros.

- ¿Cómo garantizan la veracidad de la información emitida?

En ambas estaciones se estimó que, en las estaciones convencionales, la veracidad de la información se les otorga una parte a las capacidades del observador, además de los equipos y su calibración. Por otra parte, se tiene en cuenta la evaluación de gráficas y comparación de información.

En cuanto a las estaciones automáticas, la veracidad hace parte de las responsabilidades de los proveedores de los equipos.

TÉCNICA

- ¿Qué tipo de conocimientos debe tener quien opera la estación?

En ambas estaciones la respuesta fue, que no se debía tener algún tipo de conocimiento técnico, con conocimientos básicos de leer, escribir, además de la inducción ofrecida por parte de la entidad, era suficiente para poder operar de manera adecuada la estación.

- ¿Con que frecuencia realizan visitas técnicas a la estación?

En cuanto a la estación del Jardín Botánico, se estima, que este proceso, se realiza aproximadamente dos veces al año. Mientras que, en la estación de la Universidad Nacional, se estima, que este proceso se realiza aproximadamente cada 4 meses.

- ¿Con que frecuencia realizan mantenimiento a la estación?

Esta pregunta va muy ligada a la anterior, según la información brindada por el entrevistado, este proceso se realiza cada vez que se hacen la visita técnica a la respectiva estación. Además de considerar, que el mantenimiento que le hacen, es mas de limpieza y organización, mientras que un mantenimiento más específico a los equipos, se realiza cada que se reporte alguna irregularidad.

- ¿Qué requisitos debe cumplir los encargados de realizar el mantenimiento?

En ambas estaciones la respuesta fue la misma, que cumplieran con la capacitación brindada por la entidad, teniendo en cuenta que el proceso de mantenimiento, se encuentra a cargo de los técnicos de área operativa.

- ¿Es necesario tener algunas condiciones específicas para realizar el mantenimiento de las estaciones?

En ambas estaciones se determinó que este proceso estaba en función de los requerimientos, es decir, si se presentan daños en alguno de los equipos de la estación, estos deberán ser llevados al laboratorio, de lo contrario, este proceso, será realizado en campo.

- ¿Cada cuanto se realiza el proceso de calibración?

Según el operario que nos acompañó en la visita, nos informa que, en la universidad Nacional, este proceso se realiza cada cuatro meses, mientras que, en la estación del Jardín Botánico, este proceso se realiza cada vez que el instrumento se lleve a laboratorio, o presente algún tipo de falla.

TECNOLOGÍA

- ¿Con que frecuencia emite información la estación?

En las dos estaciones la respuesta fue, que, en cuanto a estaciones convencionales, estas deben registrarse los datos a las 7:00am, 3:00pm y 7:00pm. Mientras que las estaciones automáticas, registran información cada 10 minutos

A manera general de este capítulo, partiendo de los parámetros de funcionamiento, gestión, control, registro, entre otros, orientados por la OMM (organización meteorológica mundial), se pudo estimar como en las estaciones a las que se realizó visita, tienen demasiadas falencias en cuanto a su organización para llevar un registro y control adecuado, para poder garantizar una información veraz.

Se logró identificar, que ninguna estación presenta un 100% del registro de las variables que fueron medidas, sin tener en cuenta el periodo de tiempo en el que se obtuvo registro de datos, se puede decir, que las estaciones que muestran mayor cantidad de variables medidas, son las estaciones del Edificio del IDEAM y la Dorado, midiendo un 61% de las variables.

De la tabla 13, se observó que de todas las estaciones que se obtuvo información, se registraron datos de 18 variables, haciendo claridad que no todas las estaciones tienen datos registrados durante periodos continuos en la totalidad de las variables mencionadas.

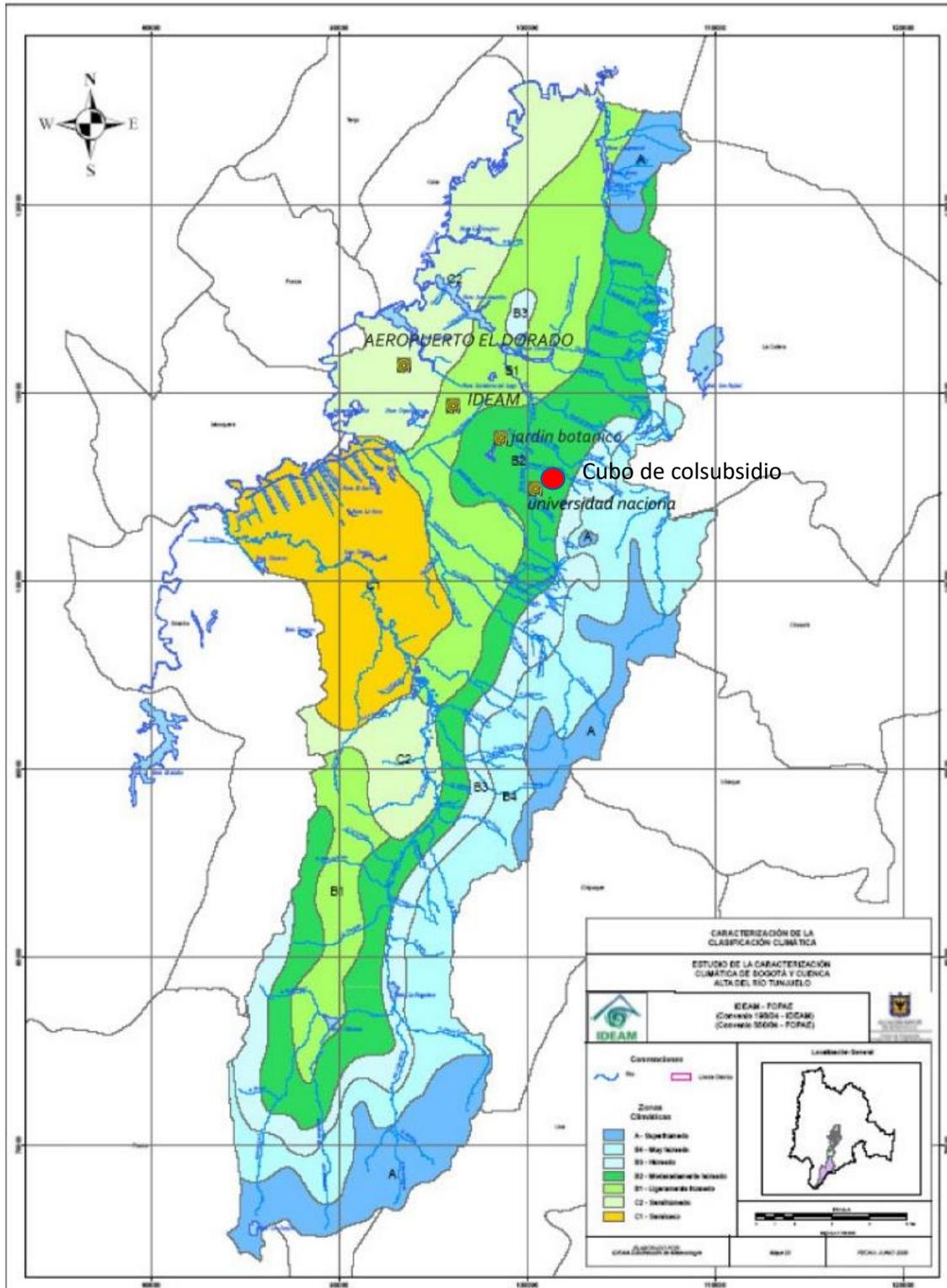
11.4. SELECCIÓN Y HUBICACIÓN DE ESTACIONES PARA HACER COMPARACIONES DE VARIABLES

Inicialmente se consideró que la cercanía entre las estaciones podría ser un parámetro importante para comparar datos de registro metereológico, con lo cual se ubicaron las estaciones más cercanas al edificio El Cubo. Sin embargo, y tras los inconvenientes encontrados para obtener los datos (explicados en la Bitácora de campo. Tabla 10) se determinaron otras estaciones a revisar (Estación El Dorado, Estación Ideam, Estación Jardín Botánico y Estación U. Nacional). Allí se pudo verificar y complementar el análisis del objetivos específico No. 1 y el del No. 3. Por otra parte, tras revisiones en la literatura (IDEAM -Instituto de Hidrología, 2020a) se encontró que la ciudad de Bogotá está caracterizada de acuerdo a los microclimas que se generan como consecuencia de la morfología del terreo y de la ciudad, de la distribución de las corrientes de aire y demás factores; por tanto, pareció más conveniente verificar la zona climática común a la ubicación del edificio el Cubo para realizar la comparación de datos propuesto en el cumplimiento del objetivo específico No. 4.

A continuación en la Figura 12, se muestra el mapa originado desde el IDEAM que permite la realización dicha caracterización antes descrita. En este mapa se ubican las estaciones que han sido evaluadas para el desarrollo de este trabajo, incluyendo la estación instalada en el edificio el cubo de Colsubsidio, la cual se representa con el color rojo. A partir de la caracterización climática descrita en este, se puede definir que las estaciones que brindan información pertinente para realizar un análisis comparativo con respecto a la estación del cubo, son: la estación del jardín botánico y la universidad nacional.

Por tanto, y tomando como consideración los periodos de tiempo en los que no se han presentado ausencia de información entre las variables, se ha definido que la estación que sería ideal para un análisis comparativo es la estación del Jardín Botánico.

FIGURA 12: Caracterización de la clasificación climática del área de estudio.



Fuente: (IDEAM -Instituto de Hidrología, 2020b)

11.5. SELECCIÓN DE VARIABLES

A continuación en la Tabla 16, se mostrará los datos meteorológicos que fueron seleccionados para el diseño ambiental del que requirió la estructura “El Cubo de Colsubsidio”, información que según la fuente (BIOCLIMATICA, 2007) fue recogida de los reportes suministrados por el IDEAM. Los datos del estudio bioclimático del Cubo sirvieron como base para verificar los resultados obtenidos, y para definir las variables que se deseaban estudiar.

Tabla 16: Tabla resumen de los datos que se seleccionaron para el diseño de la estructura del Cubo de Colsubsidio.

DATOS DE DISEÑO		
VARIABLE	VALOR	UNIDAD
Temperatura promedio máxima	24,2	°C
Temperatura promedio mínima	3,5	°C
Humedad promedio mínima	55	%
Humedad promedio máxima	90	%
Brillo solar	150	Horas/mes
Nubosidad	6	Octas
Velocidad promedio	2,5	m/s
Dirección del viento	NE	
Precipitación	1000	Mm

Fuente: (BIOCLIMATICA, 2007).

11.6. ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMATICO

Según (IDEAM -Instituto de Hidrología, 2015), se cita textualmente que para escenarios de cambio climáticos. Esta descripción de escenarios será tenida en cuenta para la verificación del comportamiento encontrado en los análisis de comparación tratados posteriormente.

“La última investigación realizada por IDEAM calculó, para Colombia, un aumento de la temperatura media del orden de 0.13°C/década para 1971-2000 y, el ensamble multi modelo de los escenarios de cambio climático proyectan que la temperatura promedio del aire en el país aumentará con respecto al período de referencia 1971-2000 en: 1.4°C para el 2011-2040. A lo largo del siglo XXI, los volúmenes de precipitación decrecerían entre un 15% y 36%, se estima que, para Cundinamarca, se disminuirá en un 315”.

12. RESULTADOS

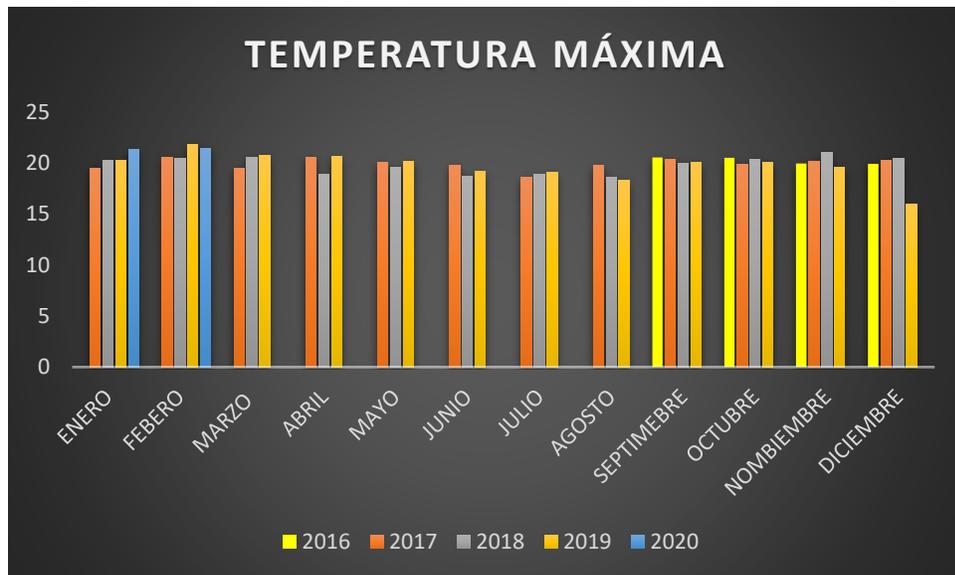
A continuación, se mostrará las gráficas relacionadas a los resultados obtenidos por la información de cada una de las estaciones evaluadas. En las mismas se podrá evidenciar a manera resumen las variaciones de cada una de las variables en cada estación a lo largo del período estudiado.

Cabe aclarar que los datos discriminados, con los que se realizaron estas graficas se encuentran en el anexo 8, 9, 10, 11 y 12.

ESTACIÓN IDEAM

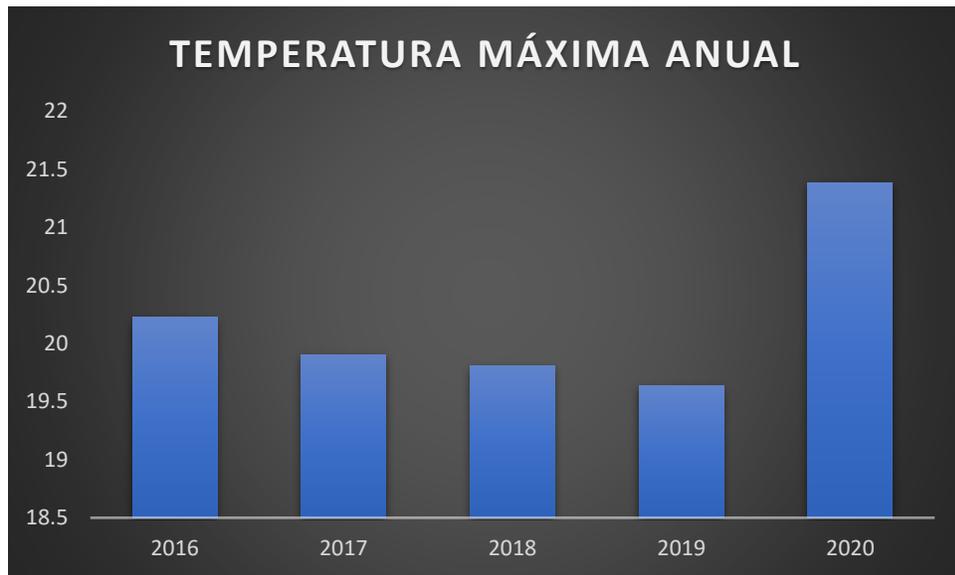
- TEMPERATURA MÁXIMA

Grafica 1: Variación mes a mes de la temperatura máxima en °C, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.



Fuente propia.

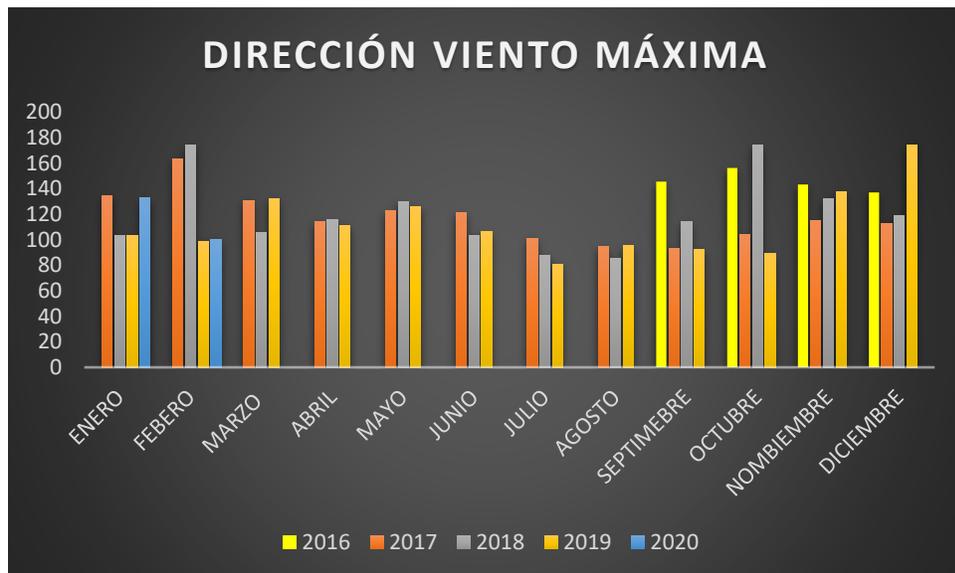
Grafica 2: Variación de temperatura máxima en °C, año a año, estación Edificio IDEAM.



Fuente propia.

- DIRECCIÓN MÁXIMA DEL VIENTO

Grafica 3: Variación mes a mes de la dirección máxima del viento medida en grados, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.



Fuente propia.

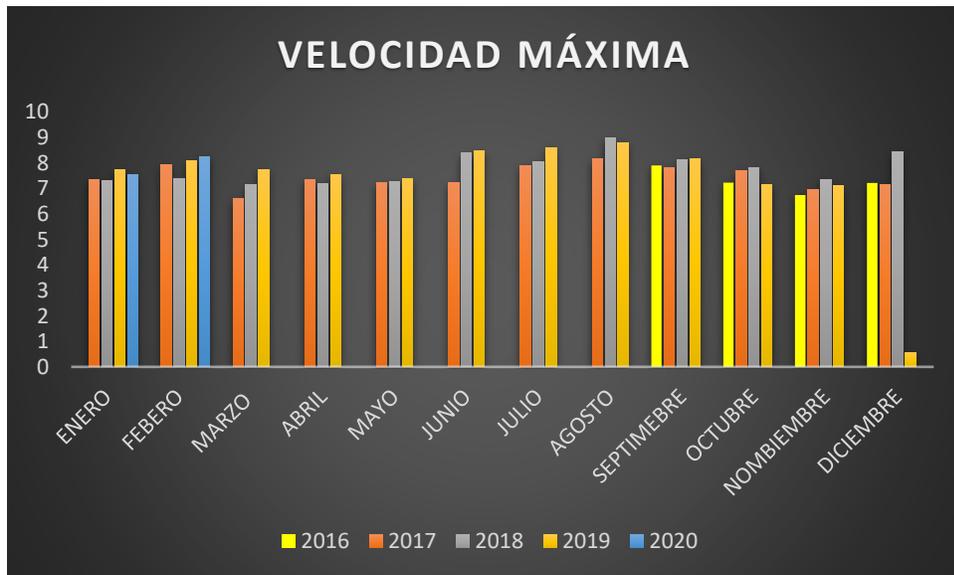
Grafica 4: Variación año a año de la dirección máxima del viento medida en grados, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.



Fuente propia.

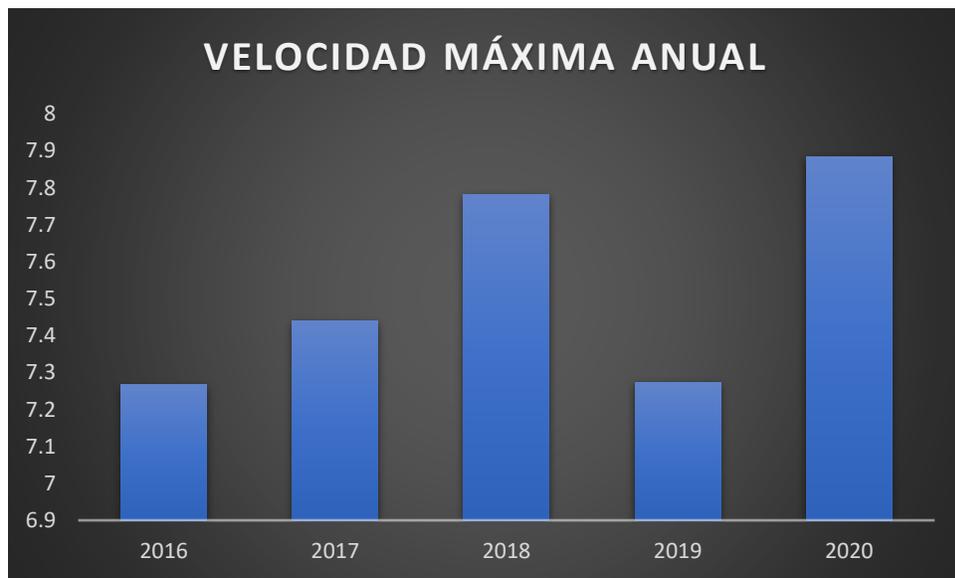
- VELOCIDAD MÁXIMA

Grafica 5: Variación mes a mes de la velocidad máxima del viento medida en m/s, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.



Fuente propia.

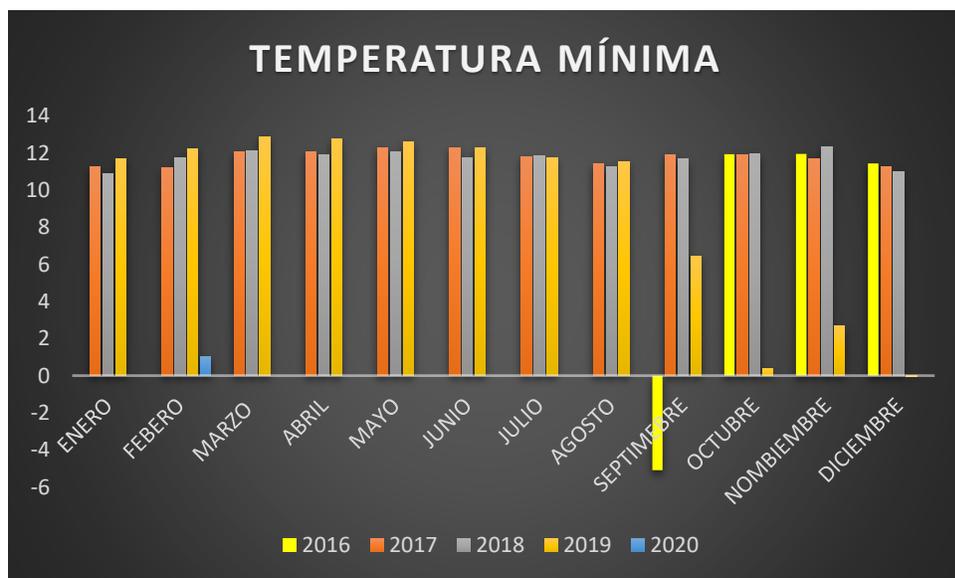
Grafica 6: Variación año a año de la velocidad máxima del viento medida en m/s, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.



Fuente propia.

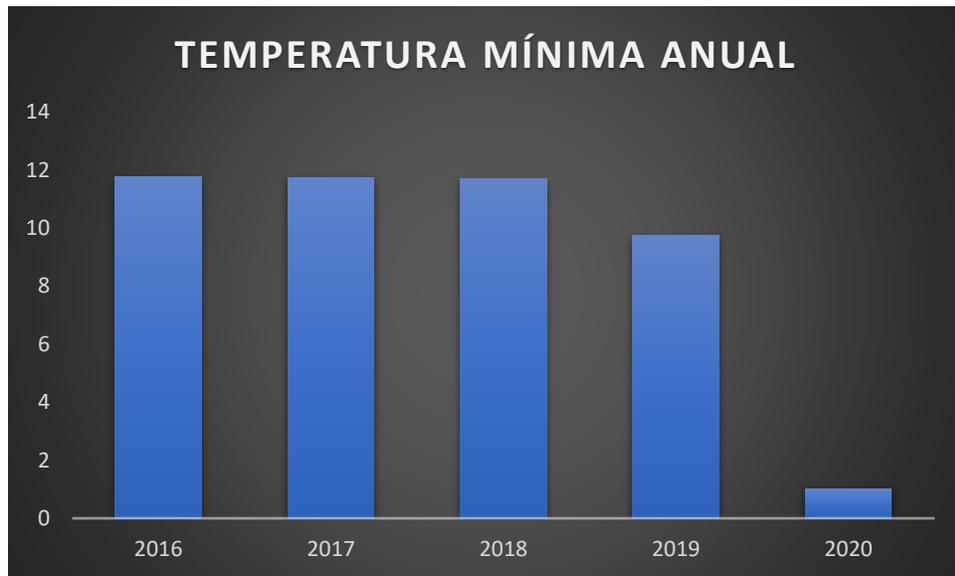
- TEMPERATURA MÍNIMA

Grafica 7: Variación mes a mes de la temperatura mínima medida en °C, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.



Fuente propia.

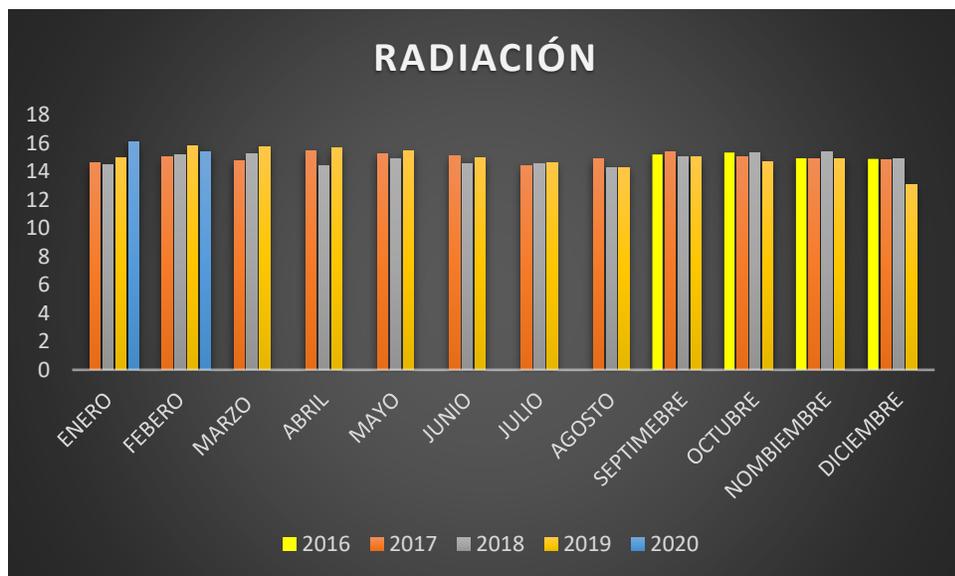
Grafica 8: Variación año a año de la temperatura mínima medida en °C, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.



Fuente propia.

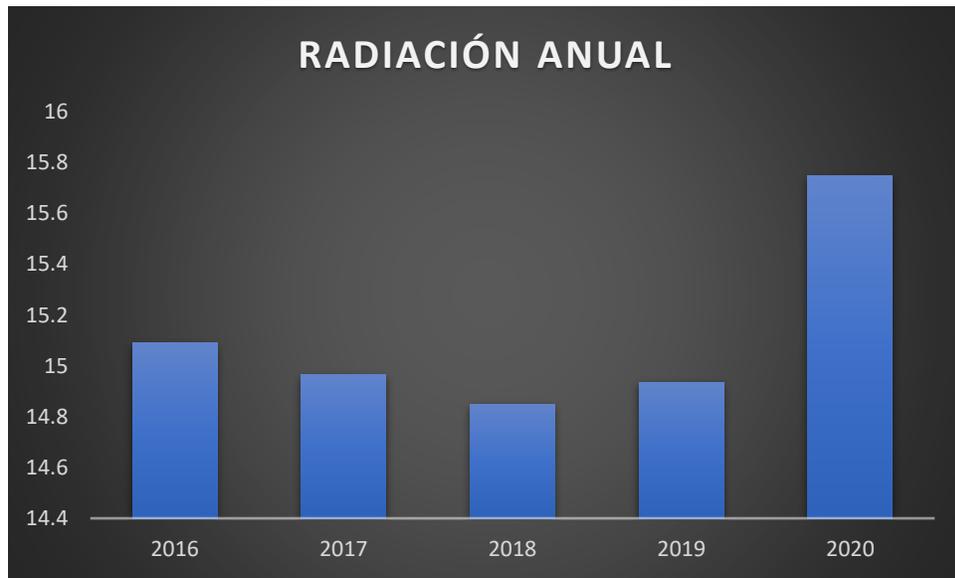
- RADIACIÓN

Grafica 9: Variación mes a mes de la radiación medida en W/m², estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.



Fuente propia.

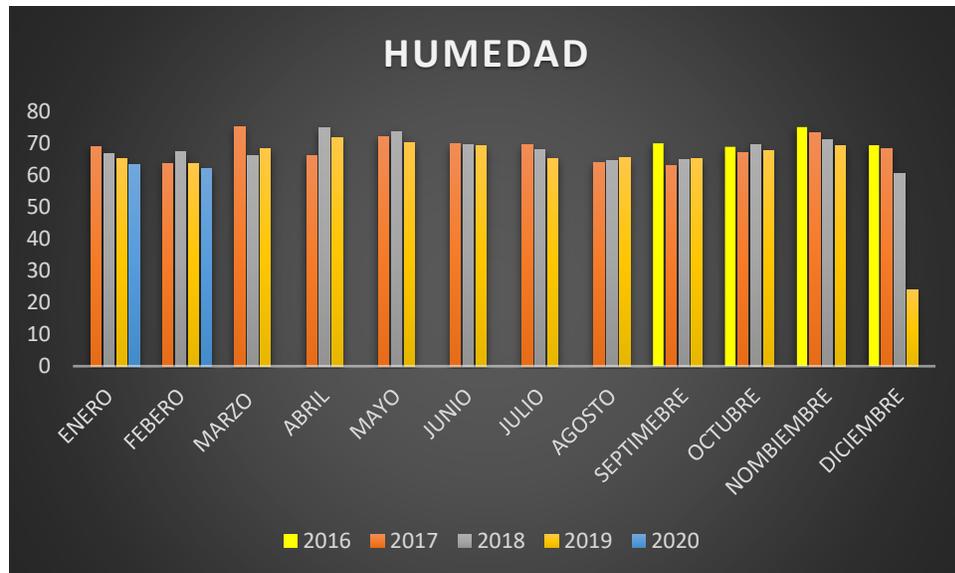
Grafica 10: Variación año a año de la radiación medida en W/m², estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.



Fuente propia.

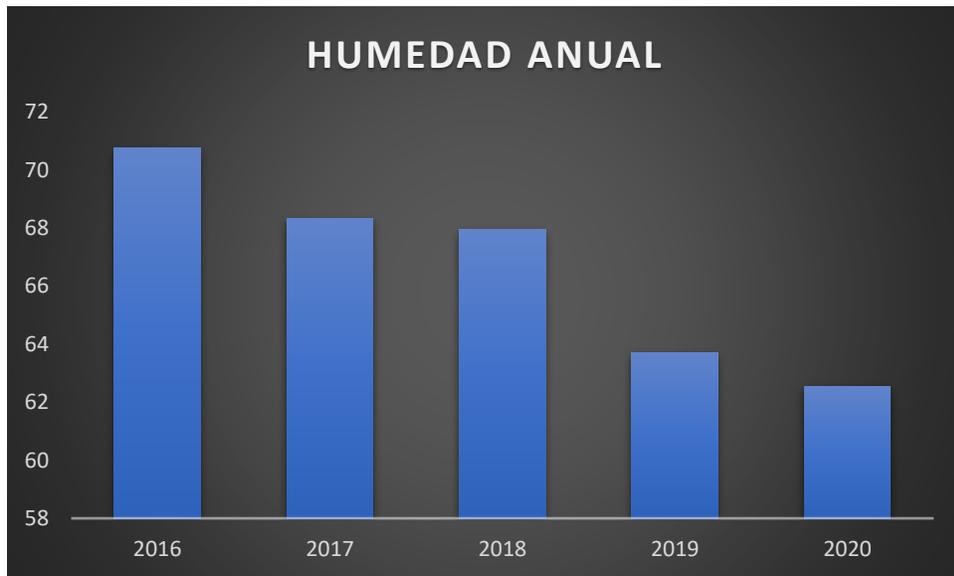
- HUMEDAD

Grafica 11: Variación mes a mes de la humedad medida en %, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.



Fuente propia.

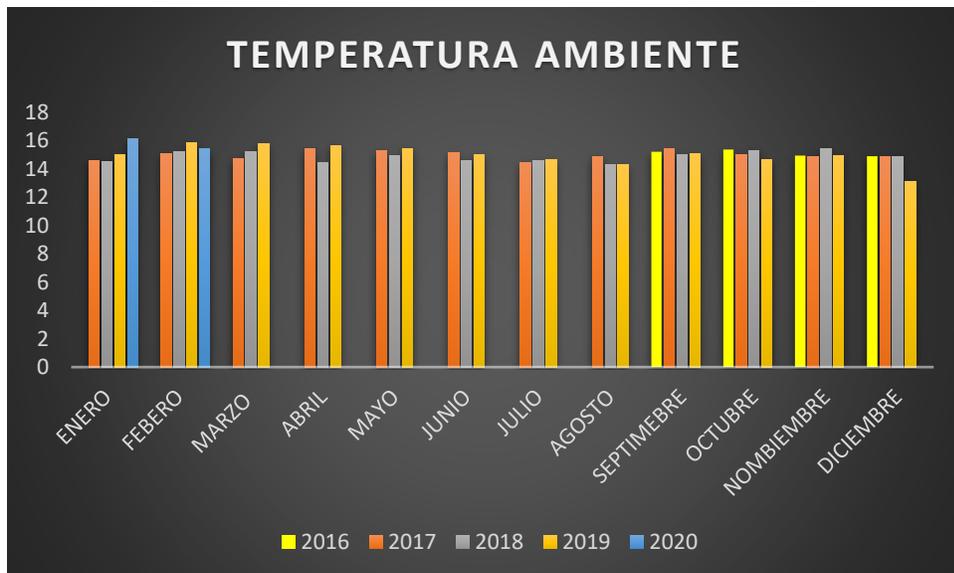
Grafica 12: Variación año a año de la humedad medida en %, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.



Fuente propia.

- TEMPERATURA AMBIENTE

Grafica 13: Variación mes a mes de la temperatura ambiente medida en °C, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.



Fuente propia.

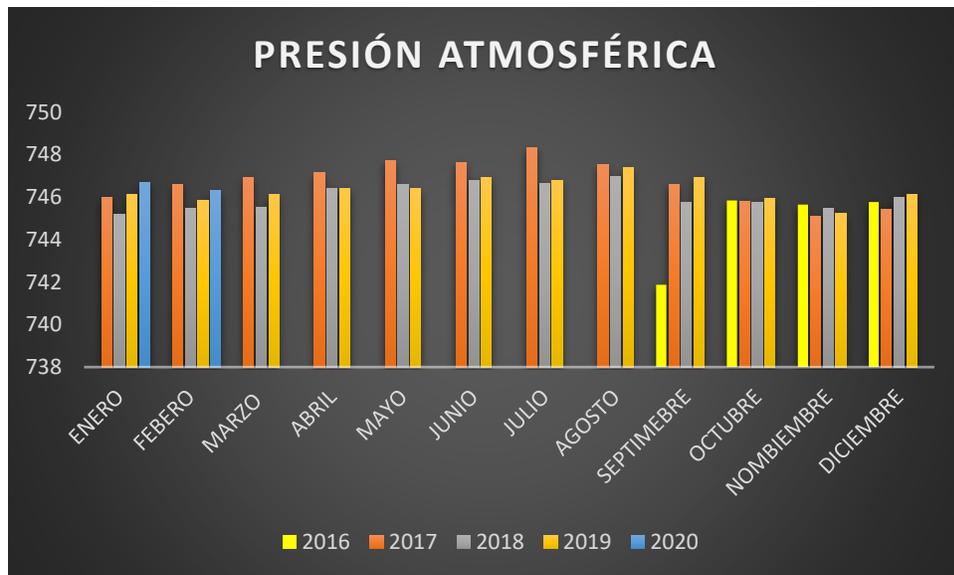
Grafica 14: Variación año a año de la temperatura ambiente medida en °C, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.



Fuente propia.

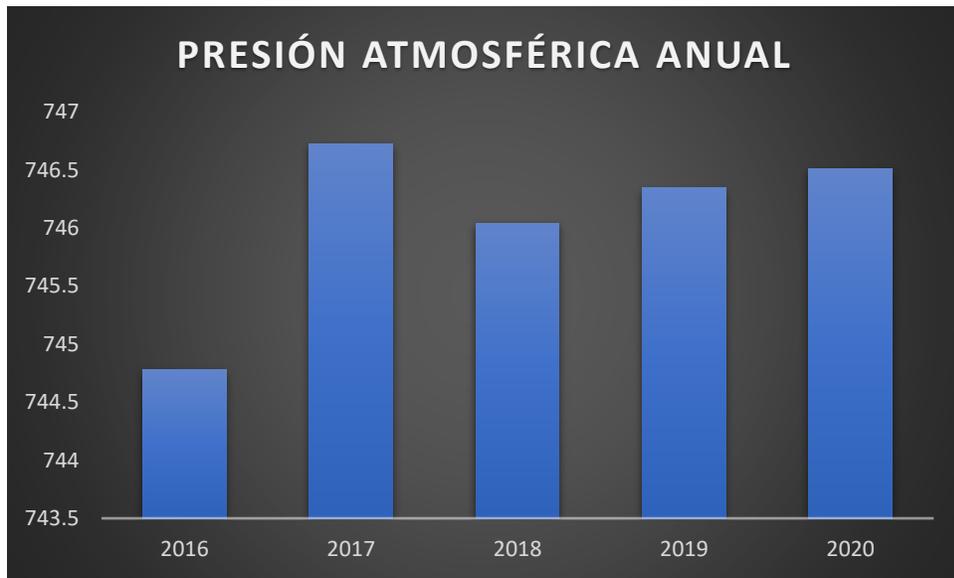
- PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Grafica 15: Variación mes a mes de la presión atmosférica medida en hPA, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.



Fuente propia.

Grafica 16: Variación año a año de la presión atmosférica medida en hPA, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.



Fuente propia.

- DIRECCIÓN DEL VIENTO

Grafica 17: Variación mes a mes de la dirección del viento medida en grados, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.



Fuente propia.

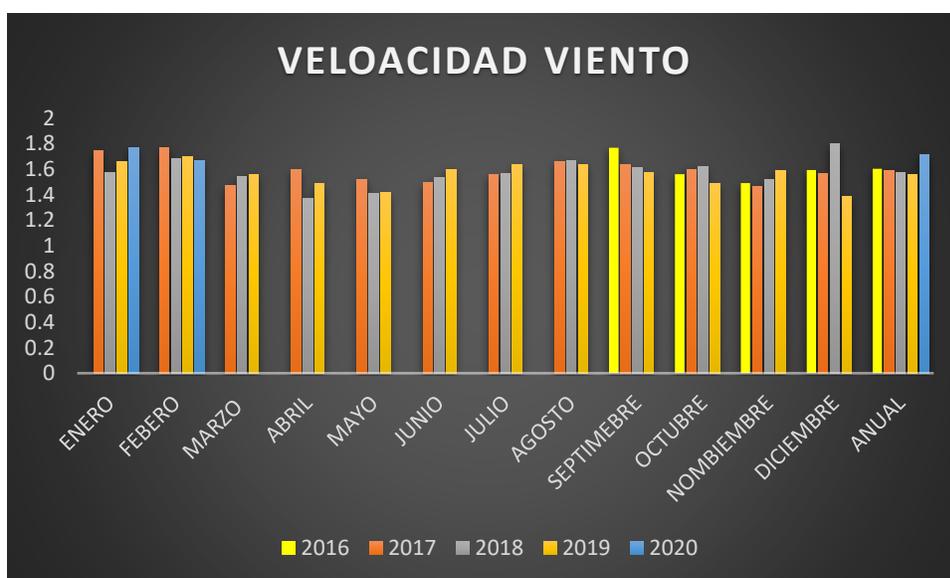
Grafica 18: Variación año a año de la dirección del viento medida en grados, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.



Fuente propia.

- VELOCIDAD DEL VIENTO

Grafica 19: Variación mes a mes de la velocidad del viento medida en m/s, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.



Fuente propia.

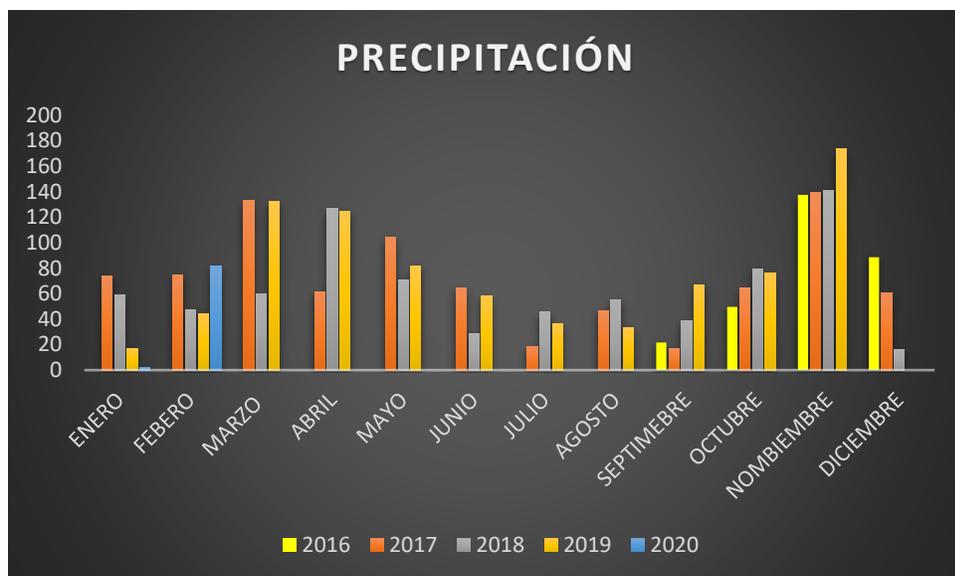
Grafica 20: Variación año a año de la velocidad del viento medida en m/s, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.



Fuente propia.

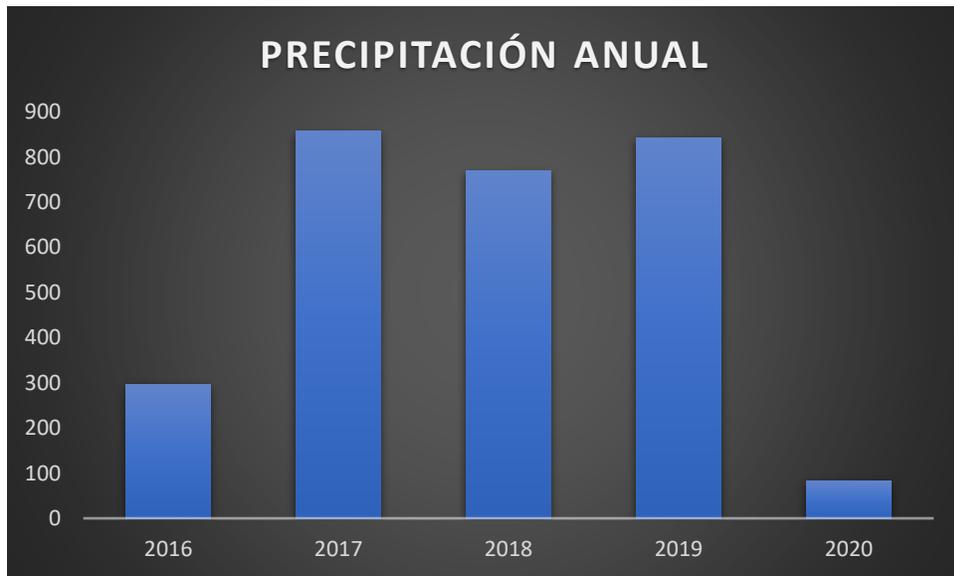
- PRECIPITACIÓN

Grafica 21: Variación mes a mes de la precipitación medida en mm, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.



Fuente propia.

Grafica 22: Variación año a año de la precipitación medida en mm, estación Edificio IDEAM, durante el 2016-2020.

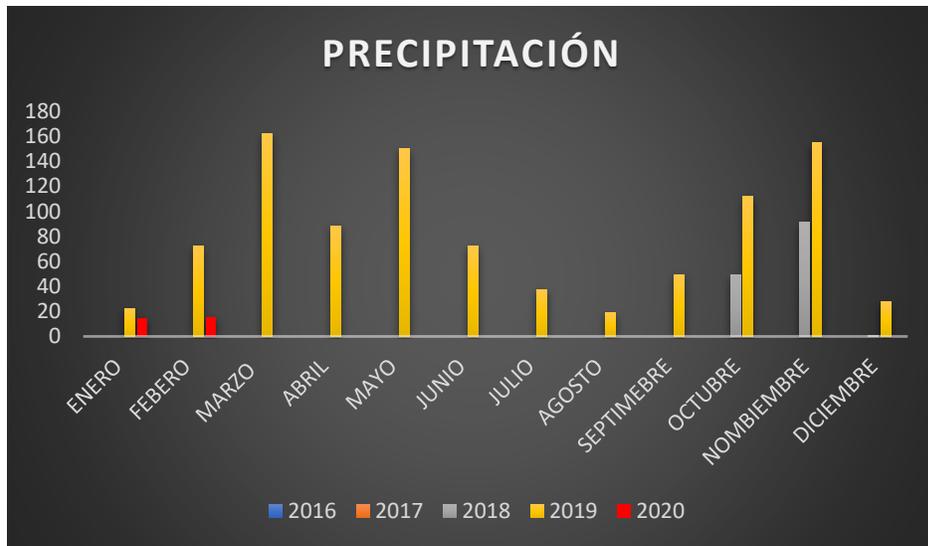


Fuente propia.

ESTACIÓN EL DORADO

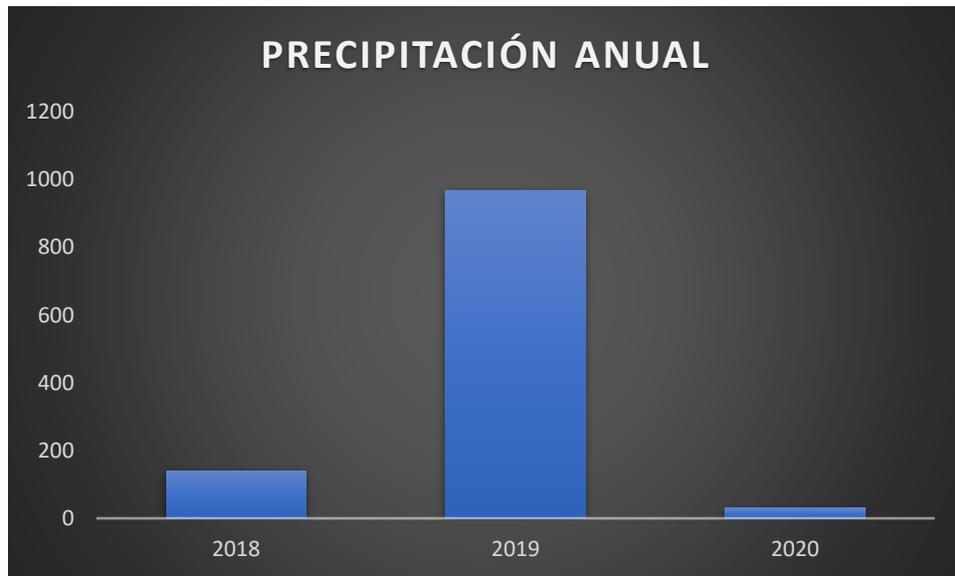
- PRECIPITACIÓN

Grafica 23: Variación mes a mes de la precipitación medida en mm, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2016-2020.



Fuente propia.

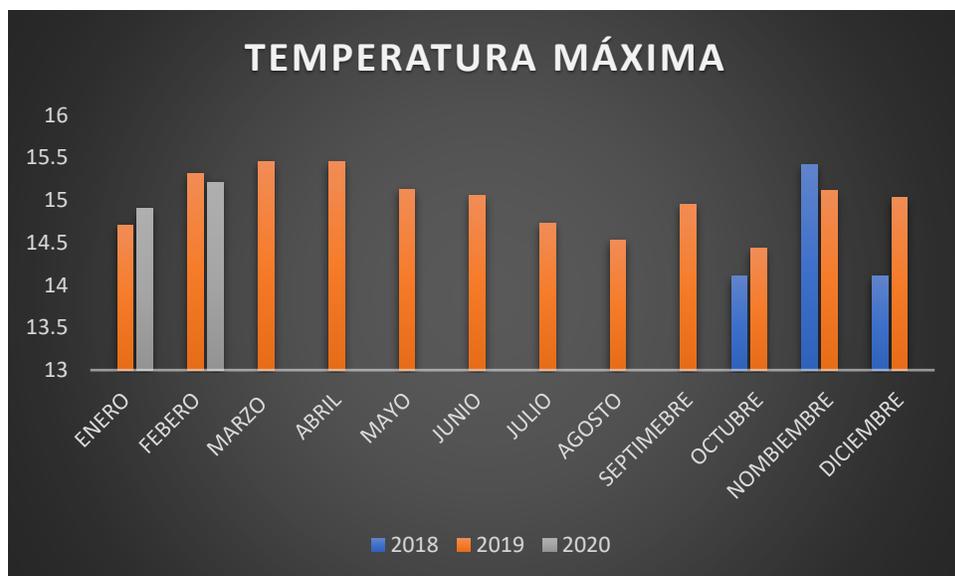
Grafica 24: Variación año a año de la precipitación medida en mm, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.



Fuente propia.

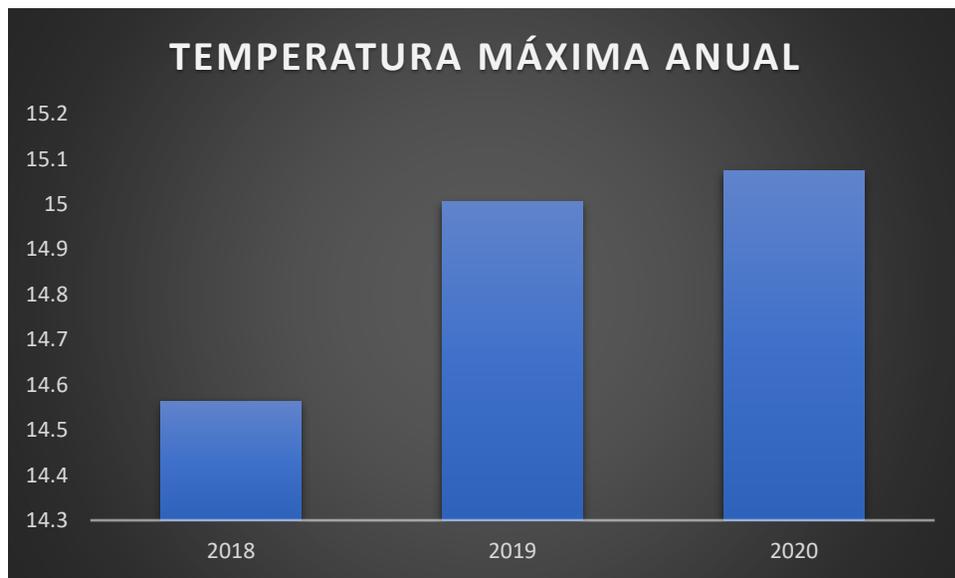
- TEMPERATURA MÁXIMA

Grafica 25: Variación mes a mes de la temperatura máxima medida en °C, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.



Fuente propia.

Grafica 26: Variación año a año de la temperatura máxima medida en °C, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.



Fuente propia.

- DIRECCIÓN MÁXIMA DEL VIENTO

Grafica 27: Variación mes a mes de la dirección máxima del viento medida en grados, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.



Fuente propia.

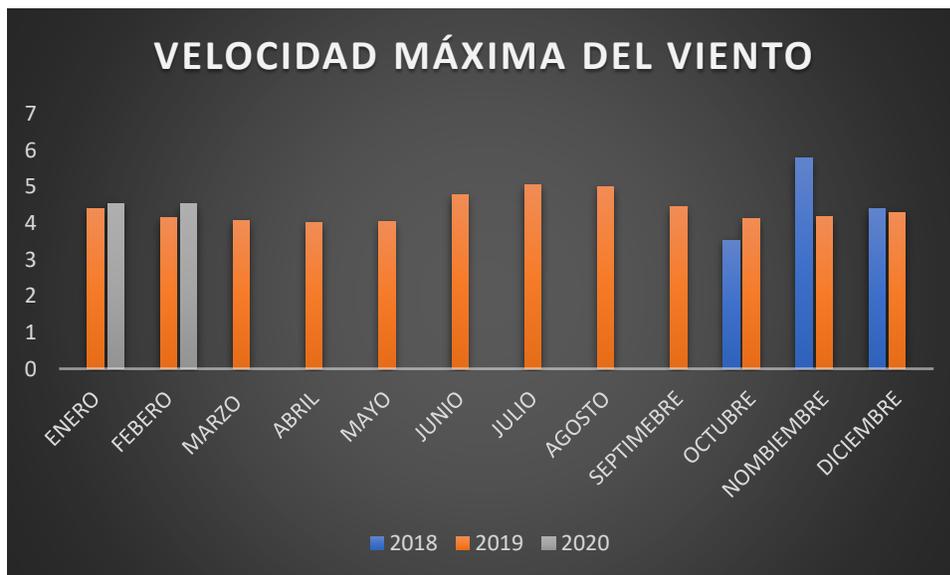
Grafica 28: Variación año a año de la dirección máxima del viento medida en grados, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.



Fuente propia.

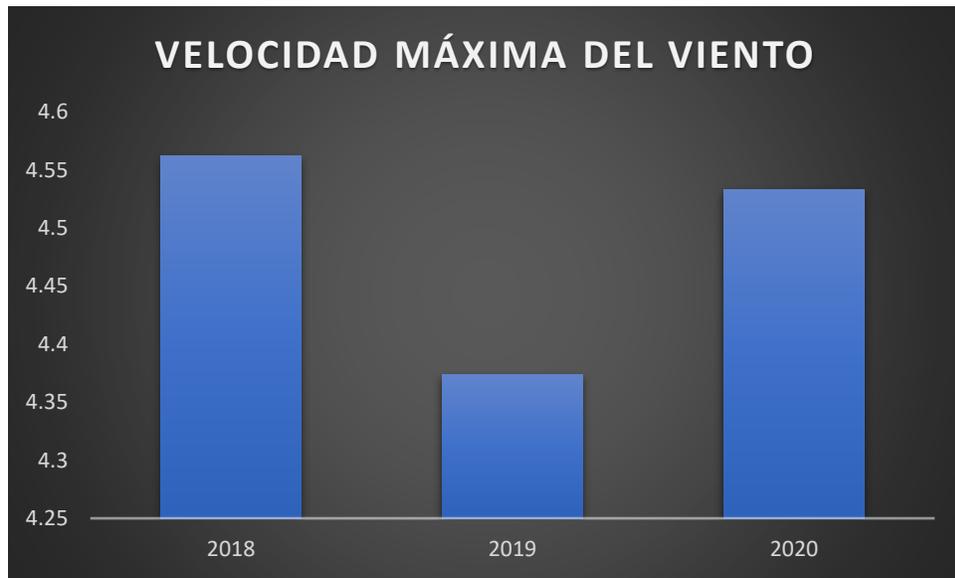
- VELOCIDAD MÁXIMA

Grafica 29: Variación mes a mes de la velocidad máxima del viento medida en m/s, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.



Fuente propia.

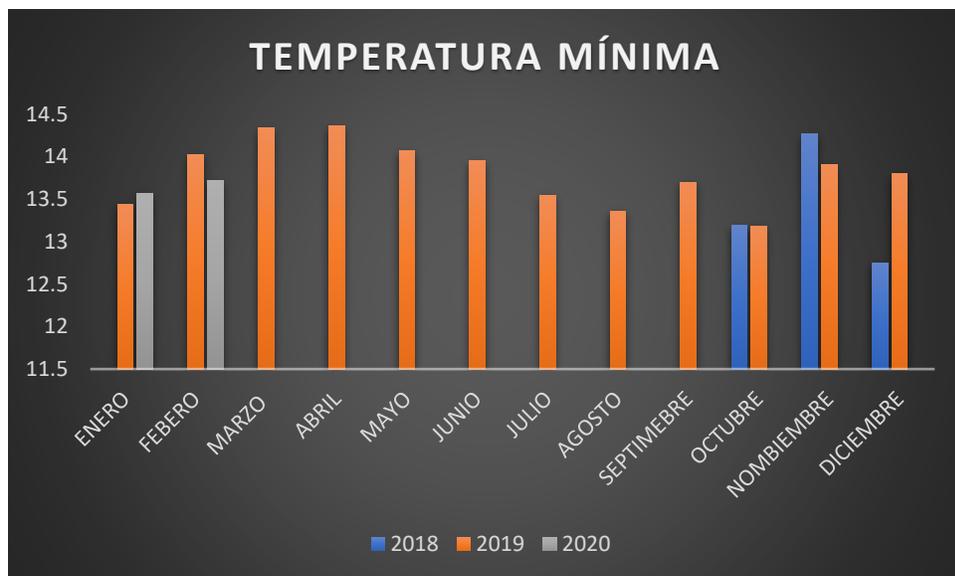
Grafica 30: Variación año a año de la velocidad máxima del viento medida en m/s, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.



Fuente propia.

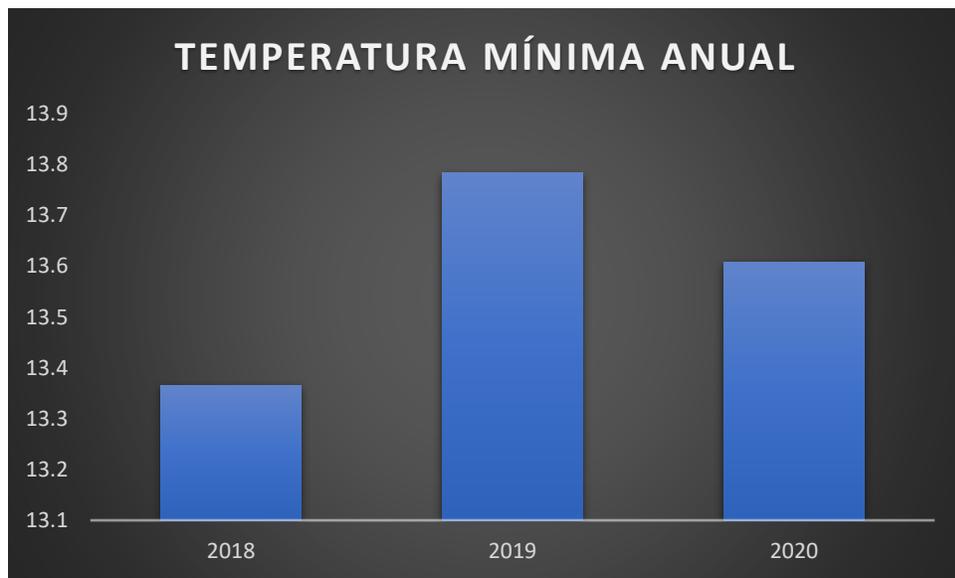
- TEMPERATURA MÍNIMA

Grafica 31: Variación mes a mes de la temperatura mínima medida en °C, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.



Fuente propia.

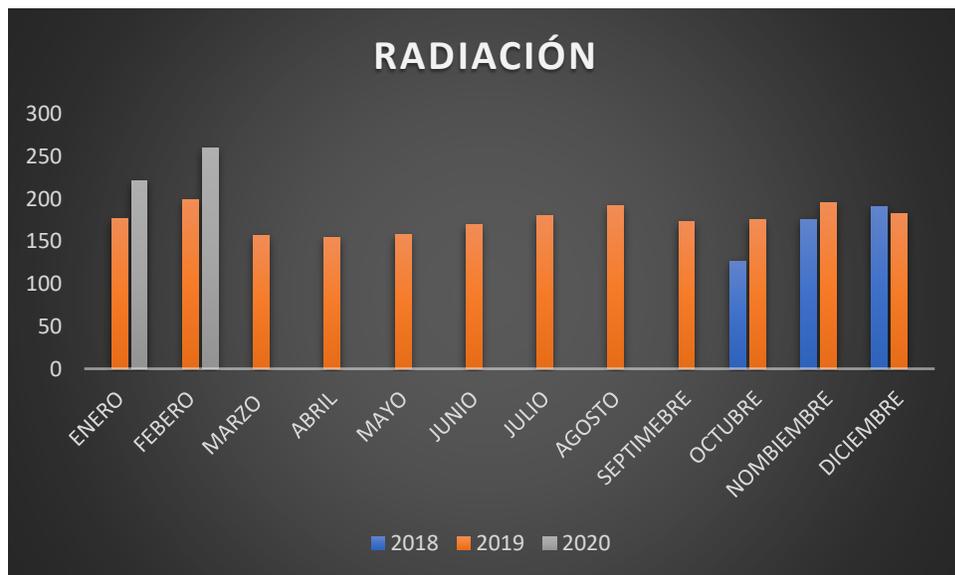
Grafica 32: Variación año a año de la temperatura mínima medida en °C, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.



Fuente propia.

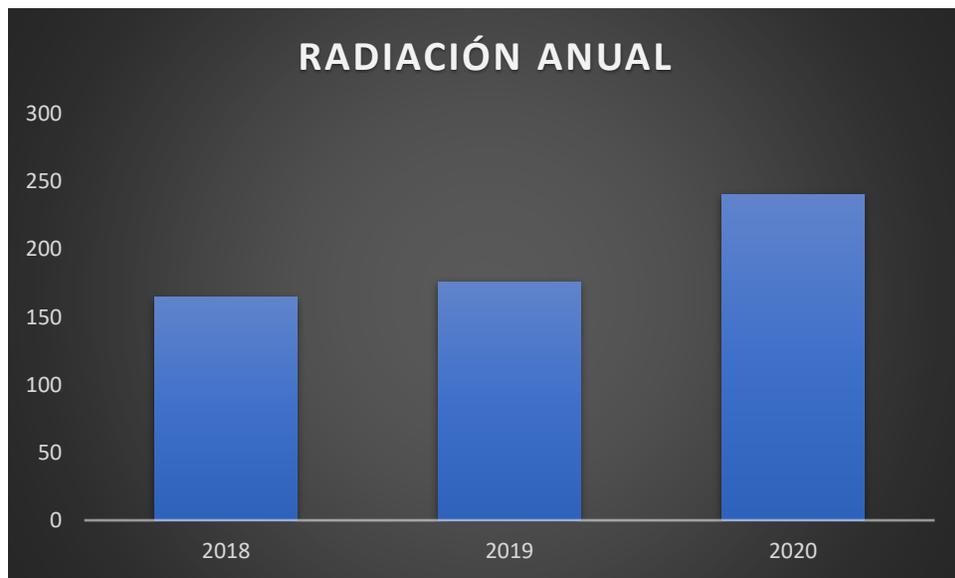
- RADIACIÓN

Grafica 33: Variación mes a mes de la radiación medida en W/m², estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.



Fuente propia.

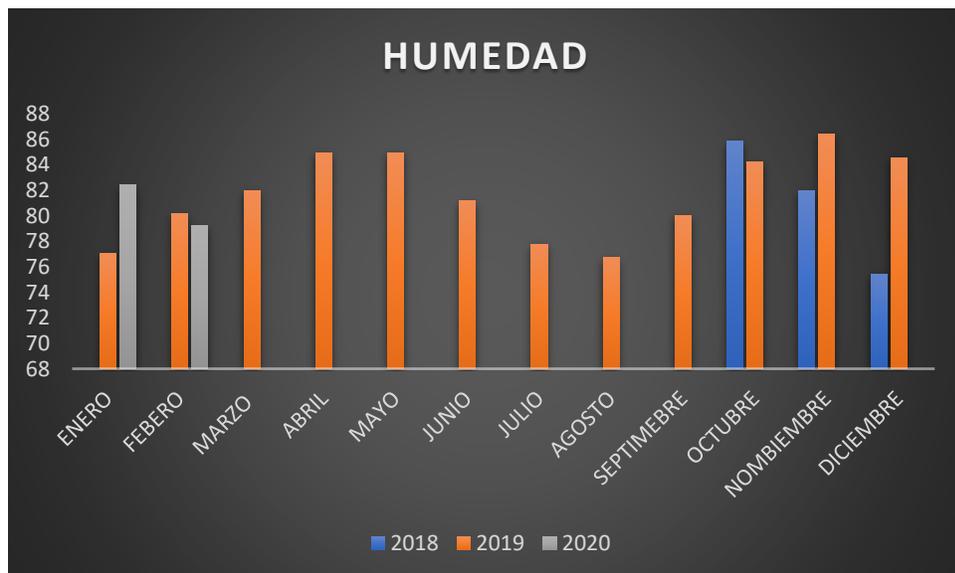
Grafica 34: Variación año a año de la radiación medida en W/m², estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.



Fuente propia.

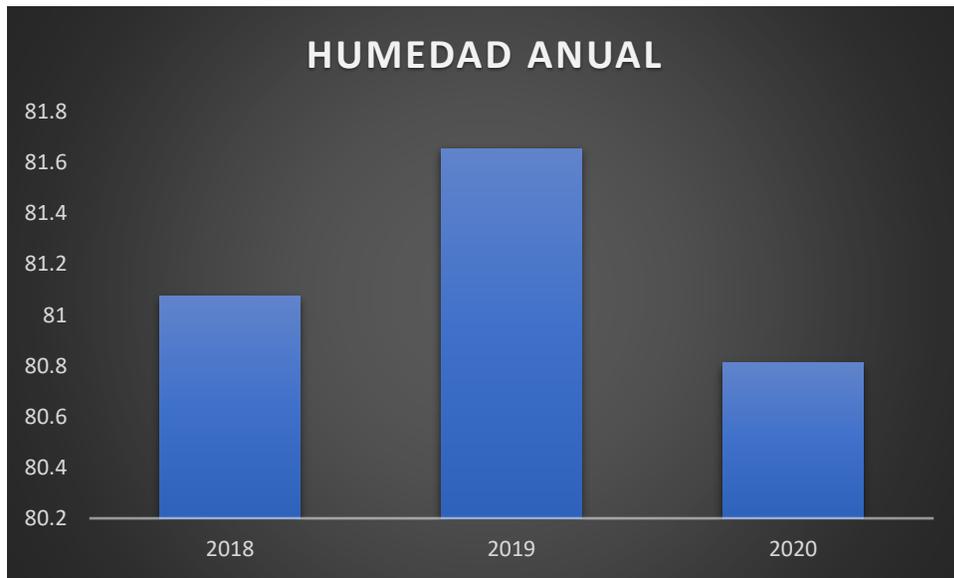
- HUMEDAD

Grafica 35: Variación mes a mes de la humedad medida en %, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.



Fuente propia.

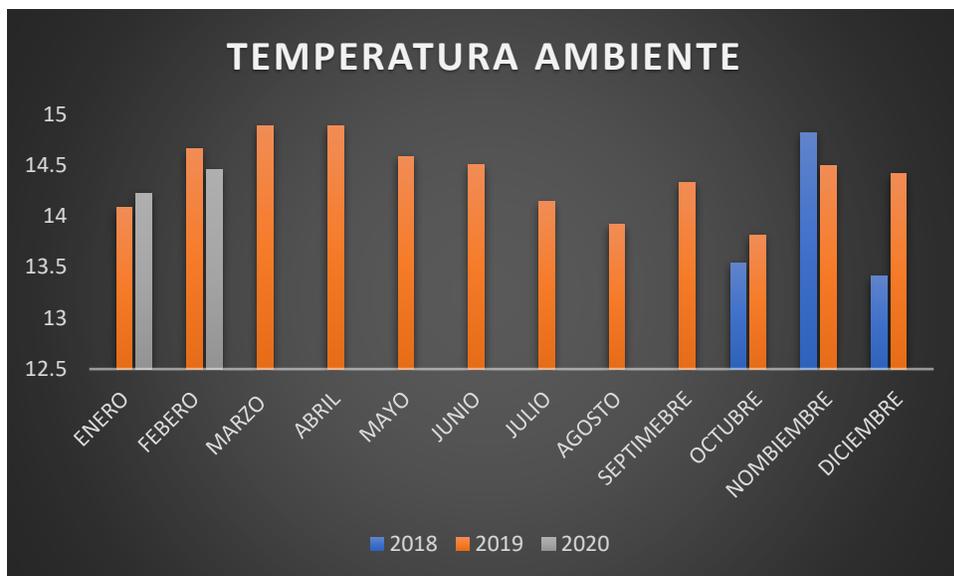
Grafica 36: Variación año a año de la humedad medida en %, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.



Fuente propia.

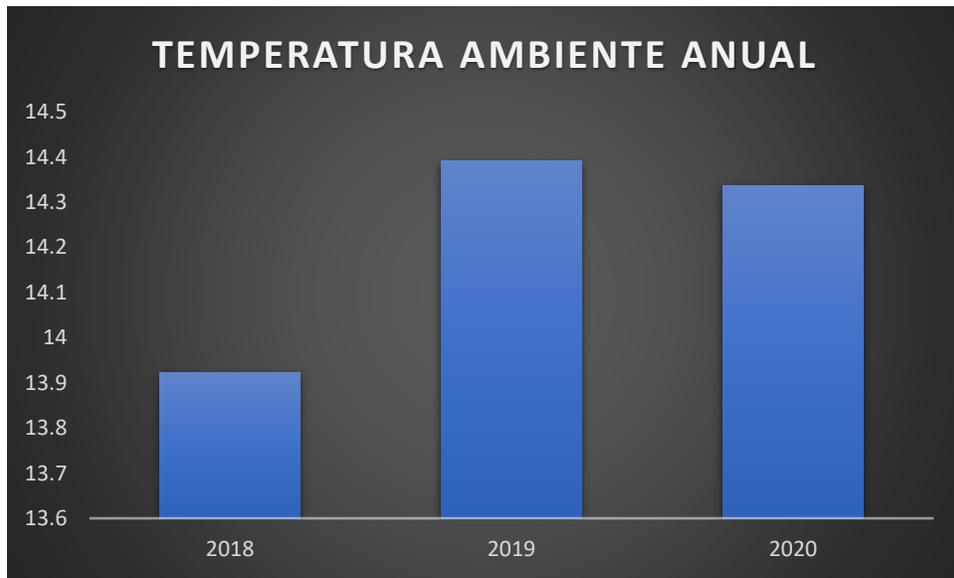
- TEMPERATURA AMBIENTE

Grafica 37: Variación mes a mes de la temperatura ambiente medida en °C, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.



Fuente propia.

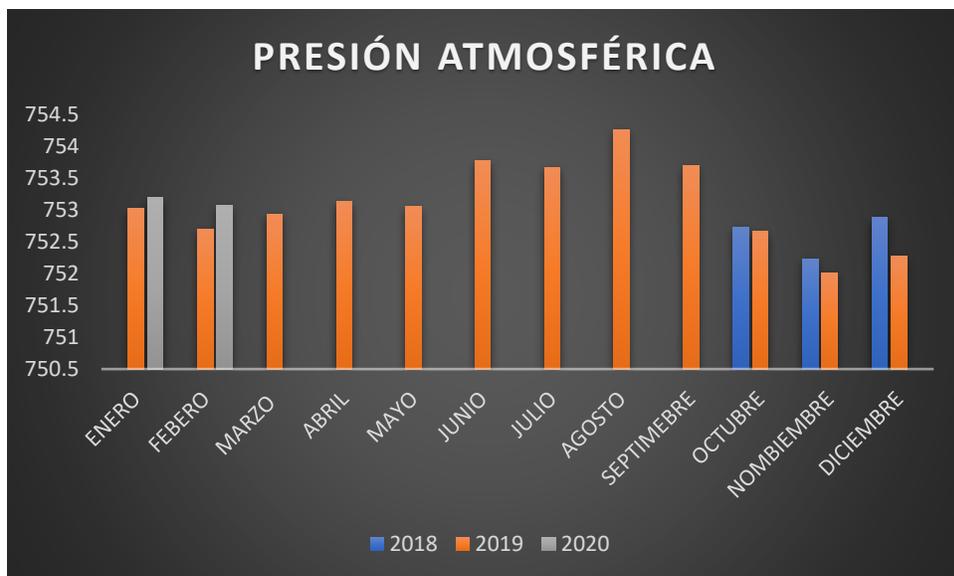
Grafica 38: Variación año a año de la temperatura ambiente medida en °C, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.



Fuente propia.

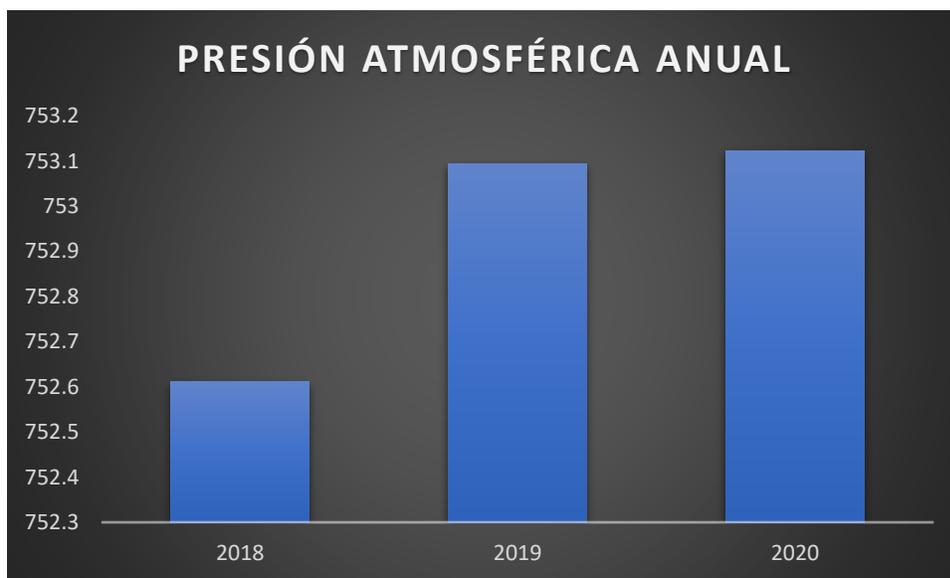
- PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Grafica 39: Variación mes a mes de la presión atmosférica medida en hPA, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.



Fuente propia.

Grafica 40: Variación año a año de la presión atmosférica medida en hPA, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.



Fuente propia.

- DIRECCIÓN DEL VIENTO

Grafica 41: Variación mes a mes de la dirección del viento medida en grados, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.



Fuente propia.

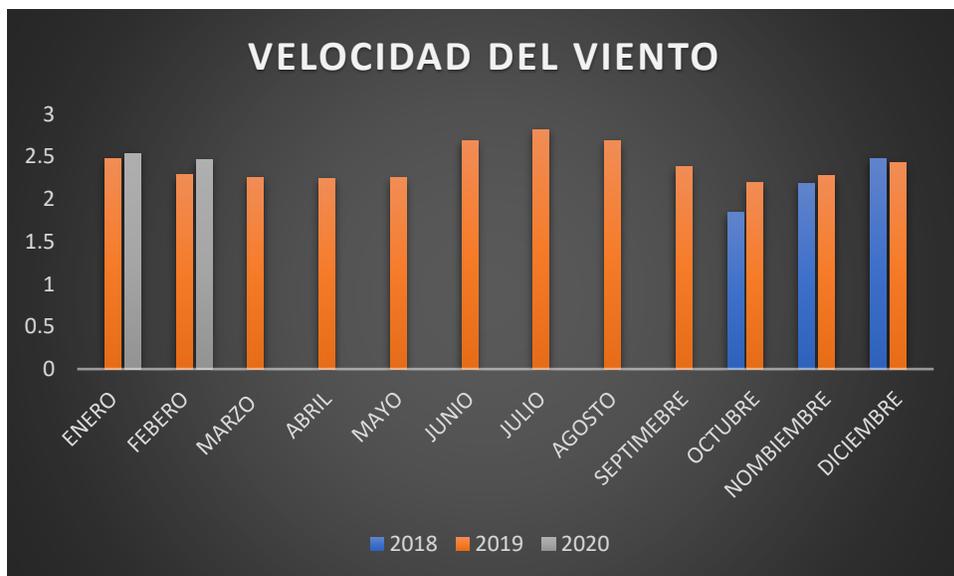
Grafica 42: Variación año a año de la dirección del viento medida en grados, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.



Fuente propia.

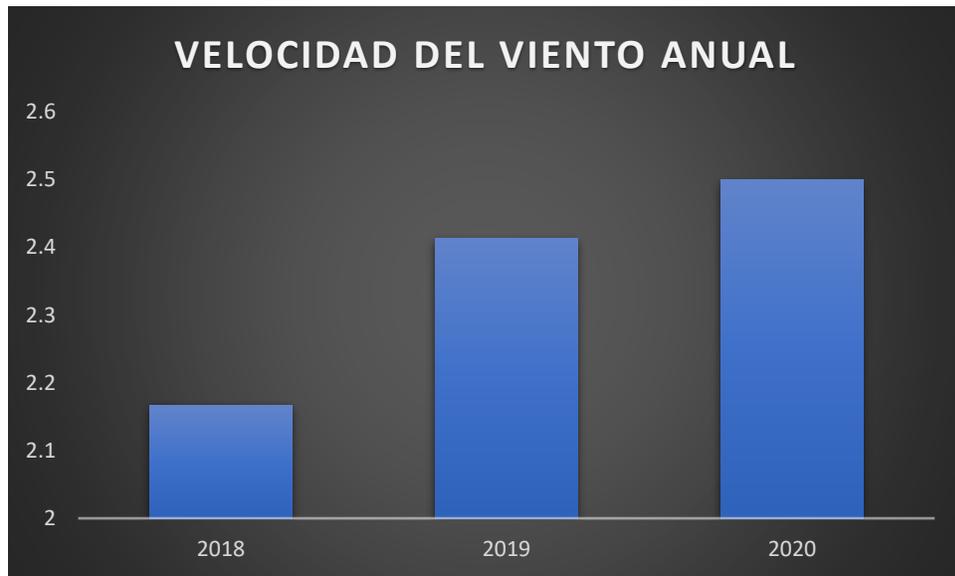
- VELOCIDAD DEL VIENTO

Grafica 43: Variación mes a mes de la velocidad del viento medida en m/s, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.



Fuente propia.

Grafica 44: Variación año a año de la velocidad del viento medida en m/s, estación Aeropuerto el Dorado, durante el 2018-2020.

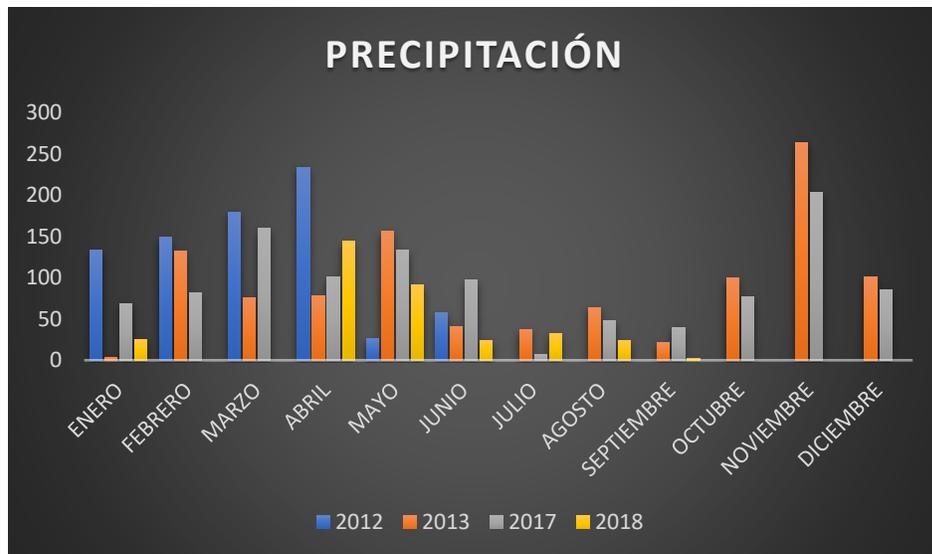


Fuente propia.

ESTACIÓN UNIVERSIDAD NACIONAL

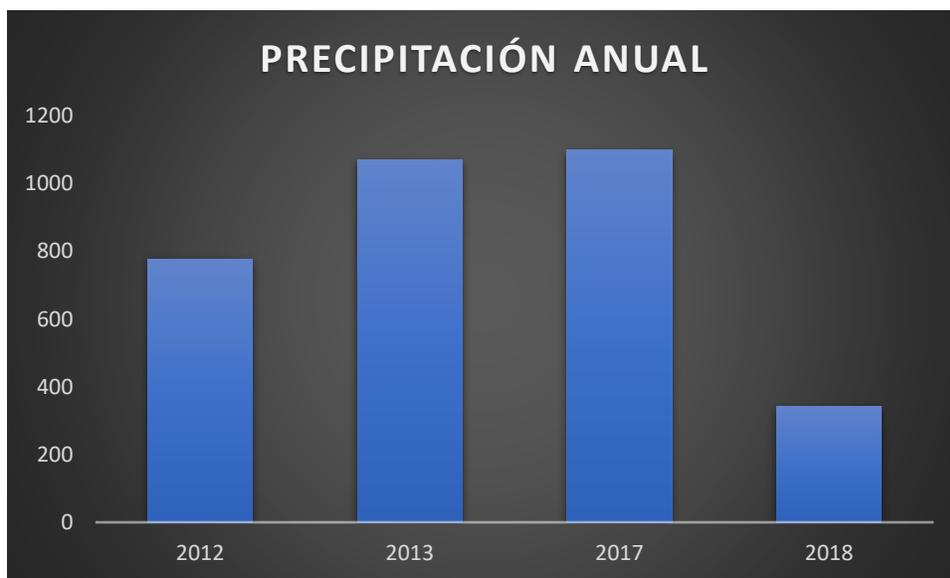
- PRECIPITACIÓN

Grafica 45: Variación mes a mes de la precipitación medida en mm, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2018.



Fuente propia.

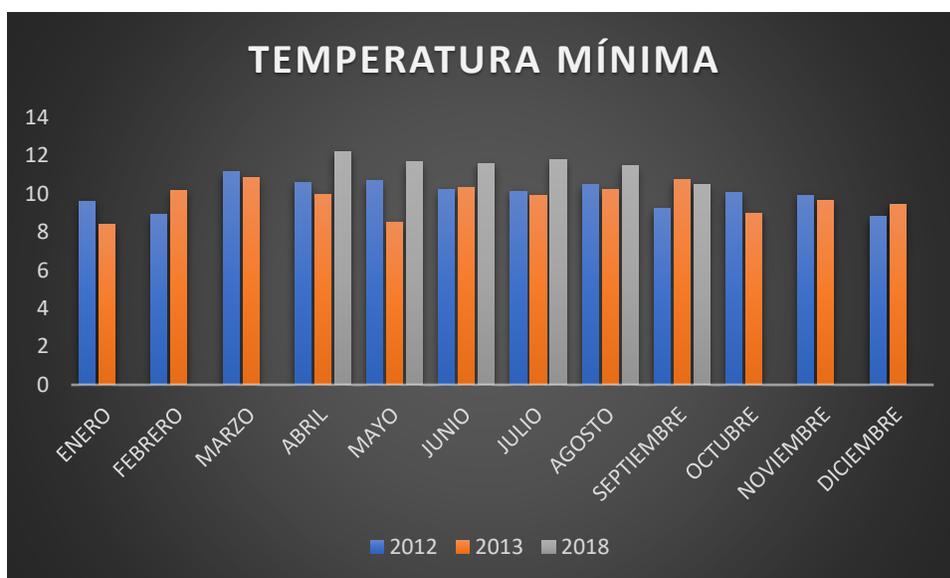
Grafica 46: Variación año a año de la precipitación medida en mm, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2018.



Fuente propia.

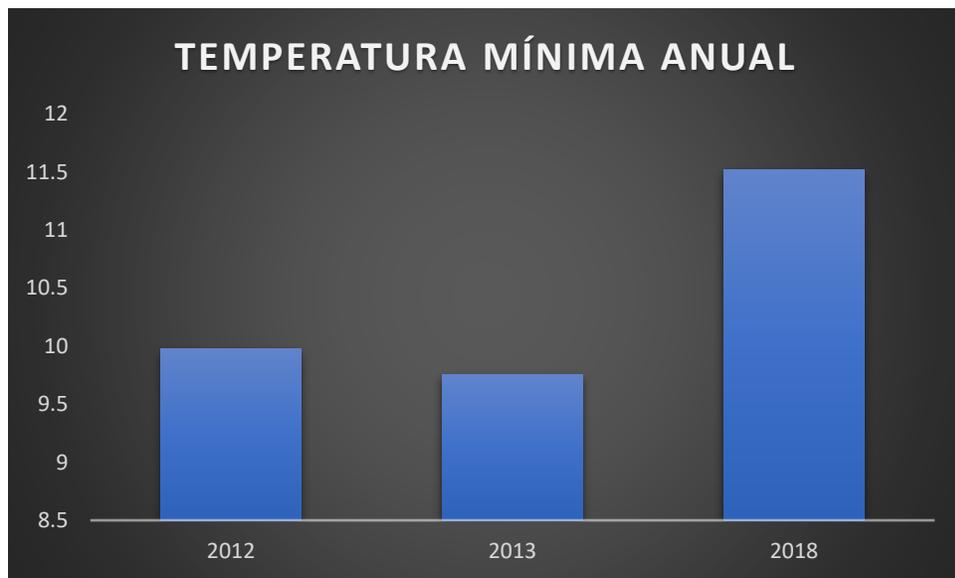
- TEMPERATURA MÍNIMA

Grafica 47: Variación mes a mes de la temperatura mínima medida en °C, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2018.



Fuente propia.

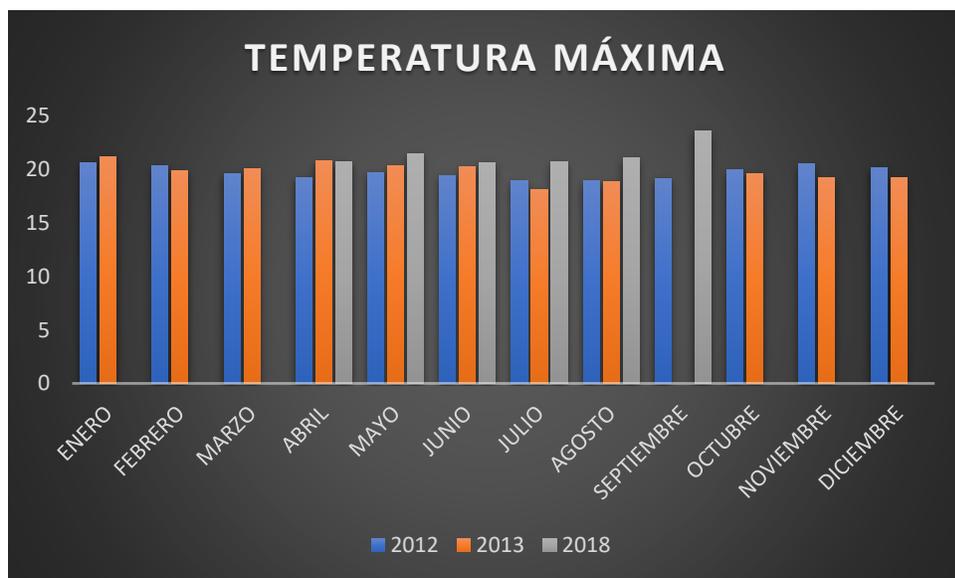
Grafica 48: Variación año a año de la temperatura mínima medida en mm, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2018.



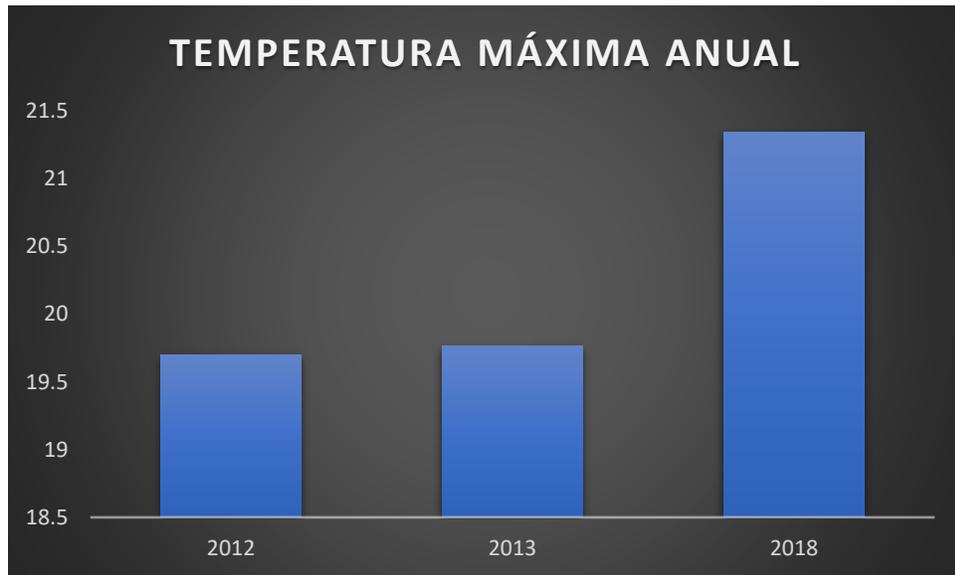
Fuente propia.

- TEMPERATURA MÁXIMA

Grafica 49: Variación mes a mes de la temperatura máxima medida en °C, estación Universidad Nacional, durante el 2018.



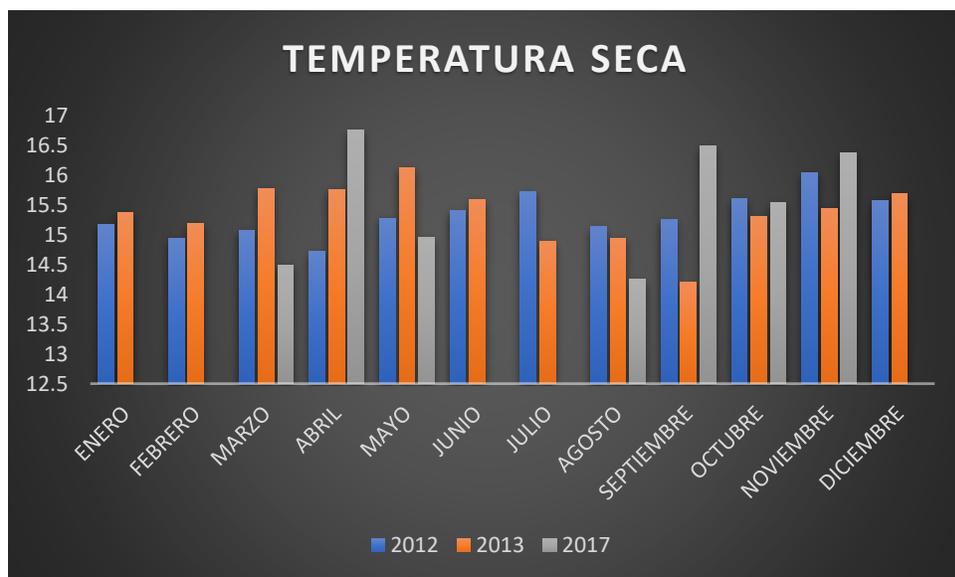
Fuente propia.



Grafica 50: Variación año a año de la temperatura máxima medida en mm, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2018. Fuente propia.

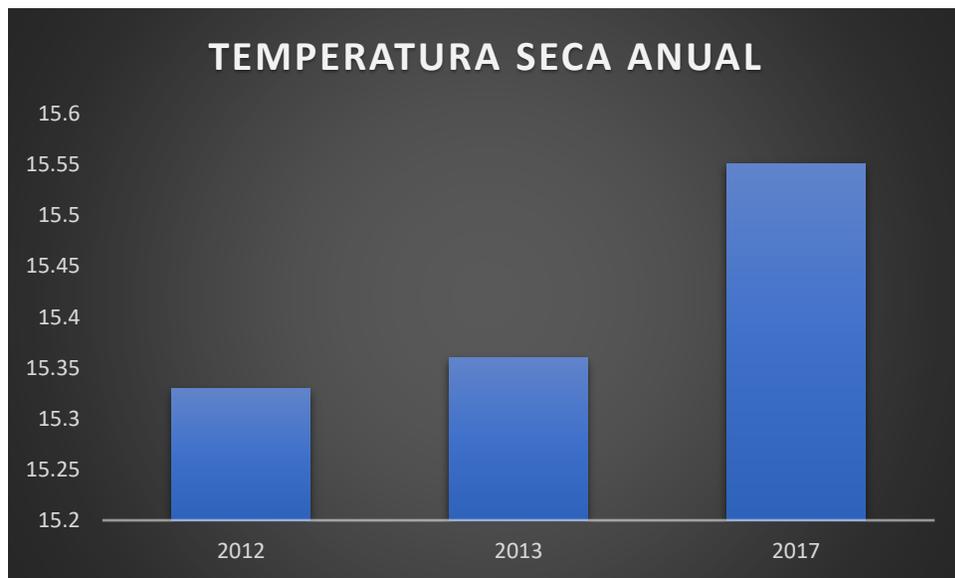
- TEMPERATURA SECA

Grafica 51: Variación mes a mes de la temperatura seca medida en °C, estación Universidad Nacional, durante el 2013-2017.



Fuente propia.

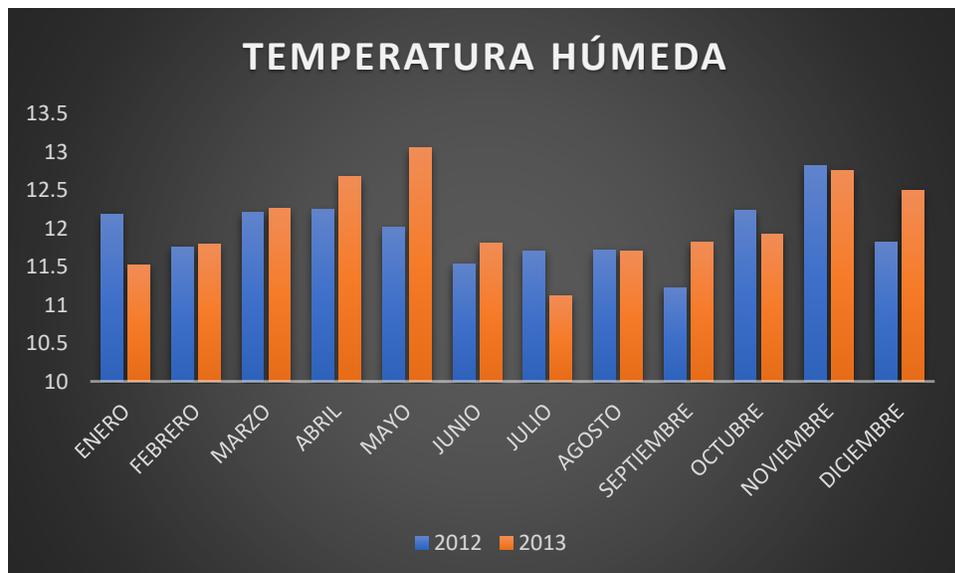
Grafica 52: Variación año a año de la temperatura máxima medida en mm, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2017.



Fuente propia.

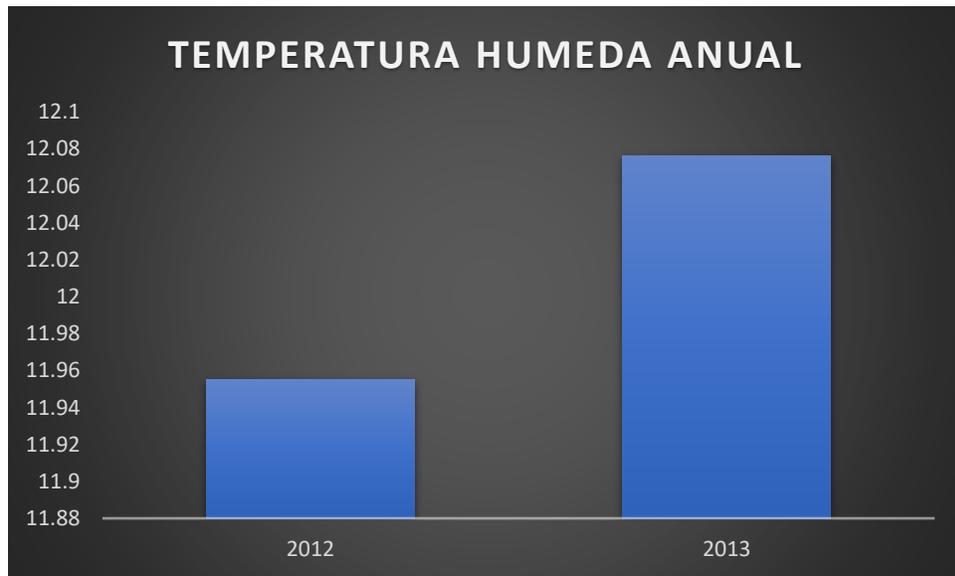
- TEMPERATURA HÚMEDA

Grafica 53: Variación mes a mes de la temperatura húmeda medida en °C, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2013.



Fuente propia.

Grafica 54: Variación año a año de la temperatura húmeda medida en °C, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2013.



Fuente propia.

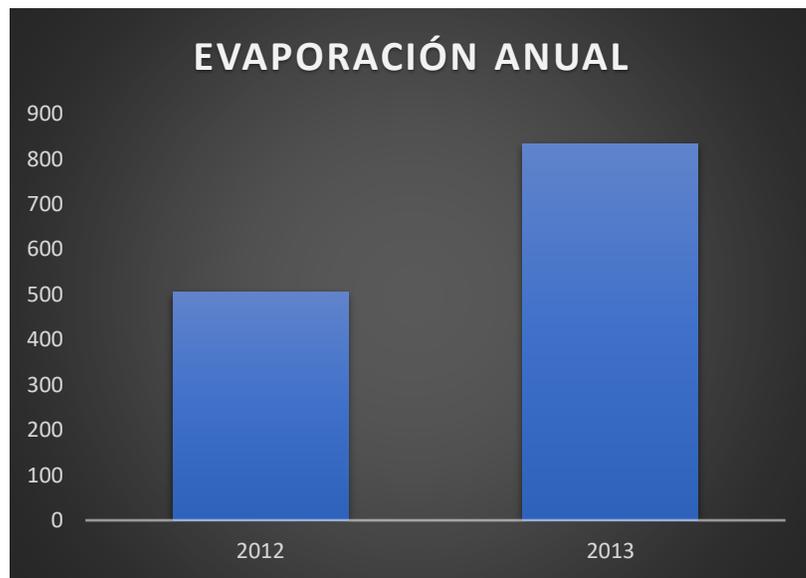
- EVAPORACIÓN

Grafica 55: Variación mes a mes de la evaporación medida en mm, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2013.



Fuente propia.

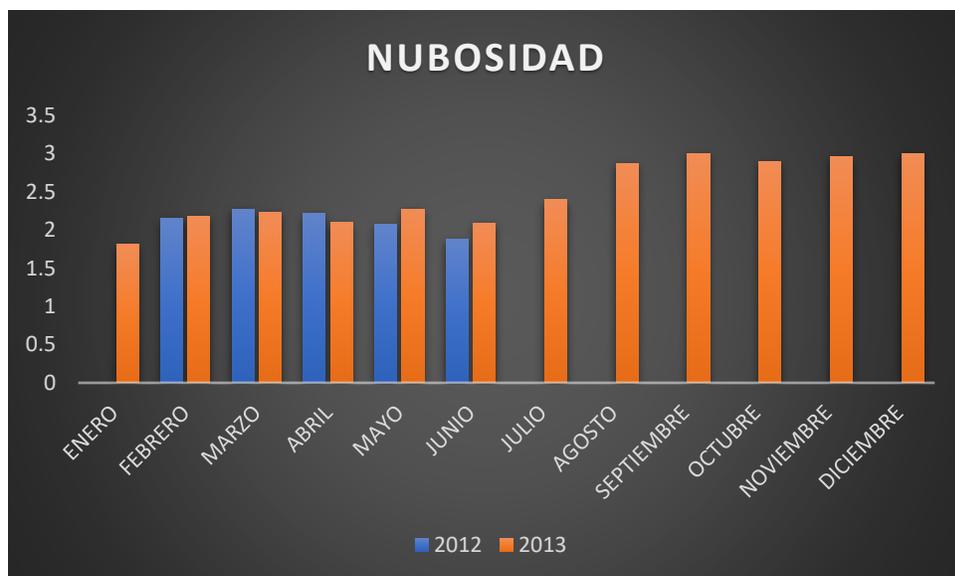
Grafica 56: Variación año a año de la evaporación medida en mm, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2013.



Fuente propia.

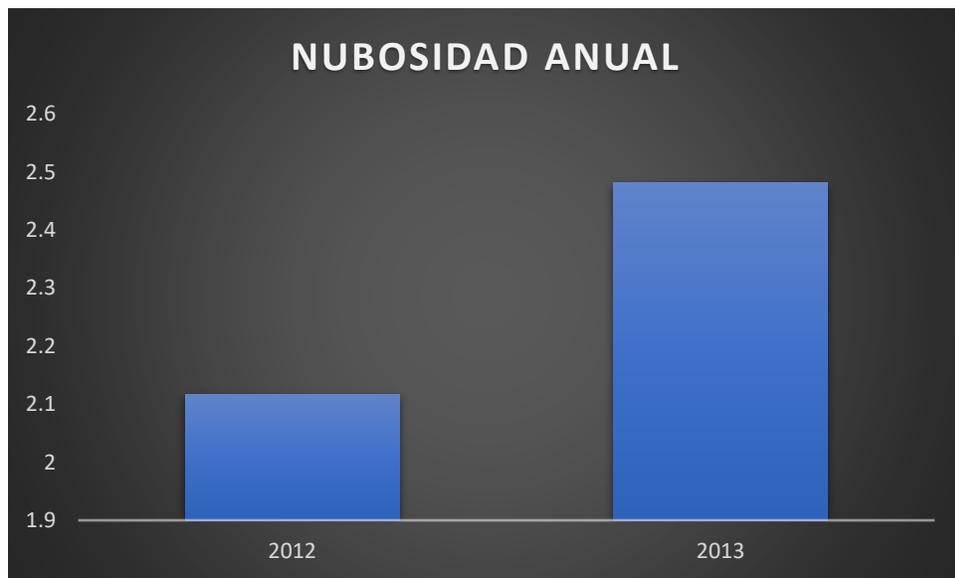
- NUBOSIDAD

Grafica 57: Variación mes a mes de la nubosidad medida en octas, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2013.



Fuente propia.

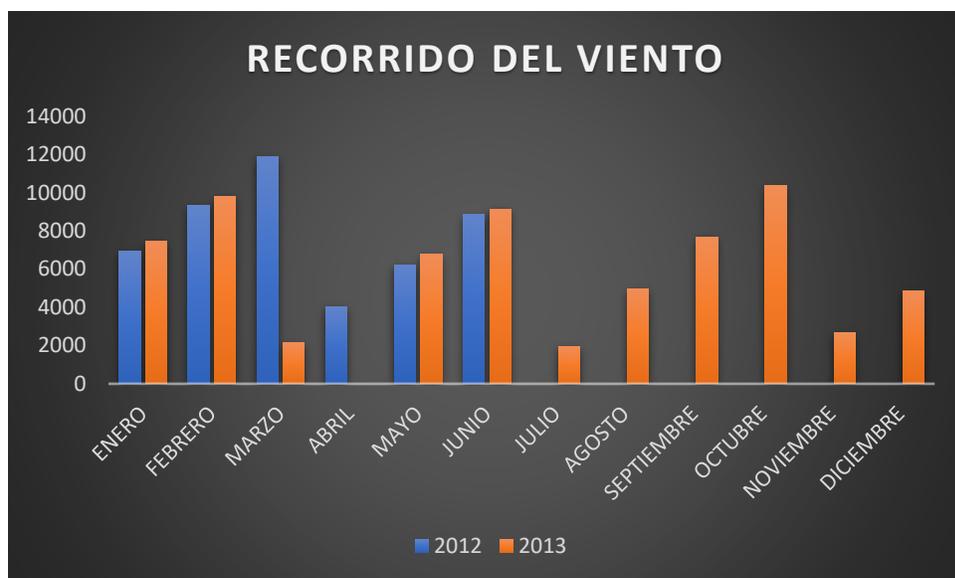
Grafica 58: Variación año a año de la nubosidad medida en octas, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2013.



Fuente propia.

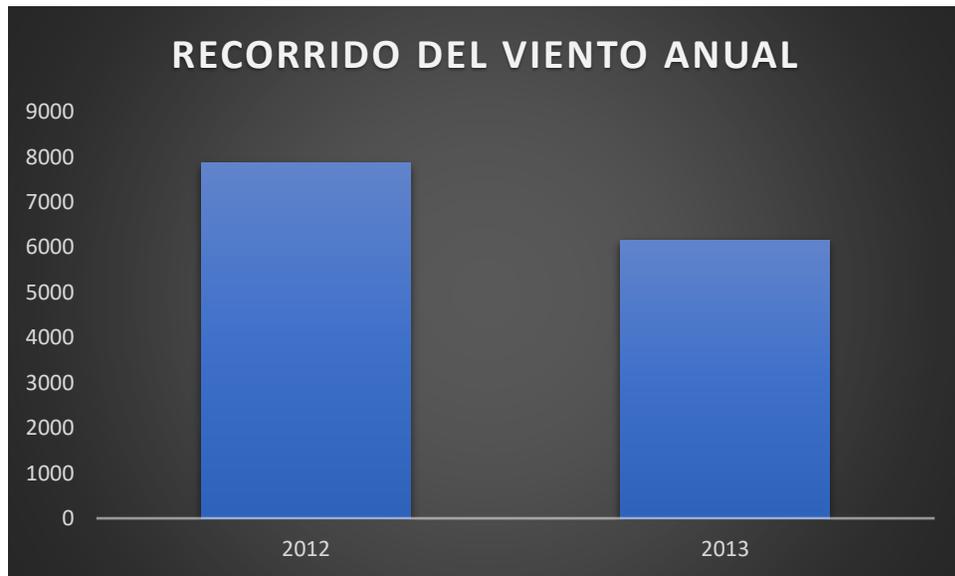
- RECORRIDO DEL VIENTO

Grafica 59: Variación mes a mes del recorrido del viento medida en grados, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2013.



Fuente propia.

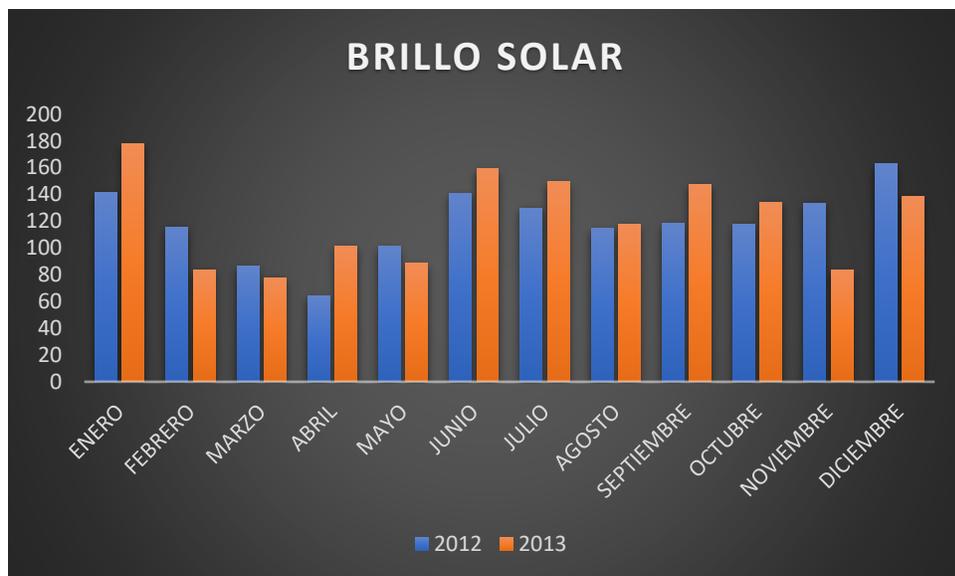
Grafica 60: Variación año a año del recorrido del viento medida en grados, estación Universidad Nacional, durante el 2012-2013.



Fuente propia.

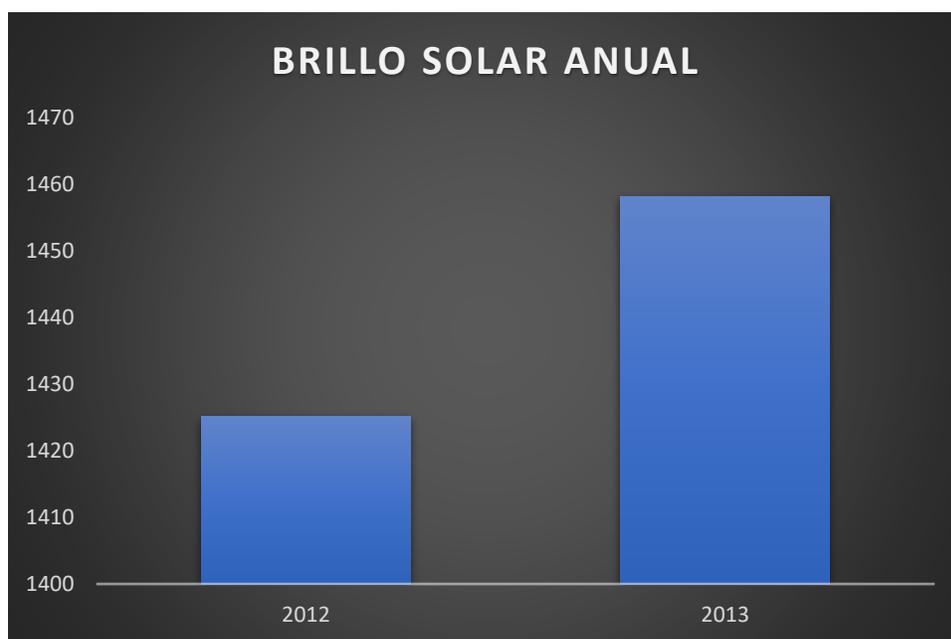
- BRILLO SOLAR

Grafica 61: Variación mes a mes del brillo solar medido h/mes (horas/mes), estación Universidad Nacional, durante el 2012-2013.



Fuente propia.

Grafica 62: Variación año a año del brillo solar medido h/mes (horas/mes), estación Universidad Nacional, durante el 2012-2013.



Fuente propia.

13. ANALISIS DE RESULTADOS

Como ya se había mencionado con anterioridad, se dio mayor enfoque a realizar un análisis a los datos obtenidos por la estación del Jardín Botánico, dado que con respecto al registro de datos que se obtuvo con esta estación se podían evidenciar series de datos más completos, además como se observó en la figura 12, en la que se identificó, que las estaciones del Jardín Botánico y el Cubo de Colsubsidio se encuentran localizadas en la misma caracterización climática.

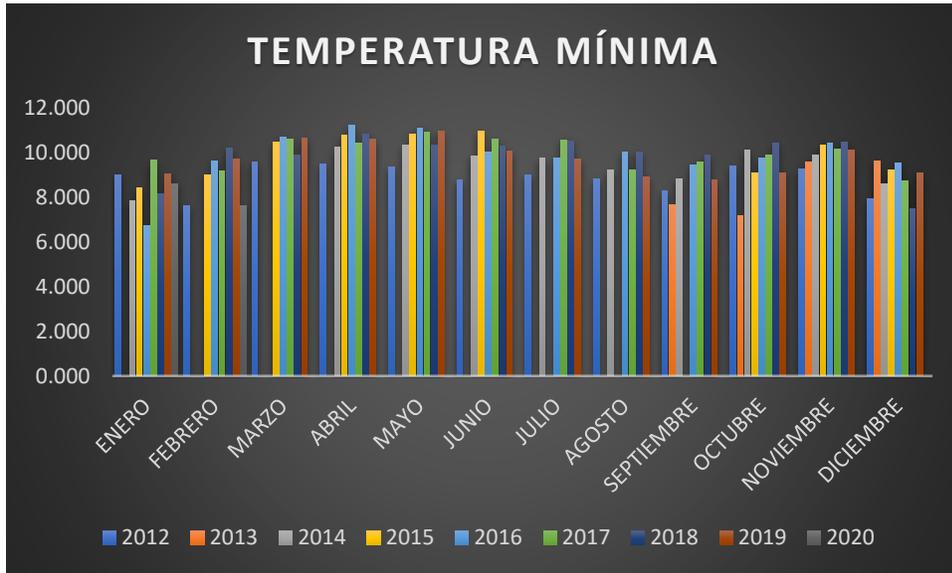
Partiendo de la información que se tomó para el diseño bioclimático del edificio el cubo de Colsubsidio, especificadas en la sección 11.5 de este documento, tabla 16. Se definió como para metros de comparación, la información brindada por las estaciones el jardín botánico y el cubo, en las siguientes variables: precipitación, temperatura mínima, y temperatura máxima. Dado que esta es la información que se encontró, la cual coincidían entre las estaciones y los periodos de tiempos en los que hay registro de información.

Tomando a consideración lo anterior, a continuación, se mostrará los datos suministrados por la estación del jardín botánico, de las variables que se van analizar con la información suministrada por la estación del cubo de Colsubsidio. Dicha información se representa mediante los gráficos mostrados, la información sobre la cual se basan estas graficas la encontramos en el anexo 11.

JARDÍN BOTÁNICO

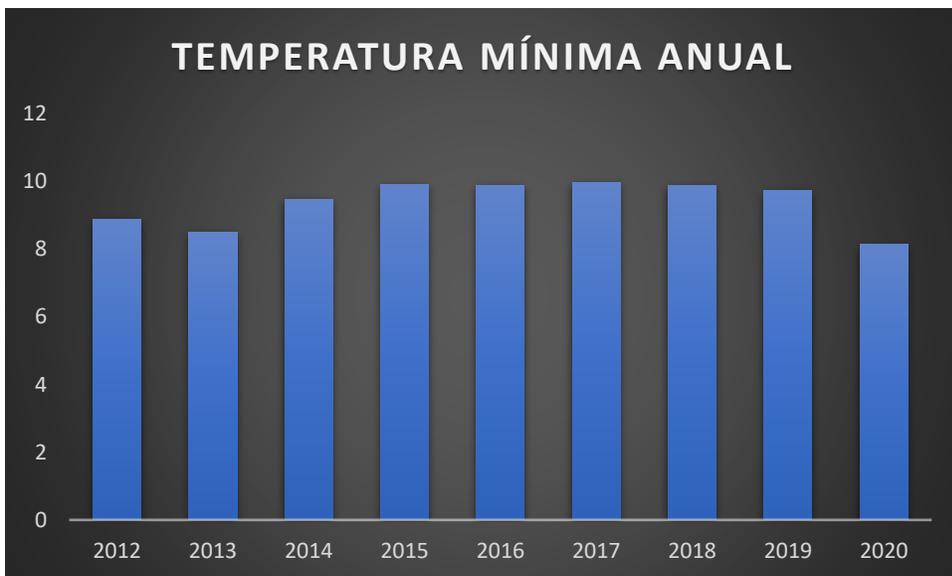
- TEMPERATURA MÍNIMA

Grafica 63: Variación año a año mensual de la temperatura mínima medido °C, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2020.



Fuente propia.

Grafica 64: Variación año a año de la temperatura mínima medida °C, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2020.



Fuente propia.

Hallazgos de las gráficas:

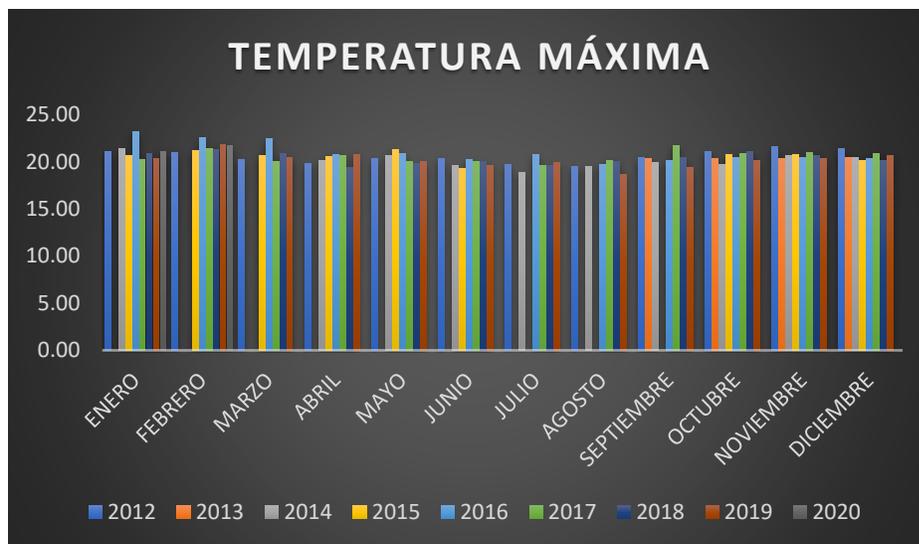
Al observar las variaciones promedio anuales de esta variable, se puede estimar que el delta de variación no tiene grandes sesgos, tomando el promedio máximo (9.97 °C), en el año 2017 y el promedio mínimo (8,13 °C), se pudo notar que el delta de temperatura no alcanza a superar los 2 °C. Cabe aclarar que, en el promedio mínimo, únicamente se está tomando a consideración 2 meses de este año (2020), además de que hay años en los que se evidencia que no hay registro de datos en la totalidad de sus meses. Mientras que en los años que presentan un registro de datos en la totalidad de sus meses, se evidencio que no hay una variación significativa (años 2016-17-18-19). la variación que se presenta, se encuentra registrada en un periodo de tiempo de p años (2012-2020).

La información descrita en este análisis, se encuentra en la tabla 61, del anexo 11.

Según (IDEAM -Instituto de Hidrología, 2020a), indica que el promedio anual de temperatura mínima oscila entre 8 y 10 °C, bajo estas condiciones, se estima que la variación que presenta la información suministrada por la estación del jardín botánico, estas valores se encuentran dentro de los rangos sugeridos, mostrando así una baja variación a lo largo del tiempo.

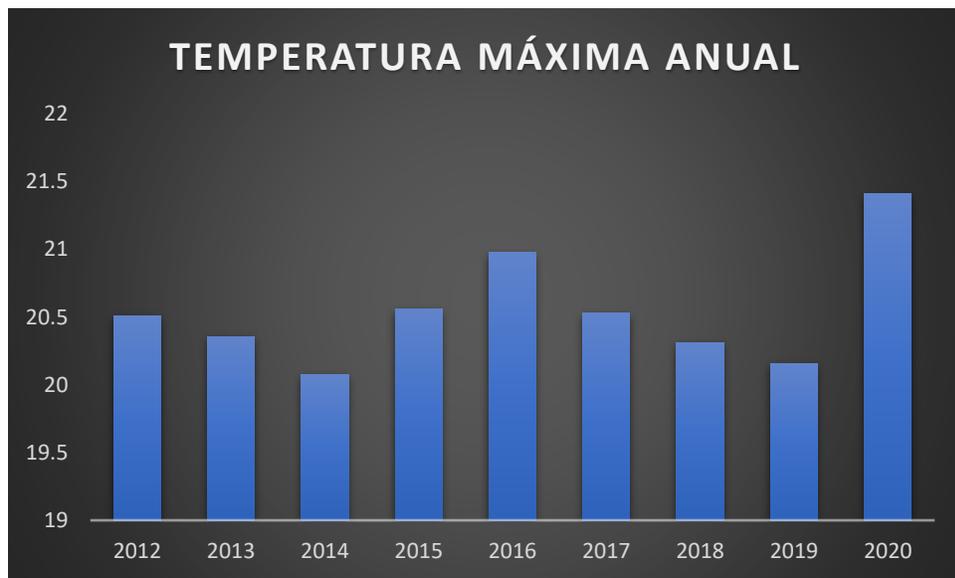
- TEMPERATURA MÁXIMA

Grafica 65: Variación año a año mensual de la temperatura máxima medido °C, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2020.



Fuente propia.

Grafica 66: Variación año a año del mes de diciembre de la temperatura máxima medido °C, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2020.



Fuente propia.

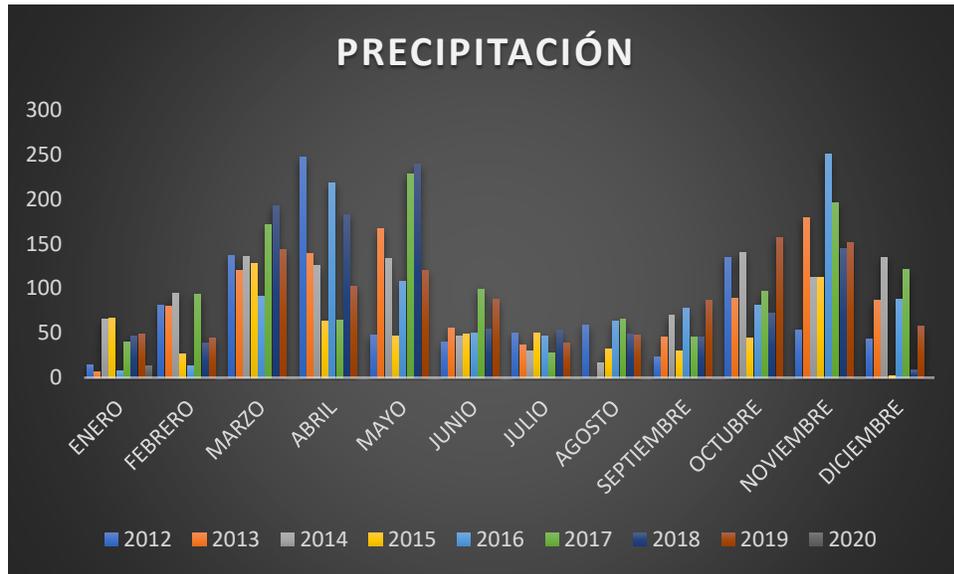
Hallazgos de las gráficas:

En esta variable se observa que la máxima variación que se presentó a lo largo del 2012 al 2020, se estima en un 1.3°C aproximadamente, dentro de la información registrada. En el capítulo 11.6 de este documento (escenarios de cambio climático), se indica que a lo largo del 2011 al 2040, se presentara un incremento aproximado de 1.4°C, valor muy próximo a la variación que se representa en la gráfica 88. La información que soporta esta grafica se encuentra en el anexo 11, la tabla 63.

Según (IDEAM -Instituto de Hidrología, 2020a), la temperatura máxima oscila entre 18 y 20°C, dadas estas condiciones, se evidencia un incremento sobre la información suministrada por la estación del jardín botánico. Dado que se registrando temperaturas promedio superior a las 20°C.

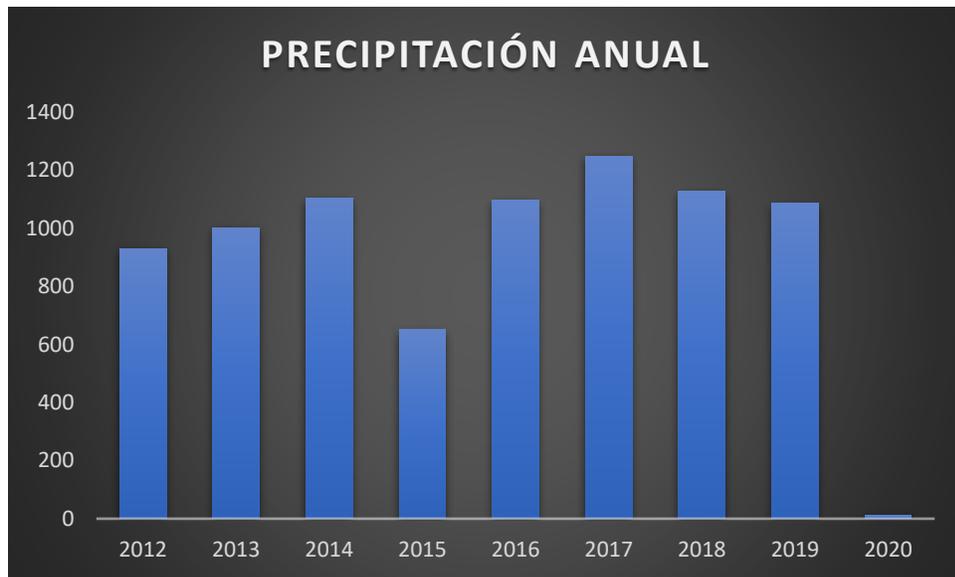
- PRECIPITACIÓN

Grafica 67: Variación año a año mensual de la precipitación medido mm, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2020.



Fuente propia.

Grafica 68: Variación año a año de la precipitación medido mm, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2020.



Fuente propia.

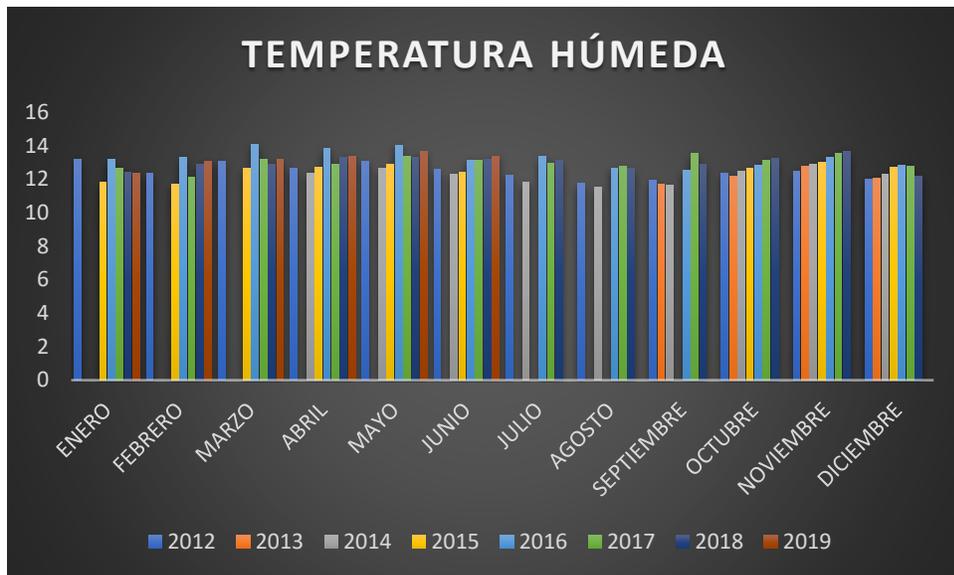
Hallazgos de las gráficas:

Según (IDEAM -Instituto de Hidrología, 2020a), el promedio anual de precipitación, es aproximadamente de 797 mm. En la gráfica 68, se observa como los promedios anuales se encuentran por encima de dicho valor, en su gran mayoría. Estimando así, una variación considerable.

Es importante aclarar, que, en las variables analizadas anteriormente, se omiten los diferentes fenómenos climatológicos que se pueden presentar durante el año.

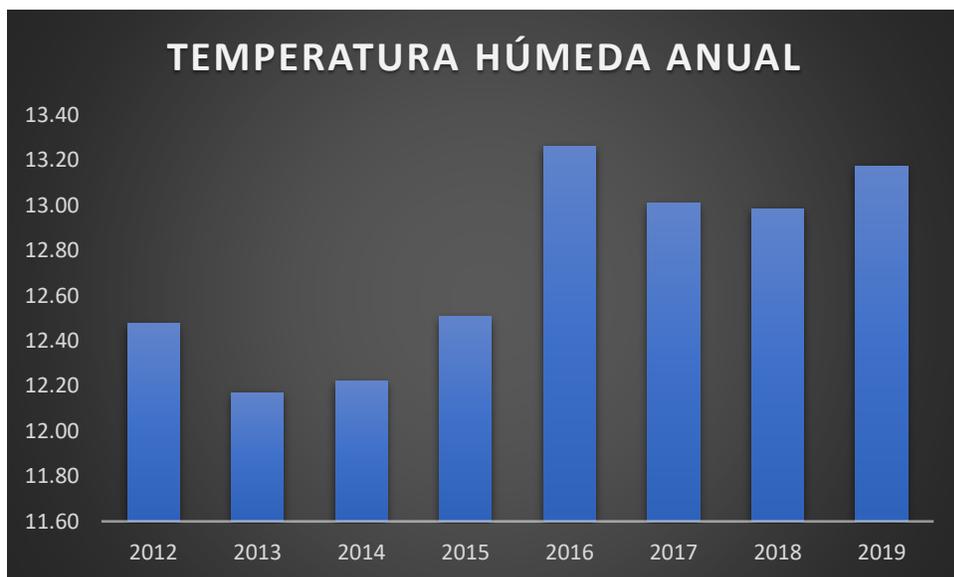
- TEMPERATURA HUMEDA

Grafica 69: Variación año a año mensual de la temperatura húmeda C°, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2020.



Fuente propia

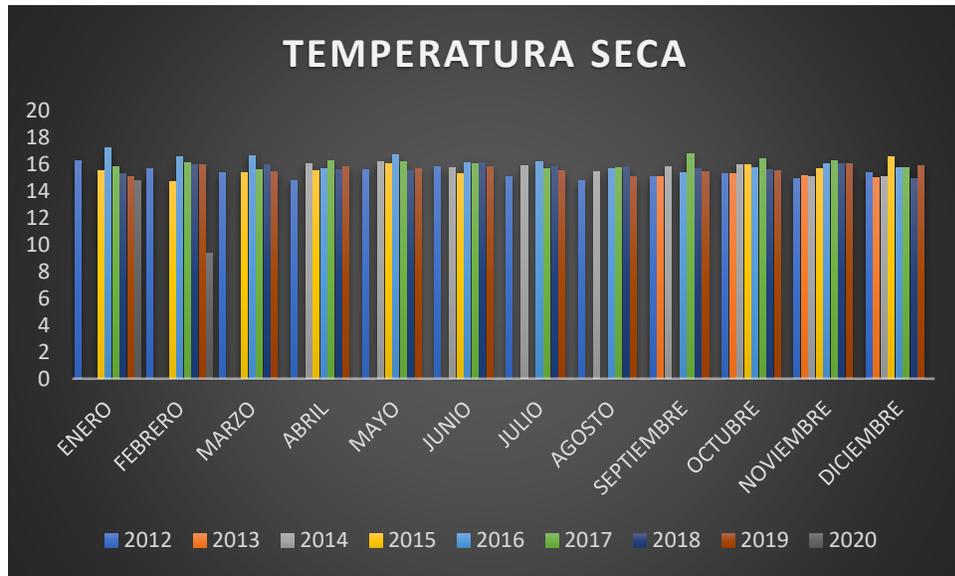
Grafica 70: Variación año a año de la temperatura húmeda anual medida en °C, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2019.



Fuente propia.

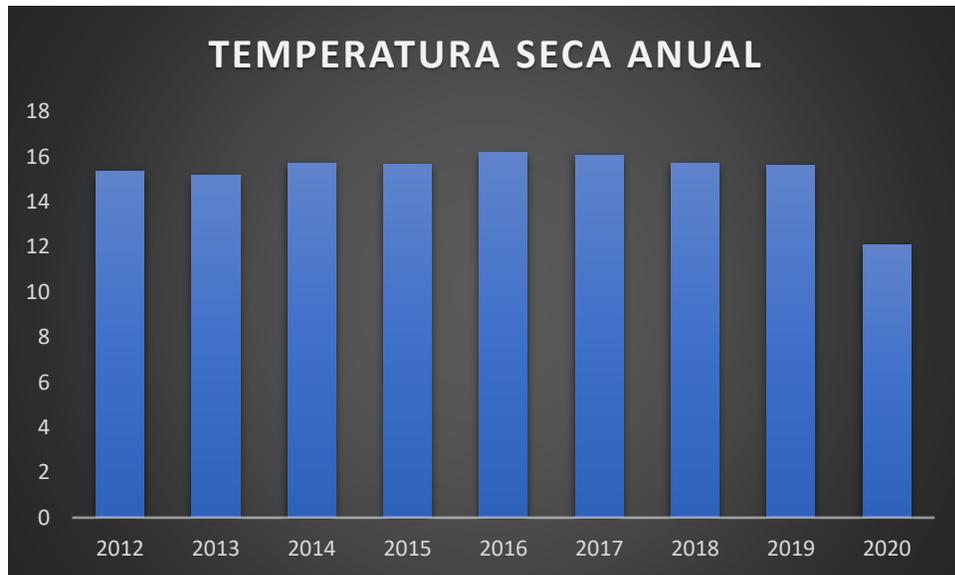
- TEMPERATURA SECA

Grafica 71: Variación año a año mensual de la temperatura seca C°, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2020.



Fuente propia.

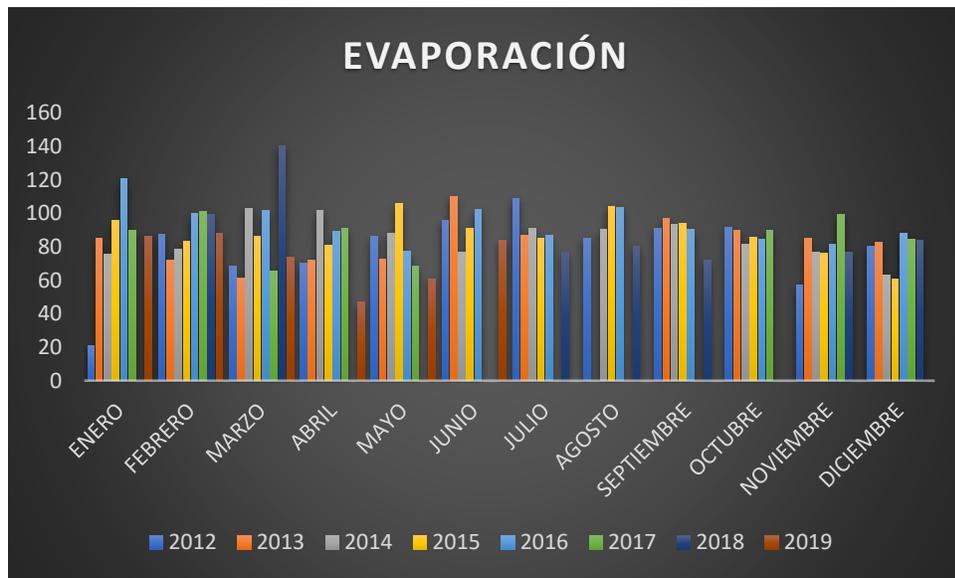
Grafica 72: Variación año a año de la temperatura seca anual medida en °C, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2019.



Fuente propia.

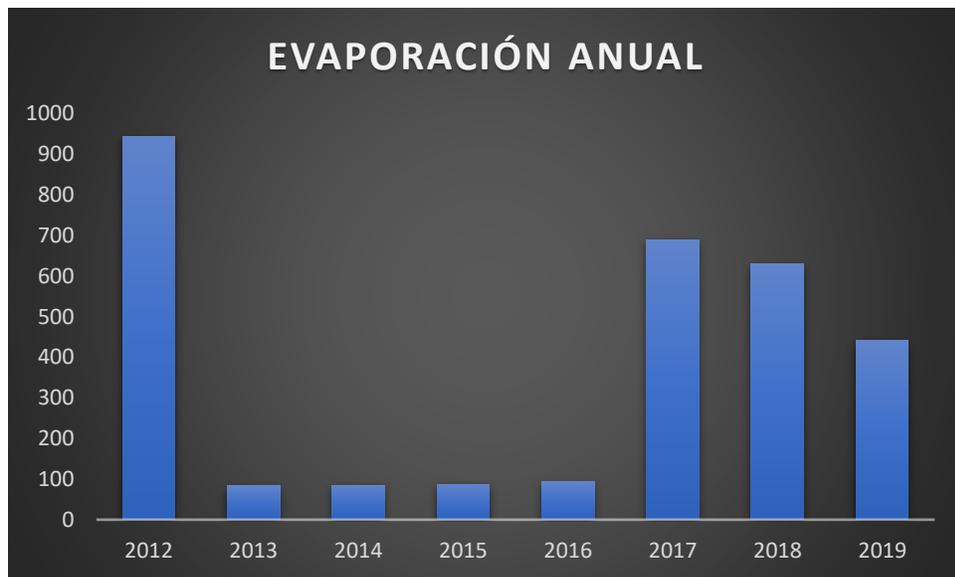
- EVAPORACIÓN

Grafica 73: Variación año a año mensual de la evaporación, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2020.



Fuente propia.

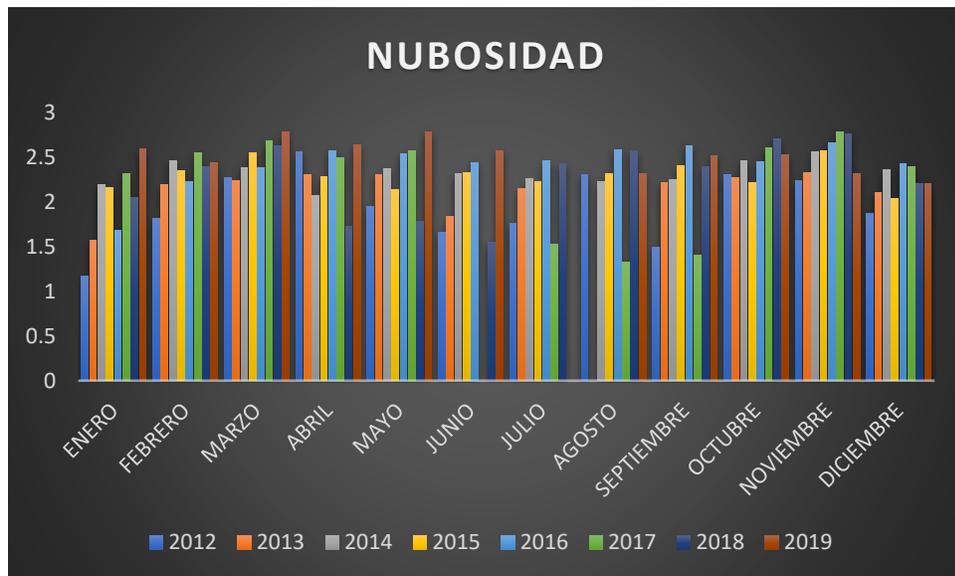
Grafica 74: Variación año a año de la evaporación medido mm, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2019.



Fuente propia.

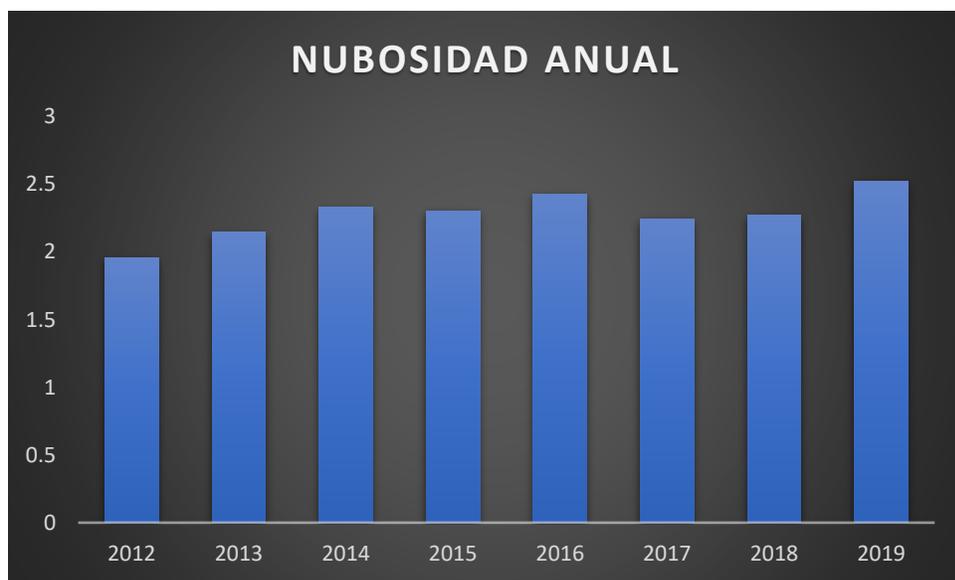
- NUBOSIDAD

Grafica 75: Variación año a año mensual de la nubosidad medida en octas, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2020.



Fuente propia.

Grafica 76: Variación año a año de la nubosidad medida octas, estación Jardín Botánico, durante el 2012-2020.



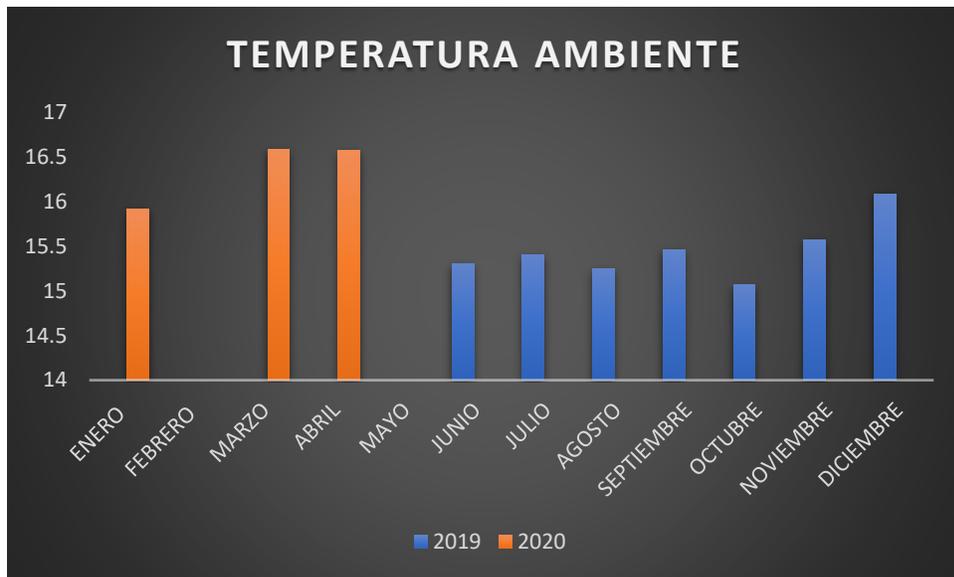
Fuente propia.

A continuación, se mostrará de manera gráfica, la información obtenida de la estación el cubo de Colsubsidio, la información específica, que ha reportada la estación, en cada una de las variables y tiempos registrados, se encuentra en el anexo 12.

ESTACIÓN EL CUBO DE COLSUBSIDIO

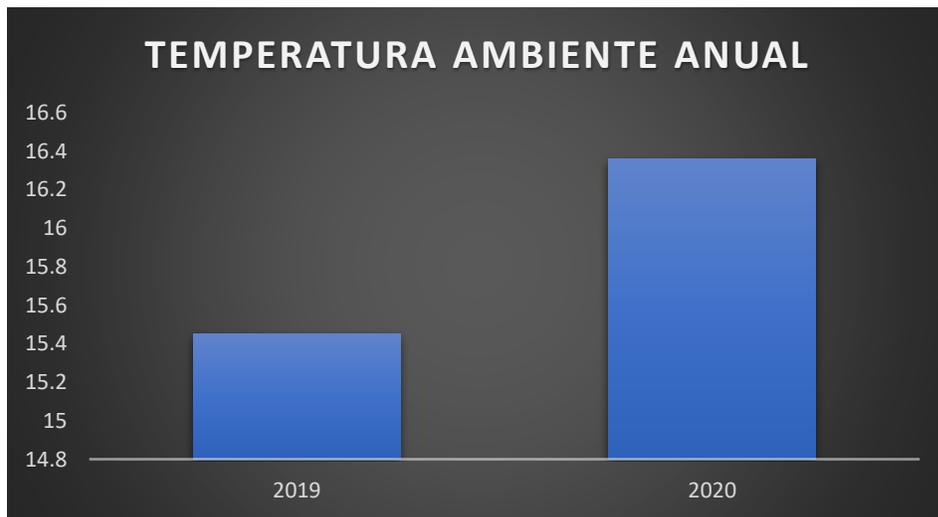
- TEMPERATURA AMBIENTE

Grafica 77: Variación mes a mes de la temperatura ambiente medida °C, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.



Fuente propia.

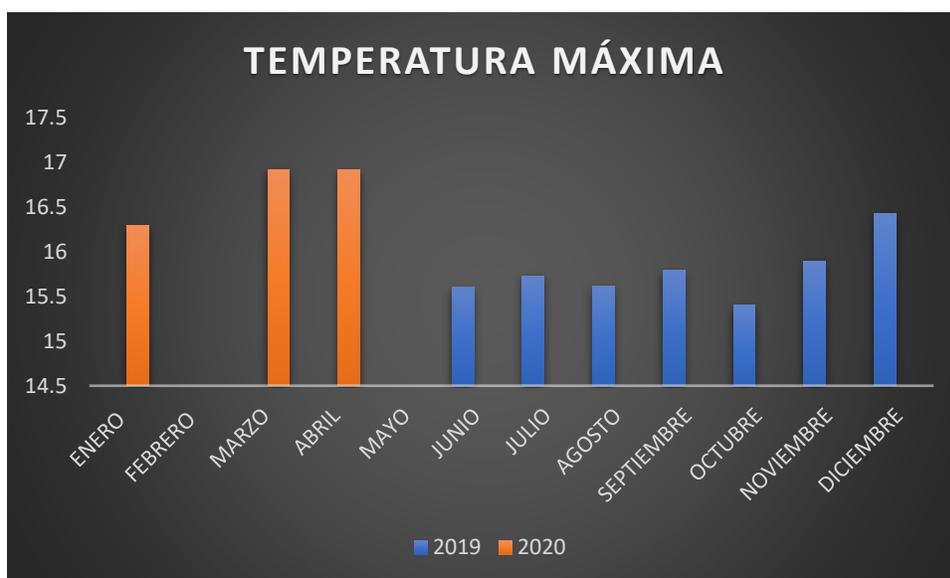
Grafica 78: Variación año a año de la temperatura ambiente medida °C, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.



Fuente propia.

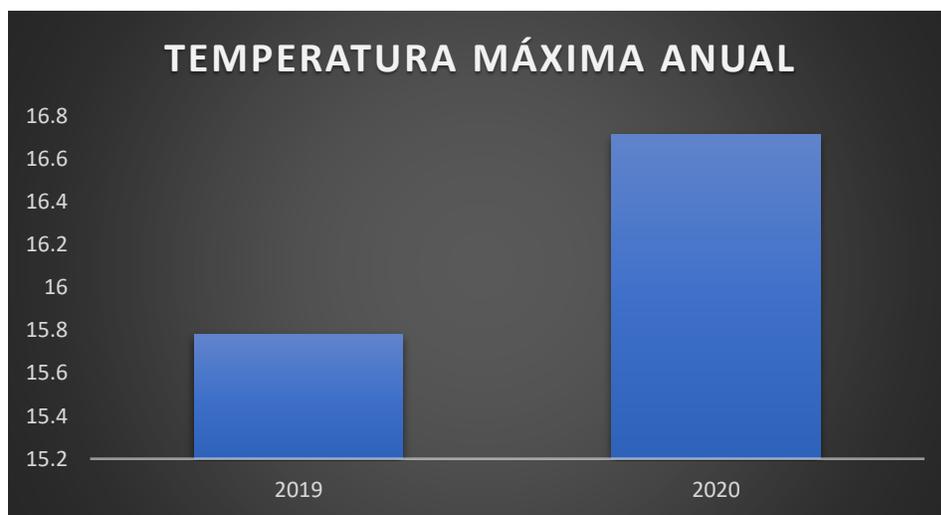
- TEMPERATURA MÁXIMA

Grafica 79: Variación mes a mes de la temperatura máxima medida °C, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.



Fuente propia.

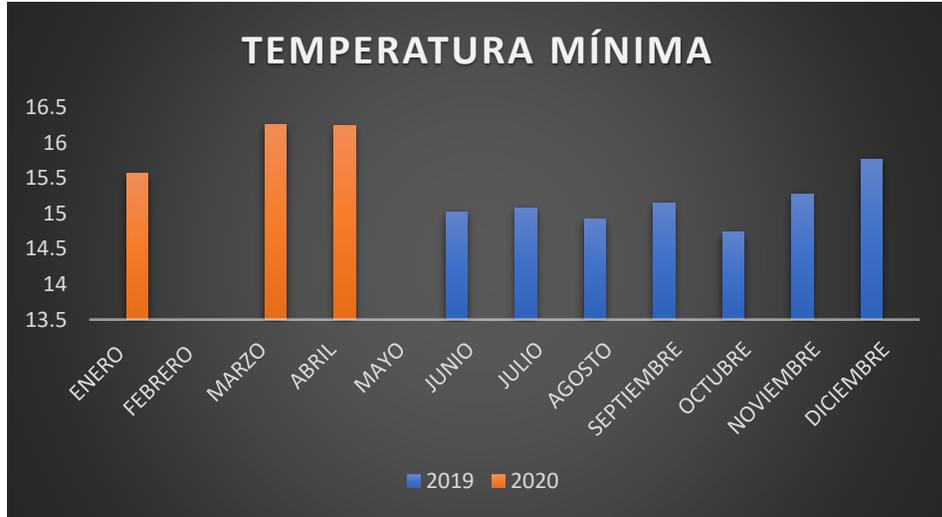
Grafica 80: Variación año a año de la temperatura máxima medida °C, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.



Fuente propia.

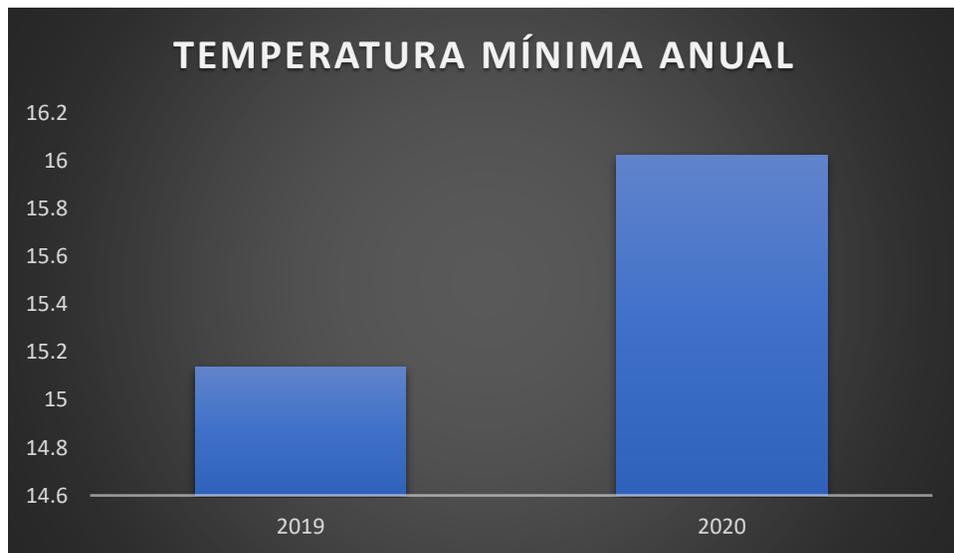
- TEMPERATURA MÍNIMA

Grafica 81: Variación mes a mes de la temperatura mínima medida °C, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.



Fuente propia.

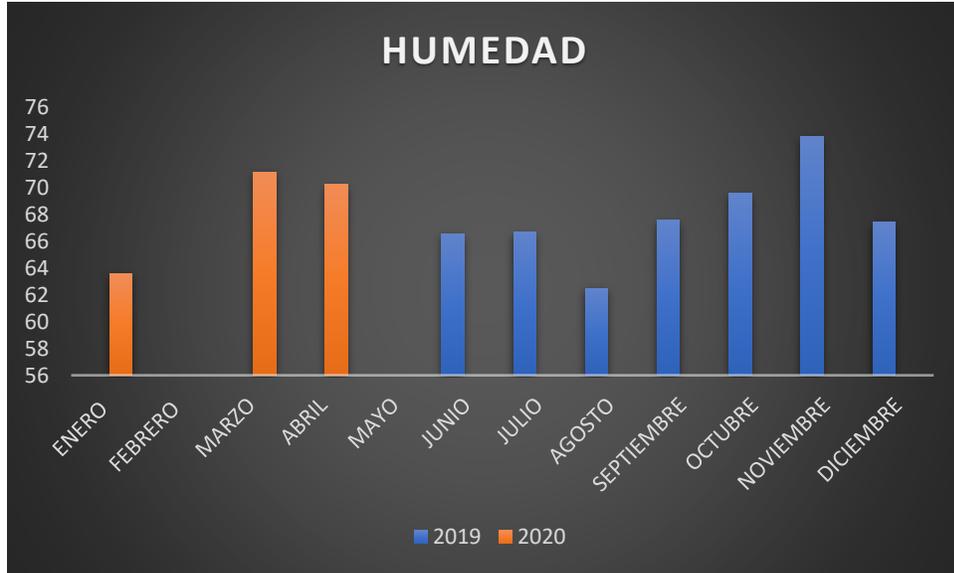
Grafica 82: Variación año a año de la temperatura mínima medida °C, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.



Fuente propia.

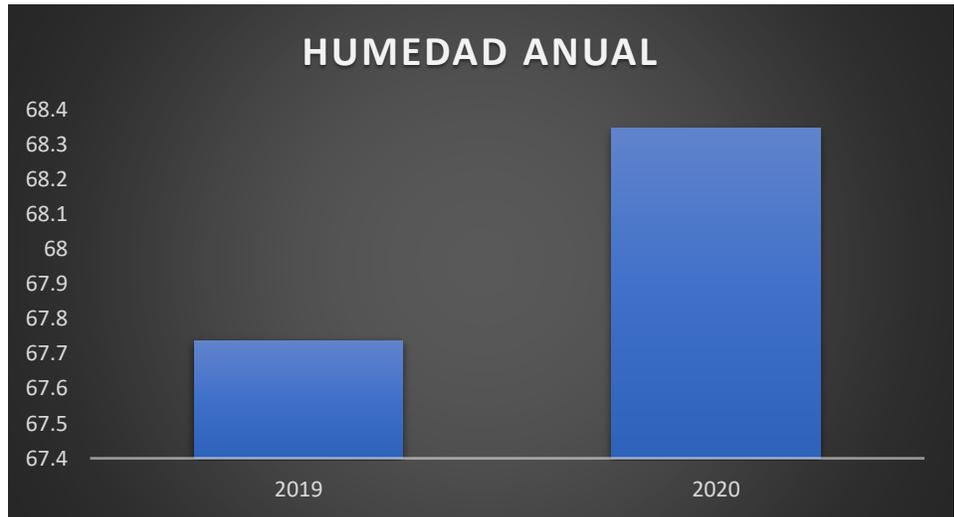
- HUMEDAD

Grafica 83: Variación mes a mes de la humedad medida %, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.



Fuente propia.

Grafica 84: Variación año a año de la humedad medida %, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.



Fuente propia.

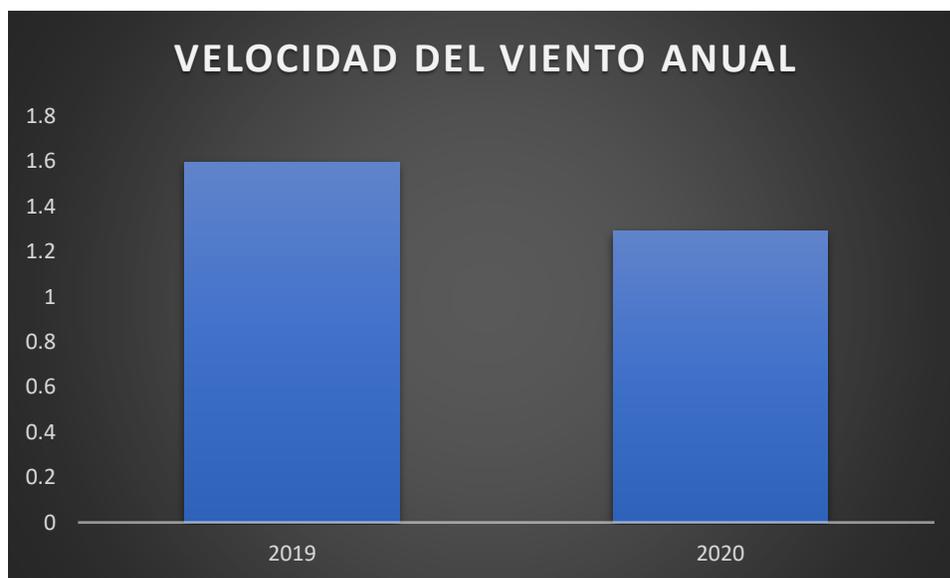
- VELOCIDAD DEL VIENTO

Grafica 85: Variación mes a mes de la velocidad del viento medida m/s, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.



Fuente propia.

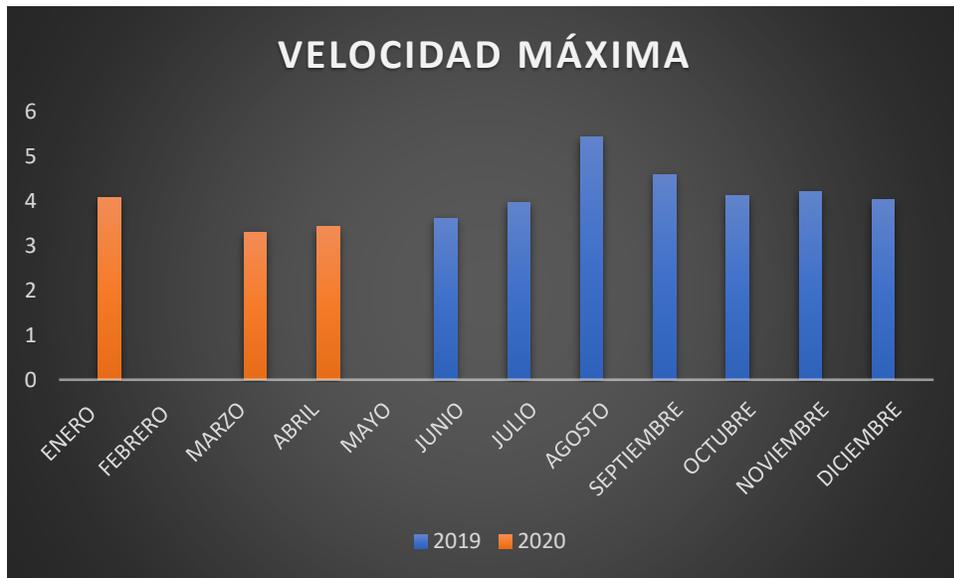
Grafica 86: Variación año a año de la velocidad del viento medida m/s, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.



Fuente propia.

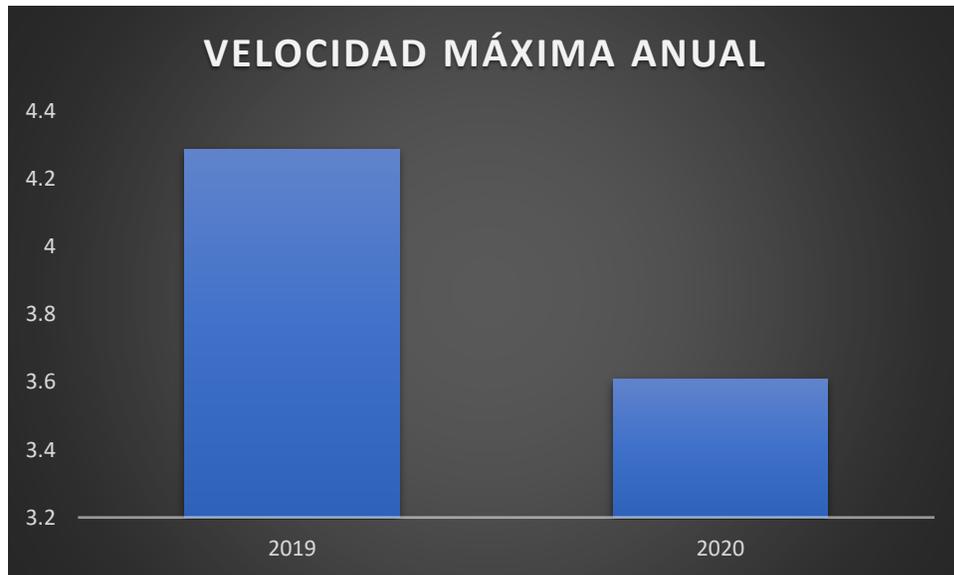
- VELOCIDAD MÁXIMA DEL VIENTO

Grafica 87: Variación mes a mes de la velocidad del viento máxima m/s, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.



Fuente propia.

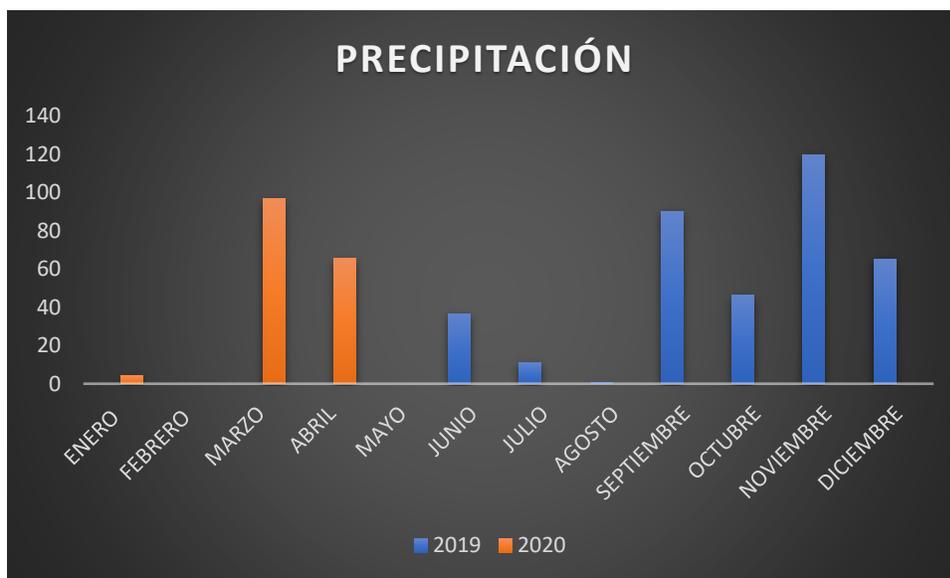
Grafica 88: Variación año a año de la velocidad del viento máxima m/s, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.



Fuente propia.

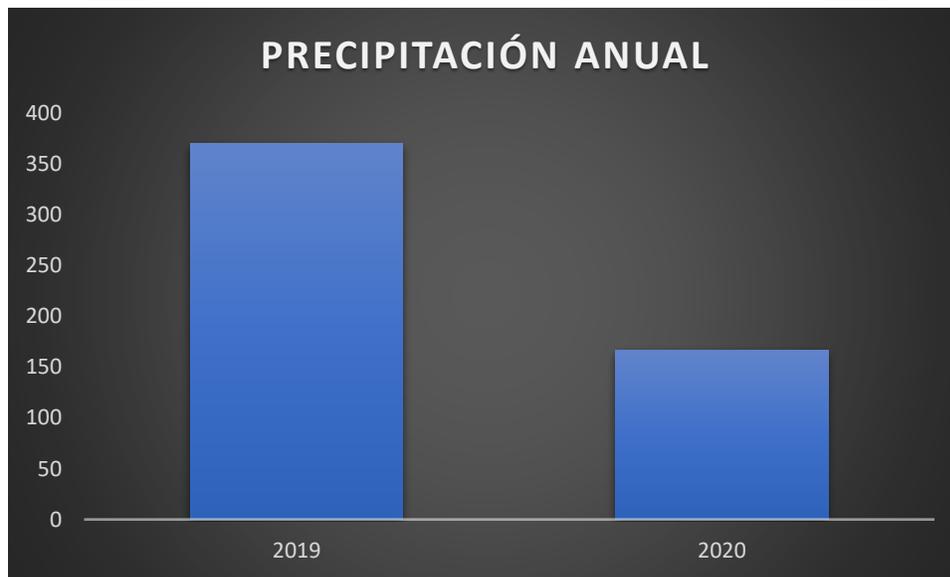
- PRECIPITACIÓN

Grafica 89: Variación mes a mes de la precipitación medida mm, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.



Fuente propia.

Grafica 90: Variación año a año de la precipitación medida mm, estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.



Fuente propia.

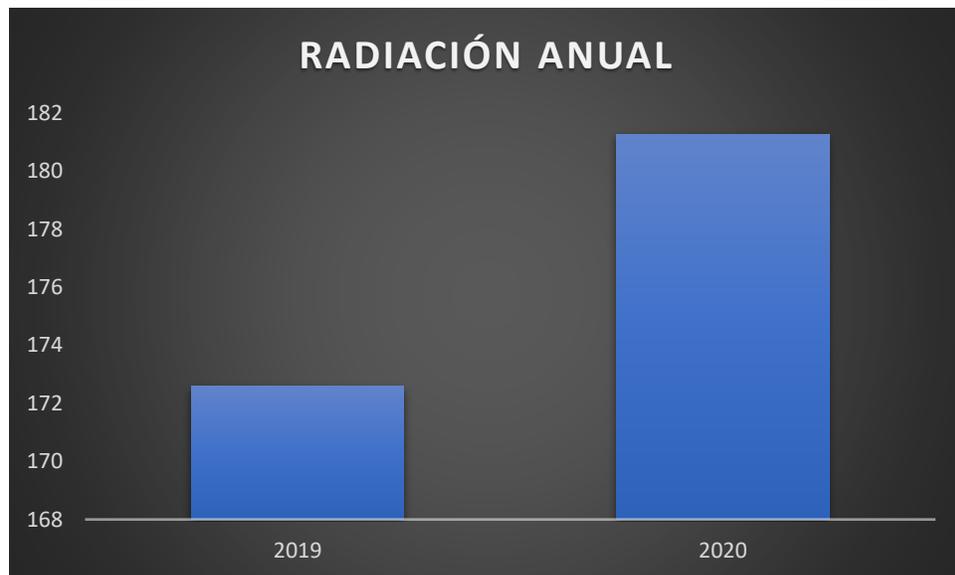
- RADIACIÓN

Grafica 91: Variación mes a mes de la radiación medida W/m^2 , estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.



Fuente propia.

Grafica 92: Variación año a año de la radiación medida W/m^2 , estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.



Fuente propia.

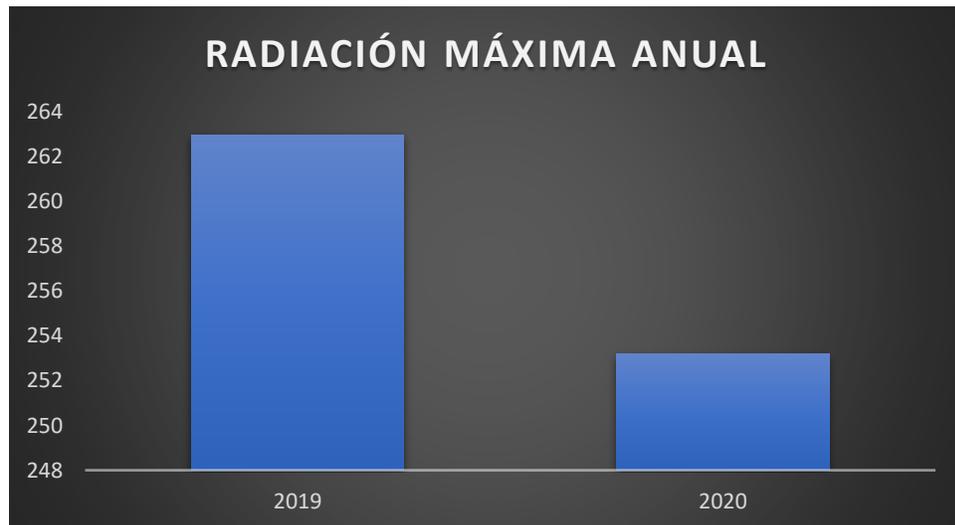
- RADIACIÓN MÁXIMA

Grafica 93: Variación mes a mes de la radiación máxima medida W/m^2 , estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.



Fuente propia.

Grafica 94: Variación año a año de la radiación máxima medida W/m^2 , estación El Cubo de Colsubsidio durante el 2019-2020.



Fuente propia.

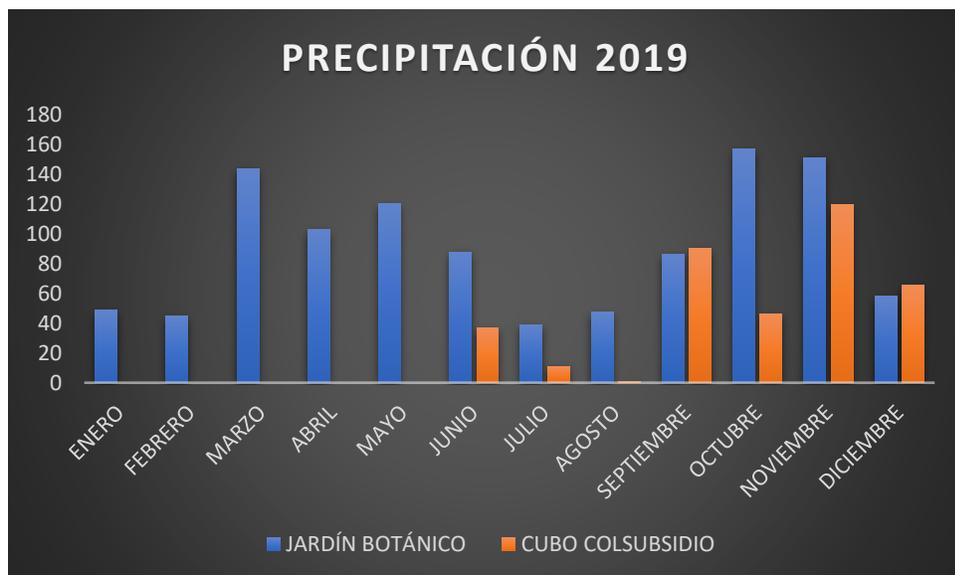
Dado que esta estación se instaló hace poco tiempo, la información registrada es muy poca para poder realizar un análisis comparativo mes a mes de cada una de las variables, como podemos observar las tablas anteriores, se evidencia que no hay ninguna variable en la que se tenga información de un mismo mes en los años 2019 y 2020.

JARDÍN BOTÁNICO VS CUBO DE COLSUBSIDIO

A continuación, se mostrará el listado de tablas en las cuales se cruzan los datos de las estaciones del Jardín Botánico vs la estación el Cubo de Colsubsidio. En este apartado no se analizaron todas las variables de cada estación, únicamente se analizaron las variables que ambas estaciones reportaron datos y en los años que coincida el reporte de cada estación.

- PRECIPITACIÓN

Grafica 95: Variación mes a mes de la precipitación medida mm, estación Jardín Botánico Vs El Cubo de Colsubsidio durante el 2019.



Fuente propia.

Tomando los de los meses de junio hasta diciembre del año 2019, de la estación del Jardín Botánico, se observa que en este periodo de tiempo hay un delta de variación 118,4 mm, tomando el valor de precipitación del mes de julio como el valor mínimo, y el valor del mes de octubre como el valor máximo. En cuanto a la estación del Cubo de Colsubsidio, se estimó un delta de variación de 118,94 mm, tomando el valor del mes de agosto como el valor mínimo, y el valor del mes de noviembre como el valor máximo, evidenciando que este valor mínimo, representa una anomalía en el registro de datos por parte del equipo.

Grafica 96: Variación mes a mes de la precipitación medida mm, estación Jardín Botánico VS El Cubo de Colsubsidio durante el 2020.

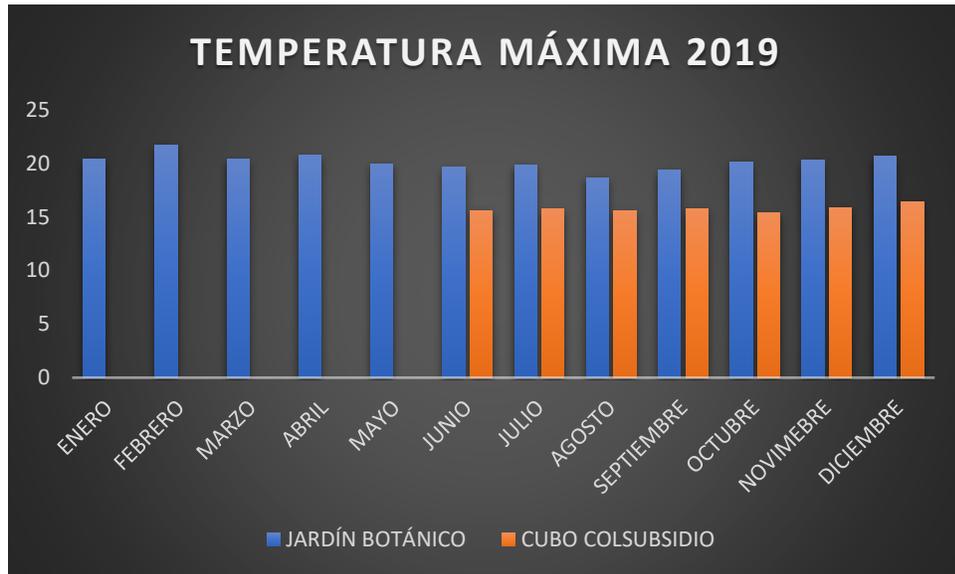


Fuente propia.

En el mes de enero del año 2020 se ve la variación entre los reportes de las dos estaciones, se estima una variación de 8,9mm, y se puede inferir que de alguna manera puede verse afectado por el lugar de ubicación de cada estación.

- TEMPERATURA MÁXIMA

Grafica 97: Variación mes a mes de la temperatura máxima medida °C, estación Jardín Botánico VS El Cubo de Colsubsidio durante el 2019.



Fuente propia.

Grafica 98: Variación mes a mes de la temperatura máxima medida °C, estación Jardín Botánico VS El Cubo de Colsubsidio durante el 2020.



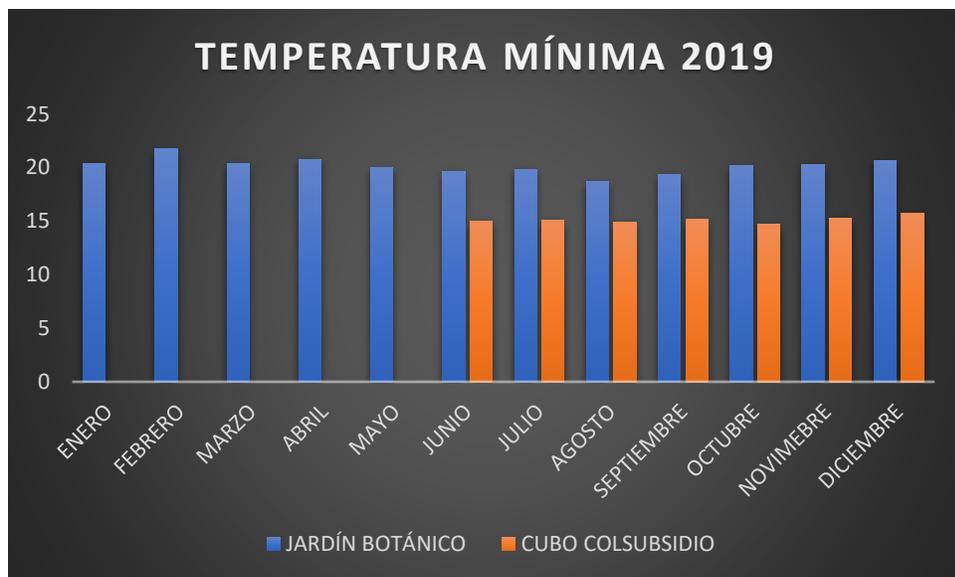
Fuente propia.

Según los datos reportados en la gráfica 98, en la estación del Jardín Botánico, se observa como la temperatura máxima registrada, aumento en el año 2020 con respecto a los datos registrados en el año 2019, esto se puede detallar en los datos reportados por los meses de enero y febrero de cada año, haciendo énfasis en que a pesar de que en el año 2020, únicamente se tiene registro de datos hasta el mes de febrero, y aun así presento un promedio anual que supero en 1,29 °C con respecto a lo reportado en el año 2019.

Mientras que la información reportada por la estación del Cubo de Colsubsidio reporto datos del 2019, con valores inferiores respecto a lo mostrado en la estación del Jardín Botánico, se coincidió en que el año 2020 tuvo un aumento de temperatura, en este caso se estimó una variación anual aproximada de 0,93 °C.

- TEMPERATURA MÍNIMA

Grafica 99: Variación mes a mes de la temperatura mínima medida °C, estación Jardín Botánico VS El Cubo de Colsubsidio durante el 2019.



Fuente propia.

Grafica 100: Variación mes a mes de la temperatura mínima medida °C, estación Jardín Botánico VS El Cubo de Colsubsidio durante el 2020.



Fuente propia.

En cuanto a la temperatura mínima, obsérvese un comportamiento similar al de la temperatura máxima, si se observan los promedios mensuales del año 2019 y 2020 que reporta cada una de las estaciones, se ve que en el último año se generó un aumento, según lo reportado por la estación Jardín Botánico, esta variación aumento en 1,25 °C, mientras que lo reportado por la estación el Cubo de Colsubsidio, enseñan una variación aproximada de 0,88 °C.

Una de las constantes en esta variable, es como la estación del Cubo de Colsubsidio sigue reportando datos de valores inferiores en comparación a los reportados por la estación del Jardín Botánico.

Observando el comportamiento que tiene gráficamente las diferentes variables que se han medido con la estación del cubo, respecto a las medidas por el jardín botánico, se evidencia como esta última, reporta datos de mayor valor. Se considera, que un posible factor para este comportamiento, es las condiciones en las que se encuentran instaladas las respectivas estaciones, además del manejo adecuado que se da en el proceso de registro de información.

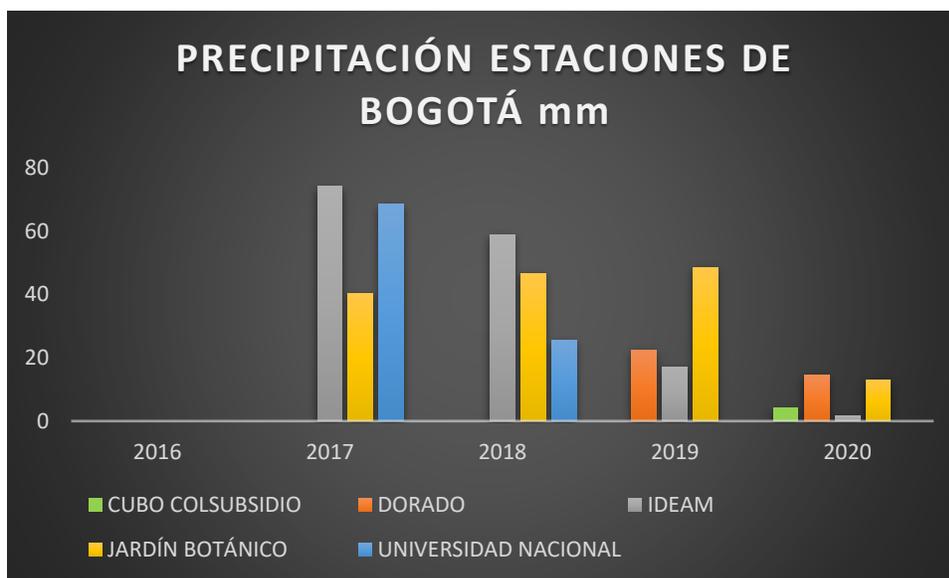
En la información mostrada por las gráficas 95, 96, 97, 98, 99 y 100 podemos observar la información registrada y que se encuentra a cargo de entidades gubernamentales como lo es el IDEAM, por otro

lado, se encuentra el registro de información de una estación instalada, que se encuentra bajo el manejo de personas particulares y la cual no se encuentra registrada.

Con esta comparación de las dos estaciones, se quiere mostrar la información suministrada por entidades públicas, además de verificar que variación puede presentar la información suministrada por una estación que no se encuentra debidamente registrada

ESTACIONES A CARGO DEL IDEAM Y EL CUBO DE COLSUBSIDIO

Grafica 101: Variación año a año del mes de enero, de la precipitación medida mm, estaciones ubicadas en la ciudad de Bogotá.



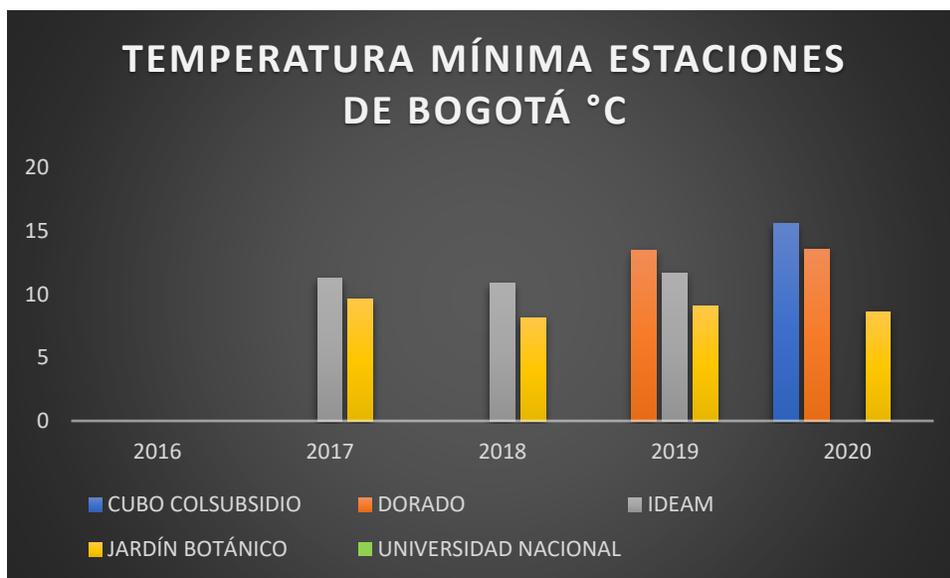
Fuente propia.

En los registros de medición que se presentaron para esta variable, se evidencia que el año que presento menos precipitación en el mes de enero, fue el 2020, teniendo en cuenta que la estación que reporto el valor más inferior, fue la estación que se instaló en el Cubo,

Se observa como en los años 2017 y 2018, presentan mayor precipitación en el mes de enero, esto se intuye, dado que, según el IDEAM, este es uno de los meses más secos del año.

Existen variaciones altas de un año a otro en este mes, esto se evidencia en el registro que se obtuvo de la estación del IDEAM, incluso se observa una variación de 15.4 mm, entre el año 2019 y 2020.

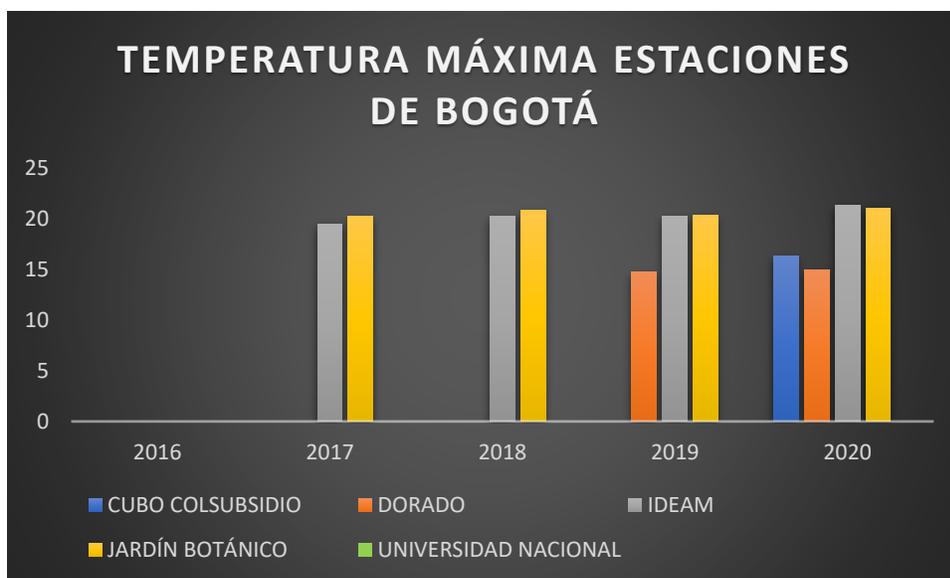
Grafica 102: Variación año a año del mes de enero, de la temperatura mínima, medida °C, estaciones ubicadas en la ciudad de Bogotá.



Fuente propia.

En la medición de esta variable, se observa como la estación que muestra un registro de menor valor a lo largo de los años, es la estación del Jardín Botánico. mostrando una variación de 6.94 °C aproximadamente, como se nota en el año 2020, con respecto a las demás estaciones.

Grafica 103: Variación año a año del mes de enero, de la temperatura máxima, medida mm, estaciones ubicadas en la ciudad de Bogotá.



Fuente propia.

Se observa como en los datos que se registraron por parte de la estación el Dorado, esta muestra valores inferiores con respecto a las demás estaciones, incluso se evidencia una variación aproximada de 6.38 °C con respecto a la estación del IDEAM, algo similar pasa con respecto a la estación que se instaló en el Cubo, pero esta muestra una variación inferior, la cual se aproxima a los 5.01°C. Podemos hacer énfasis en que la estación del Cubo, no cuenta con una mayor rigurosidad que la estación del Dorado, dado que esta última se encuentra bajo el control de entidades públicas.

Es notable como el registro de datos entre las estaciones del IDEAM y el Jardín Botánico, no presentan grandes variaciones en sus reportes, teniendo en cuenta que ninguna de las estaciones, presento un reporte completo en sus mediciones.

Analizando de manera individual cada estación, se evidencia que a lo largo de los años que se presentó registro de datos, en ninguno se presentó una variación superior a los 2 °C en una misma estación.

Las gráficas correspondientes a este análisis se presentan en el anexo 13, con su respectiva titulación.

14. CONCLUSIONES

Conclusiones asociadas al mantenimiento de las estaciones:

De cuatro (4) estaciones que inicialmente se pensó eran las adecuadas para suministrar la información de este Trabajo de Grado sólo en una (1) se recibió respuesta positiva, esta del IDEAM. Las entidades encargadas de las otras tres (3) estaciones propuestas respondieron negativamente. Sin embargo, ya que el IDEAM cuenta con 332 estaciones instaladas en Bogotá, se concertó con uno de los responsables y se pudo acceder a tres (3) estaciones más, para un total de cuatro (4) estaciones estudiadas a lo largo de todo este Trabajo de Grado.

Durante el proceso de organización de la información se pudo evidenciar que ninguna estación tiene un registro completo de datos, dado que hay días en los que no se registran los datos completos, incluso hay días y hasta meses completos en los que no se registran ningún tipo de información, por ende, no se puede realizar un análisis comparativo de forma completa y consecutiva entre todas las estaciones.

Tuvieron que omitirse algunos datos por recomendación del operario de la estación, dado que en el reporte aparecían valores negativos o valores “0” y al momento de realizar los promedios pertinentes, estos valores generaban una alteración en el valor final. Según la explicación recibida, esto puede ocurrir cuando los registros de datos en esos meses son pocos, y dado el algoritmo con el que se programan las estaciones para reportar los datos, arrojan valores negativos.

Se observó que se desconoce que existe el registro de algunas variables por parte de los operarios. Esto se evidenció el día que se realizaron las visitas técnicas y se realizaron las encuestas, ya que, al cruzar la información de la base de datos de las lecturas de las variables contra los resultados de las encuestas, se observa que hay unas variables que están en la base de datos, pero no fueron informadas por el operario durante la entrevista.

No se encuentra congruencia total en la información brindada por parte de las entidades encargadas de administrar las estaciones. No es fácilmente accesible los datos recogidos por las estaciones, algunas de estas se encuentran desactivadas, y esta información no estaba actualizada a la fecha en la que fueron consultados los catálogos publicados en las paginas correspondientes. Para acceder a la información fue necesario recurrir a los funcionarios que de manera voluntaria se dispusieron a colaborar

Las condiciones de medidas de algunas variables (evaporación) no son completamente adecuadas, dado que no se tiene un lugar acondicionado según los estándares, de tal forma que, se garantice las condiciones óptimas para realizar lecturas reales del ambiente. En la figura 47 del anexo 5, se observa un ave consumiendo el agua que se encuentra en el tanque de medición de evaporación, teniendo en cuenta que no hay garantías de que esto no ocurra nuevamente se puede estimar una variación en las lecturas de los niveles del agua.

Se puede estimar que los datos generan un sesgo importante al no tener consistencia en los reportes que han sido entregados por parte del IDEAM. Se puede ver como en las estaciones convencionales son las que muestran mayor insistencia en este tema, dado que estos reportes son registrados por funcionarios de los lugares en los que se encuentran ubicadas las estaciones, como lo son las estaciones de la Universidad Nacional y el Jardín Botánico.

Se puede estimar que las estaciones que garantizan una mejor calidad de datos (en términos de continuidad de información y de congruencia en la información) son la del edificio del IDEAM y el aeropuerto el Dorado, teniendo en cuenta que son estaciones automáticas muestran un mejor control en el registro de los datos. El inconveniente de estas estaciones para realizar un análisis comparativo más completo, es el periodo de tiempo en el cual se pudo tener acceso a la información dado que son muy recientes (2016-2020, IDEAM), (2018-2020, El Dorado).

Conclusiones asociadas a los análisis de resultados:

Para el análisis comparativo de las estaciones que se localizaron en la ciudad de Bogotá y que fueron seleccionadas para el desarrollo de este trabajo, se tomó las variables que en todas las estaciones existiera registro alguno. Además de esto se decidió analizar únicamente el mes de enero, dado que para los parámetros de diseños bioclimáticos que se presentaron para el edificio el Cubo de Colsubsidio, selección este mismo mes del año 2007, ya que en este mes se presentó mayor amplitud de temperaturas en ese año.

Las diferencias en las lecturas obtenidas en cada una de las estaciones permiten evidenciar los posibles micro climas que se pueden ubicar dentro de la ciudad, dado la incongruencia y falta de lecturas de algunas estaciones no ha sido posible tener unas conclusiones más contundentes. Es decir, este análisis se realizó de manera parcial, ya que, al no tener información completa, fue imposible mostrar un comparativo durante el periodo de tiempo que se estimó desde el comienzo (2012-2019), esto dado que no todas las estaciones muestran un registro de datos de los mismos meses, en el mismo año de una variable.

Es notable como las estaciones que presentan un registro de datos más incompleto, son las del Dorado y la Universidad Nacional, y cabe hacer claridad que, en el caso de la estación del Dorado esto es consecuencia del uso al cual está destinado, ya que en muchas ocasiones algunas de las variables son despreciadas, ya que no es de vital importancia para un análisis del trabajo que se realiza en el punto en que se encuentra instalada.

Para la selección de estaciones se presentó un poco de dificultad, dado que, con algunas de las estaciones seleccionadas inicialmente, no se logró obtener la información requerida, por ende, se decidió trabajar con estaciones que se encontraban a cargo del IDEAM.

Comparación de variación climática durante los 7 años en una de las estaciones ubicada dentro de la misma caracterización climática del Edificio el Cubo:

Se observó que, en la estación del Jardín Botánico, las variables asociadas con la temperatura no presentan grandes diferencias en los promedios anuales (2012-2020). Se estima una variación aproximada de 2°C en los años en el que los reportes están completos, mientras que los años cuyos reportes no están completos el registro muestran deltas de temperatura aproximadas hasta de 3°C en el mismo año.

Se evidenció que la temperatura máxima tuvo un patrón de comportamiento, en el cual, las temperaturas más bajas se registraron en el segundo cuatrimestre de cada año, sin tener en cuenta los diferentes fenómenos climatológicos, como lo son las oleadas de calor o lluvia.

Se estima que las temporadas más secas en el año, se presentan durante los meses de diciembre a febrero, mientras que las más húmedas se presentan en los meses de abril a octubre. Esto podría explicar el comportamiento que se evidenció en los datos registrados por la estación del Jardín Botánico en cuanto a la medición de la precipitación, en la cual, se mostró que las precipitaciones más bajas tienden a ser al inicio y final del año claramente habiendo algunas excepciones.

Conclusiones asociadas a la comparación de resultados de los parámetros de diseño del edificio el Cubo frente a lo reportado a día de hoy y los resultados que reporta la estación del Jardín Botánico en el período 2019-2020:

Se evidencia como los datos emitidos por la estación ubicada en el Cubo, tienden un valor inferior a comparación con los emitidos por la estación el Jardín Botánico, esta es una tendencia que se observa en todas las variables de las que se tomó registro con ambas estaciones.

A pesar de que la estación ubicada en el edificio el Cubo reportaba datos con valores inferiores, respecto a los emitidos por la estación del Jardín Botánico, se evidenció que ambas estaciones reportaron una disminución en cuanto a la precipitación que se registró en el año 2020, respecto a la reportada en el año 2019.

Considerando las variables de temperatura, se observó un aumento en los valores registrados para el año 2020 con respecto al 2019, teniendo en cuenta esta variación se aproxima a 1.28°C.

Corroborando los datos meteorológicos que se asumieron para los diseños bioclimáticos del edificio el Cubo, se observó una variación en la precipitación, aproximada de 86.8 mm. Considerando que los datos de diseño, se seleccionaron del año 2007, y los datos seleccionados para realizar la comparación son del año 2019, se puede decir que es una variación baja a lo largo de los años.

Finalmente, el promedio la temperatura máxima del mes de enero del año 2020 es de 17°C (estaciones el Cubo, el Dorado, IDEAM y Jardín Botánico), un valor que está dentro del rango de temperatura utilizado para el diseño (3°C – 24°C) del edificio el Cubo, en contraste al aumento de temperatura que se esperaba hubiera sucedido tras pasados 13 años desde que se hizo el estudio (2007 – 2020). El promedio de la temperatura mínima es de 13°C para este mismo período, valor que también esté en el rango de diseño. Con lo cual se concluye que los datos iniciales de diseño si corresponden a las lecturas de variables climáticas que actualmente se están evidenciando en la ciudad de Bogotá.

Conclusiones asociadas al escenario de cambio climático

Se pudo observar una tendencia de cambio climático, orientada hacia la misma variación propuesta por el IDEAM en el estudio (IDEAM -Instituto de Hidrología, 2015). Cabe resaltar que, en esta tesis, solo se analizaron datos en un periodo de 12 años, y además las estaciones estudiadas no contenían los datos de todo el periodo propuesto de manera continua.

15. BIBLIOGRAFIA

- ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C., SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN, & SECRETARÍA DISTRITAL DE HÁBITAT. (2014). *POLÍTICA PÚBLICA DE ECOURBANISMO Y CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE DE BOGOTÁ*.
- Alliance HQE. (2019). *HQE CERTIFICATIONS*. Retrieved from <http://www.hqegbc.org/batiments/certifications/>
- Arquitectura sostenible. (2019). Net Zero Energy Building Certification. Retrieved from <https://arquitectura-sostenible.es/certificados/#>
- Arquitectura Sostenible. (2019). Certificados y Legislacion. Retrieved from <https://arquitectura-sostenible.es/certificados/#>
- BIOCLIMATICA, A. &. (2007). *ASESORIA EN COMPORTAMIENTO TERMICO Y EFICIENCIA ENERGETICA*.
- Bre. (n.d.). *BREEAM Certifications*. Retrieved from <https://www.breeam.com/>
- Breeam. (2019a). *BREEAM A Medida*. Retrieved from <http://breeam.es/index.php/esquemas-de-certificacion-breeam/breeam-es-a-medida>
- Breeam. (2019b). *BREEAM Nueva Construcción*. Retrieved from <http://breeam.es/index.php/esquemas-de-certificacion-breeam/breeam-es-nueva-construccion>
- Breeam. (2019c). *BREEAM Urbanismo*. Retrieved from <http://breeam.es/index.php/esquemas-de-certificacion-breeam/breeam-es-urbanismo>
- Breeam. (2019d). *BREEAM Vivienda*. Retrieved from <http://breeam.es/index.php/esquemas-de-certificacion-breeam/breeam-es-vivienda>
- Chow, H. D., MASHRAE, M., & Levermore, J. G. (2010). The effects of future climate change on heating and cooling demands in office buildings in the UK. *Building Services Engineering Research and Technology*, 31, 307–323.
- Congreso de Colombia. *LEY 99 DE 1993*. , Pub. L. No. 99 (1993).
- Congreso de Colombia. *LEY 223 DE 1995*. , Pub. L. No. 223 (1995).
- Congreso de Colombia. *LEY 306 DE 1996*. , Pub. L. No. 306 (1996).
- Congreso de Colombia. *LEY 308 DE 1996 CONGRESO DE COLOMBIA, 'LEY 308 DE 1996'*, 1996. , Pub. L. No. 308 (1996).
- Congreso de Colombia. (1997a). *DECRETO 3102*.
- Congreso de Colombia. *LEY 373 DE 1997*. , Pub. L. No. 373 (1997).

Congreso de Colombia. *LEY 388 DE 1997.* , Pub. L. No. 388 (1997).

Congreso de Colombia. *LEY 400.* , Pub. L. No. 400 (1997).

Congreso de Colombia. *LEY 507.* , Pub. L. No. 507 (1999).

Congreso de Colombia. *LEY 614.* , Pub. L. No. 614 (2000).

Congreso de Colombia. *LEY 629 DE 2000.* , Pub. L. No. 629 (2000).

Congreso de Colombia. *LEY 675.* , Pub. L. No. 675 (2001).

Congreso de Colombia. *LEY 902.* , Pub. L. No. 902 (2004).

Congreso de Colombia. *LEY 1469.* , Pub. L. No. 1469 (2011).

Congreso de Colombia. *LEY 1931.* , Pub. L. No. 1931 (2018).

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2016). *REFERENCIAL CASA COLOMBIA. Para el Diseño y Construcción de Soluciones Habitacionales Sostenibles.*

Consejo Nacional de política económica. Departamento Nacional de planeación. (2014). *CONPES 3819.*

Consejo Nacional de política económica. Departamento Nacional de planeación. (2018). *CONPES 3919.*

Construdata. (2011). *Revista Construcción Metálica. 13.*

Crawley, D. B., Lawrie, L. K., Pedersen, C. O., & Winkelmann, F. (2000). *EnergyPlus: Energy Simulation Program.*

GBCe (Green Building Council). (n.d.). *Certificacion VERDE.* Retrieved from https://gbce.es/certificacion-verde/que_es_verde/

GBCe (Green Building Council). (2019). *VERDE.* Retrieved from <https://arquitectura-sostenible.es/certificados/#>

Greenbuild Atlanta. (2019). *Leadership in Energy and Environmental Design.* Retrieved from <https://new.usgbc.org/leed>

<https://new.usgbc.org/leed>. (n.d.). *The impact of buildings.*

IDEAM -Instituto de Hidrología, M. y E. A. (2015). *ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO.*

IDEAM -Instituto de Hidrología, M. y E. A. (2019). *PRIMER INFORME BIENAL DE ACTUALIZACION COLOMBIANA.*

IDEAM -Instituto de Hidrología, M. y E. A. (2020a). *CARÁCTERISTICAS CLIMATÓLOGICAS DE CIUDADES PRINCIPALES Y MUNICIPIOS TURÍSTICOS.*

IDEAM -Instituto de Hidrología, M. y E. A. (2020b). *ESTUDIO DE LA CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE BOGOTÁ Y CUENCA ALTA DEL RÍO TUNJUELO.*

IDEAM (Instituto de Hidrología, M. y E. A. (2019). *Catalogo de Estaciones IDEAM.*

- International Living Future Institute. (n.d.). *LIVING BUILDING CHALLENGE*. Retrieved from <https://living-future.org/lbc/>
- International Living Future Institute. (2019a). Living Building Challenge. Retrieved from <https://arquitectura-sostenible.es/certificados/#>
- International Living Future Institute. (2019b). *ZERO ENERGY CERTIFICATION*. Retrieved from <https://living-future.org/zero-energy/certification/>
- International Well BUILDING Institute. (n.d.). WELL Certification. Retrieved from <https://legacy.wellcertified.com/en>
- International Well BUILDING Institute. (2019). WELL Certification.
- MinAmbient, & IDEAM (Instituto de Hidrología, M. y E. A. (2019). *PLAN NACIONAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMATICO*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial. (2008). *Política de Gestion Ambiental Urbana*.
- ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAD (ONU). (2015). *OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE*.
- ORGANIZACIÓN METEOROLOGICA MUNDIAL. (2018). *Guía de instrumentos y métodos de observación Volumen 5*.
- Osma, G., Amado, L., Villamizar, R., & Ordoñez, G. (2015). Building automation systems as tool to improve the resilience from energy behavior approach. *Procedia Engineering*, 118, 118, 861–868.
- Pasichnyi, O., Wallin, J., & Kordas, O. (2019). Data-driven building archetypes for urban building energy modelling. *Energy*, 181, 360–377.
- Passivhaus Institut. (n.d.). *Passivhaus Certification*. Retrieved from <https://passiv.de>
- Portafolio. (2013). *El Cubo Colsubsidio, un edificio ecoambiental*. Retrieved from <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/cubo-colsubsidio-edificio-ecoambiental-90508>
- PRGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO. (2015). *OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE*.
- Salmerron, J. luis. (2019). Programas para la simulación energética de edificios.
- Secretaria Distrital de Ambiente. (2013). *Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá - RMCAB*. Retrieved from <http://ambientebogota.gov.co/red-de-calidad-del-aire>
- Segunda comunicación Nacional ante la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climatico. (2011). *GLOSARIO*.
- SPAIN GREEN BUILDING COUNCIL. LEED v4. (2019). *GREEN BUILDING COUNCIL. LEED v4*. Retrieved from <http://www.spaingbc.org/web/leed-4.php>

THE UNIVERSITY OF WISCONSIN MADISON. (2019). *TRYNSIS 18*.

VI REUNIÓN NACIONAL DE CLIMATOLOGÍA ASOCIACIÓN DE GEÓGRAFOS

ESPAÑOLES. (2000). *Clima y calidad ambiental*.