



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL
LITORAL

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y
MATEMÁTICAS

“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE
UN ACONDICIONADOR DE AIRE PARA EL
LABORATORIO DE BIO PROCESOS DE LA FCNM”

PROYECTO INTEGRADOR PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO

AUTOR:

JUAN PABLO CLAVIJO ACOSTA

TUTOR:

ING. PABLO VICENTE TEJADA

GUAYAQUIL, ECUADOR

2016

AGRADECIMIENTO

A Dios y a mi familia, apoyo constante para la culminación de esta etapa de mi vida, la cual define el futuro y por venir de mi carrera.

Un agradecimiento especial a mi esposa, Marlene Chacón Burgos, fuente constante de aliento y fortaleza. Su constante apoyo ayudó a la culminación de este proyecto.

A mi tutor, el Ing. Pablo Tejada, que me ayudo en los última fase de mi carrera, dándome un seguimiento continuo y guiándome en la dirección correcta.

A mis abuelos, cuyo apoyo económico ayudó a financiar este proyecto en su totalidad.

Por último, a mis padres y mi hijo. Los cuales siempre quieren que me destaque sobre todo y sea el mejor ejemplo a seguir.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi abuelo, Eduardo Acosta Bendek, cuyo ejemplo académico de excelencia, fue y será siempre la guía para querer destacar en mi profesión.

A mi esposa e hijo, las personas para las cuales he dado mi vida y lo seguiré haciendo. Trabajar como profesional es uno de los más grandes logros para ustedes.

A mis papas, que siempre desearon que culminara mis estudios con éxito y salga a trabajar como un Ingeniero.

TRIBUNAL DE PROYECTO INTEGRADOR

MBA. Pablo Vicente Tejada Hinojosa
Tutor de proyecto integrador

Msc. Carlos Balladares Grazzo
Jurado de proyecto integrador

Msc. Guillermo Cárdenas
Jurado de proyecto integrador

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Proyecto Integrador, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Juan Pablo Clavijo Acosta

INDICE DE ABREVIATURAS

A	Área
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating, and Air conditioning Engineers
BH	Bulbo Húmedo
BS	Bulbo Seco
BTU	British Thermal Units
CFC	Clorofluorocarbono
CFM	Cubic Feet per Minute (Pie cubico por minuto)
Cp	Capacidad calorífica
CS	Coefficiente de Sombreado
CT	Cambio de Temperatura
DT	Diferencia de Temperatura
DTCE	Diferencia de Temperatura para Carga de Enfriamiento
DTLM	Diferencia de Temperatura logarítmica media
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FB	Factor de Balastra
FCE	Factor de Carga de Enfriamiento
FGCS	Factor de Ganancia máxima de Calor Solar
HCFC	Hidroclorofluorocarbono
HP	Horse Power
HR	Humedad Relativa
INOX	Inoxidable
LOPU	Laboratorio de Operaciones Unitarias
PR	Punto de Rocío
PSI	Pound Square Inch
PSIA	Pound Square Inch Absolute

SIMBOLOGÍA

%	Porcentaje
%H	Porcentaje de humedad
"	Pulgadas
ρ	densidad
Al	Aluminio
BTU/hr	BTU por hora
BTU/hr-ft ² -R	BTU por hora-pie cuadrado-grado Rankine
BTU/lb-°F	BTU por libra-grado Fahrenheit
Cu	Cobre
ft	Pie
ft ²	Pie cuadrado
ft ³	Pie cúbico
gr	Gramo
gr _w /Kg _a	Gramos de vapor de agua por kilogramo de aire seco
H	Humedad
h	Entalpía
Kg	Kilogramo
Kg/h	Kilogramo por hora
KJ/Kg	Kilojoule por kilogramo
KJ/Kg-°C	Kilojoule por kilogramo-grado celsius
KJ/h	Kilojoule por hora
lb	libra
Lb/h	Libra por hora
M	Masa
m	metro

m^2	Metro cuadrado
m^3	Metro cúbico
P	Presión
Q	Calor
Q_s	Calor sensible
Q_l	Calor Latente
s	Entropía
T	Temperatura
U	Coeficiente global de transferencia de calor
V	Volumen
v	Volumen específico
W	watts
W/m^2-K	Watts por metro cuadrado-grado Kelvin

Tabla de Contenido

AGRADECIMIENTO	II
DEDICATORIA	III
TRIBUNAL DE PROYECTO INTEGRADOR	IV
DECLARACIÓN EXPRESA	V
INDICE DE ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
Tabla de Contenido	IX
INDICE DE ILUSTRACIONES	XIII
INDICE DE TABLAS	XV
RESUMEN	XIV
SUMMARY	XV
INTRODUCCIÓN	XVI
ANTECEDENTES	XVII
JUSTIFICACIÓN	XVIII
OBJETIVOS	XIX
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO	1
1.1 Termodinámica, conceptos introductorios	1
1.1.1 Sistemas Termodinámicos	1
1.1.1.1 Tipos de sistemas	2
1.1.1.2 Perspectiva macroscópica y microscópica del sistema	2
1.1.3 Ciclo termodinámico	3
1.1.4 Fase y sustancia pura	3
1.1.5 Equilibrio	3
1.2 Metodología para resolver problemas de termodinámica	4
1.3 Propiedades del Aire Atmosférico	4
1.3.1 Composición química del aire	4
1.3.2 Temperatura de Bulbo seco	6
1.3.3 Temperatura de Bulbo Húmedo	6
1.3.4 Punto de rocío	6
1.3.5 Relación de Humedad	6
1.3.6 Humedad Relativa	6
1.3.7 Volumen Específico	6
1.3.8 Entalpía	6
1.3.9 Entropía	7

1.3.10	Capacidad Calorífica	7
1.4	Psicrometría	8
1.4.1	Diagrama Psicrométrico	8
1.4.2	Localización de la condición del aire en el diagrama psicrométrico	10
1.4.3	Líneas de proceso, variaciones de calor sensible	11
1.4.4	Líneas de proceso, variaciones de calor latente, humidificación y des humidificación.....	12
1.4.5	Líneas de proceso, variaciones combinadas de calor sensible y latente	12
1.5	Ciclos de refrigeración.....	13
1.5.1	Refrigeradores	14
1.5.2	El ciclo invertido de Carnot.....	15
1.5.3	Ciclo ideal de refrigeración	17
1.5.4	Ciclo real de Refrigeración.....	19
1.5.5	Refrigerantes.....	21
1.6	Condición de Bienestar.....	22
1.7	Cargas de enfriamiento.....	25
1.8	Efecto del almacenamiento de calor en un recinto	25
1.9	Estimación de la carga de acondicionamiento del recinto	27
1.9.1	Ganancia de calor a través de la estructura exterior de la habitación 29	
1.9.2	Ganancia de calor a través de la estructura interior.....	30
1.9.3	Ganancia de calor por medio de radiación solar	30
1.9.4	Ganancia de calor por medio del alumbrado interno	31
1.9.5	Ganancia de calor debido a Personas	33
1.9.6	Ganancia de calor debido a equipos en la habitación.....	34
1.9.7	Ganancia de calor debido a infiltraciones.....	34
1.9.7.1	Ventilación	34
1.9.7.2	Cálculo de CFM	35
1.10	Oscilaciones de temperatura	36
1.11	Componentes de un acondicionador de aire	36
1.11.1	Compresor.....	37
1.11.2	Evaporador.....	38
1.11.3	Condensador.....	39
1.11.4	Válvula de expansión.....	39
1.12	El sistema acondicionador de aire	40
1.12.1	Capacidades y medidas del aire acondicionado de ventana.....	40

1.12.2	Ventajas y desventajas del acondicionador de aire de ventana	41
1.12.3	Operación del equipo.....	42
1.12.4	Instalación del equipo.....	42
1.12.5	Mantenimiento	43
1.12.6	Requisitos para la instalación	43
CAPÍTULO 2: DISEÑO TERMODINÁMICO DEL ACONDICIONADOR DE AIRE.....		45
2.1	Criterios básicos.....	45
2.2	Recopilación de datos de temperatura	47
2.3	Orientación Geográfica del laboratorio	50
2.4	Condiciones de diseño para el interior y exterior del laboratorio.....	51
2.5	Calculo de la ganancia de calor por conducción a través de la estructura interior y exterior del laboratorio.....	52
2.5.1	Cálculo de DTCE.....	54
2.5.2	Cálculo de ganancia de calor	55
2.6	Cálculo de ganancia de calor por radiación solar a través de los vidrios 56	
2.7	Cálculo de ganancia de calor debido al alumbrado interno.....	58
2.8	Cálculo de ganancia de calor por infiltraciones a través de puertas y ventanas que dan al exterior.....	59
2.8.1	Cálculo de calor sensible	60
2.8.2	Cálculo de calor latente	61
2.9	Cálculo de ganancia de calor por personas dentro del recinto.....	61
2.10	Cálculo de ganancia de calor por equipos	62
2.11	Cálculo del calor inicial de la masa de aire	63
2.12	Cálculo de calor total para carga de enfriamiento	64
2.13	Cálculo de flujo másico de refrigerante.....	64
2.14	Cálculo de trabajo ejercido por el compresor	70
2.15	Diseño del evaporador	70
2.16	Diseño del condensador	77
CAPÍTULO 3: CONSTRUCCIÓN DEL ACONDICIONADOR DE AIRE.....		80
3.1	Desmantelamiento del equipo	80
3.2	Limpieza del equipo	80
3.3	Instalación de las nuevas piezas	81
3.4	Carga del nuevo refrigerante	81
3.5	Pintura del equipo	81
3.6	Instalación eléctrica y control universal.....	82
3.7	Finalización de la construcción	82

CAPÍTULO 4: COTIZACIÓN DE MATERIALES Y COSTO TOTAL DEL PROYECTO	83
CAPÍTULO 5: INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO	85
5.1 Diseño de la instalación.....	85
5.2 Construcción y enlucido de boquetes para Aire y extractores	87
5.3 Instalación del sistema eléctrico	90
5.4 Instalación del aire acondicionado de ventana	94
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
6.1 Conclusiones	95
6.2 Recomendaciones	96
BIBLIOGRAFÍA.....	97
ANEXOS.....	98

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.- Explicación del diagrama psicrométrico	9
Ilustración 2.- Ejemplo del uso del diagrama psicrométrico.....	10
Ilustración 3.- Determinación de las propiedades del aire en la carta psicrométrica	11
Ilustración 4.- Ejemplo de variación de calor sensible	12
Ilustración 5.- Ejemplo de variación de calor sensible y latente.....	13
Ilustración 6.-Esquema de funcionamiento de un refrigerador y Bomba de Calor	14
Ilustración 7.- Esquema del refrigerador de Carnot y diagrama T-s del Ciclo invertido de Carnot	16
Ilustración 8.- Ciclo ideal de refrigeración	17
Ilustración 9.- Diagrama P-H del ciclo de refrigeración ideal.....	18
Ilustración 10.- Esquema del ciclo real de refrigeración	21
Ilustración 11.- Diagrama de medición Comfort.....	24
Ilustración 12.- Diagrama de flujo de calor para calcular la carga de enfriamiento	25
Ilustración 13.- Diferencias entre la ganancia de calor y la carga de enfriamiento.....	26
Ilustración 14.- Ganancia de Calor en la habitación.....	28
Ilustración 15.- Función de un aire acondicionado	37
Ilustración 16.- Aire acondicionado compacto	40
Ilustración 17.- Detalle del interior de un acondicionador de aire compacto	42
Ilustración 18.- Instalación para facilitar el drenaje del agua	44
Ilustración 19.- Instalación del aire acondicionado.....	44
Ilustración 20.- Dimensionamiento de la habitación	45
Ilustración 21.- Ubicación geográfica del laboratorio	51
Ilustración 22.- Diagrama de ciclo de refrigeración real	68
Ilustración 23.- Diagrama de evaporador para aire acondicionado.....	71
Ilustración 24.- Fases del refrigerante dentro del evaporador	72
Ilustración 25.- Diseño del evaporador	74
Ilustración 26.- Área que comprende el laboratorio de Bioprocesos	85
Ilustración 27.- Ubicación del Equipo.....	86
Ilustración 28.- Ubicación de extractores	86
Ilustración 29.- Recubrimiento con plastico de los equipos del laboratorio	87
Ilustración 30.- Toma de medidas para los boquetes	88
Ilustración 31.- Elaboración del boquete del aire	88
Ilustración 32.- Enlucimiento de Boquete del aire acondicionado	89
Ilustración 33.- Elaboración de boquete para extractor	89
Ilustración 34.- Boquetes enlucidos y pintados	90
Ilustración 35.- Revisión del panel de breakers	91
Ilustración 36.- Cable de corriente para la instalación del aire acondicionado	92
Ilustración 37.- Cable de corriente para los extractores.....	92
Ilustración 38.- Punto eléctrico de 220V y breaker.....	93
Ilustración 39.- Instalación del switch de los extractores	93
Ilustración 40.- Instalación del equipo	94
Ilustración 41.- Instalación de soportes	94
Ilustración 42.- Desmantelamiento del equipo.....	110
Ilustración 43.- Retiro de la carcaza	111
Ilustración 44.- Retiro de la unidad condensadora	111
Ilustración 45.- Piezas utiles retiradas del equipo	112

Ilustración 46.- Soldando una válvula al compresor para introducir gas de limpieza	112
Ilustración 47.- Introduciendo gas de limpieza al compresor	113
Ilustración 48.- Remoción del aislante dañado de la pared divisoria del evaporador y condensador.....	114
Ilustración 49.- Colocación del nuevo aislante.....	114
Ilustración 50.- Aislante ya colocado	115
Ilustración 51.- Limpieza del equipo	115
Ilustración 52.- Reemplazo de las partes del equipo	116
Ilustración 53.- Cargando el nuevo refrigerante al compresor	117
Ilustración 54.- Kit del control remoto universal	117
Ilustración 55.-Instalación del nuevo sistema eléctrico.....	118
Ilustración 56.- Pintando la carcasa del equipo	119
Ilustración 57.- Volviendo a armar el equipo	120

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.- Balance de energía de ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor	19
Ecuación 2.- Ganancia de calor por conducción a través de la estructura exterior.....	29
Ecuación 3.- Corrección de DTCE	29
Ecuación 4.- Ganancia de Calor a través de la estructura interior.....	30
Ecuación 5.- Ganancia de calor por medio de la radiación solar	31
Ecuación 6.- Ganancia de calor debido al alumbrado interno	32
Ecuación 7.- Ganancia de calor sensible debido a las personas	33
Ecuación 8.- Ganancia de calor latente debido a las personas	33
Ecuación 9.- Ganancia de calor sensible por ventilación	35
Ecuación 10.- Ganancia de calor latente por ventilación.....	35
Ecuación 11.- Balance de energía para el ciclo de refrigeración en flujo estacionario.....	65
Ecuación 12.- Calor que absorbe el evaporador	66

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Composición del aire	5
Tabla 2.- Tasas máximas recomendadas de infiltración para ventanas y puertas exteriores	35
Tabla 3.- Capacidades y medidas más comunes de un aire acondicionado compacto	41
Tabla 4.- Datos meteorológicos	48
Tabla 5.- Gráfico de temperatura de Bulbo seco	48
Tabla 6.- Gráfico de humedad relativa.....	49
Tabla 7.- Gráfico de temperatura de bulbo húmedo	50
Tabla 8.- Dimensiones de la habitación No. 1	52
Tabla 9.- Dimensionamiento de la habitación No. 2	53
Tabla 10.- Coeficientes globales de calor para la estructura de las habitaciones	53
Tabla 11.- Resultados de ganancia de calor por conducción	56
Tabla 12.- Tabla de CFM, método de las fisuras	59
Tabla 13.- Datos de R-417A a 5°C	68
Tabla 14.-Valores representativos para el coeficiente global de transferencia de calor.....	75
Tabla 15.- Cotización de materiales de construcción e instalación	83
Tabla 16.- Costo de Mano de Obra	84
Tabla 17.- Coeficiente global (U) para paredes de construcción	99
Tabla 18.- Coeficiente global (U) para techos	100
Tabla 19.- Coeficiente global (U) vidrios y estructura	100
Tabla 20.- Coeficiente global (U) para pisos y puertas.....	101
Tabla 21.- Valores de DTCE para distintos grupos de paredes	102
Tabla 22.- Valores de LM para cálculo de DTCE	103
Tabla 23.- Valores de FGCS para 0º grados latitud	103
Tabla 24.- Tabla de coeficiente de sombreado	104
Tabla 25.- Tabla de FCE para vidrios	104
Tabla 26.- Tabla de ganancia de calor debida a las personas	105
Tabla 27.-Tabla de FCE para personas	105

RESUMEN

Los aires acondicionados se basan en el modelo del ciclo de refrigeración por compresión de vapor. Su principal función es la de retirar el calor almacenado de un ambiente y mantener la temperatura y la humedad de la habitación en un rango agradable para las personas que se encuentran dentro del mismo.

El siguiente proyecto consiste en el diseño y construcción de un acondicionador de aire basado en el ciclo de refrigeración por compresión de vapor. El siguiente equipo será construido con una doble función, la de climatizar el área que comprende el laboratorio de Bio procesos, y la de servir de apoyo didáctico para los estudiantes que cursan la materia de termodinámica.

Como se mencionó anteriormente, el equipo va a ser instalado en el laboratorio de Bio Procesos, ya que esta sección del LOPU quema bastante a altas horas de la tarde, lo cual causa incomodidad para el personal que se encuentra trabajando dentro de la instalación.

El equipo instalado debe cumplir con las condiciones del diseño realizado en este proyecto, y debe ser funcional, fácil de dar mantenimiento y sencillo de utilizar para las personas que ocupen el equipo.

SUMMARY

Air conditioners are based on the vapor compression refrigeration cycle. Its main function is to remove the stored heat of a room and keep the temperature and humidity in a pleasant range for people who are within the same.

This project involves the design and construction of an air conditioner based on the vapor compression refrigeration cycle. The following equipment will be built with a dual function, that of climatize the area comprising the Bioprocess lab, and to serve as an educational support for students pursuing the field of thermodynamics.

As mentioned above, the equipment will be installed in the Bioprocess laboratory, as this section of the LOPU is extremely uncomfortable due to the heat late in the afternoon. This causes discomfort for the staff that is working within the facility.

The equipment installed must meet conditions designed in this project, and must be functional, easy to maintain and simple to use for persons occupying the air conditioner

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, hablar de climatización de un ambiente es muy común. El uso de acondicionadores de aire en habitaciones, edificios, vehículos, trabajo, etc. se ha vuelto una necesidad debido a las condiciones de bienestar que estos proporcionan día a día. Una persona necesita de ciertas condiciones ambientales para poder trabajar de manera óptima dentro un recinto.

En este caso en particular, el Laboratorio de Bioprocesos ubicado dentro del Laboratorio de Operaciones Unitarias no cuenta con las instalaciones adecuadas para mantener un acondicionador de aire. En un día normal en Guayaquil, la temperatura exterior sobrepasa el margen de los 30°C, y la humedad relativa marca por encima de 80%, condiciones que se alejan del estándar de confort humano establecido por el ASHRAE.

El interior de un edificio gana calor constantemente debido a varias fuentes. Para poder llegar a la condición de confort humano dentro del laboratorio, se deben cumplir y mantener condiciones específicas de temperatura y humedad para el recinto. Para poder llegar a esas condiciones, se debe extraer calor para poder compensar las ganancias mencionadas anteriormente. Este calor retirado se denomina *carga de enfriamiento*, y es el punto principal del diseño de nuestro equipo para el laboratorio de Bioprocesos.

El objetivo principal de este proyecto es poder diseñar un equipo capaz de poder generar las condiciones de confort necesarias para las personas que trabajan dentro del laboratorio de Bioprocesos. Una vez completado el diseño, se procedería a la construcción del equipo y la adecuación de las instalaciones para poder hacer funcionar el acondicionador de aire dentro de las instalaciones del laboratorio.

Por último, este equipo no solo va a cumplir su función de climatizar el ambiente del laboratorio de Bioprocesos, sino que también va a ser un punto de referencia para los estudiantes de la carrera de Ingeniería química que están cursando la materia de Termodinámica. El acondicionador de aire poseerá una descripción del ciclo de refrigeración y los parámetros a los que el equipo funciona, aportando un fin didáctico a los estudiantes que están actualmente cursando la materia.

ANTECEDENTES

La climatización es un tema que se viene tratando desde la antigüedad. La necesidad de ambientar un espacio a una temperatura agradable ha sido una de las incógnitas que el hombre se ha dedicado a resolver.

En la antigüedad, los egipcios utilizaban algunos métodos para reducir el calor de un espacio. Estos métodos se utilizaban esencialmente en el palacio del faraón, cuyas paredes estaban conformadas por grandes bloques de piedra, con un peso que superaba las mil toneladas. Cuando anochecía, los esclavos desmontaban las paredes y movían las piedras al Desierto del Sahara. Debido al clima extremo del desierto, estas piedras se enfriaban durante la noche. Justo antes de que amaneciera, los esclavos devolvían las piedras al palacio. Con este trabajo, el faraón disfrutaba de temperaturas alrededor de los 26° Celsius, mientras que afuera la temperatura podía incrementarse hasta el doble.

Al pasar los años, en el año 1842, Lord Kelvin desarrollo el principio básico del aire acondicionado. El objetivo de este fue poder conseguir un ambiente más placentero. Este principio consistía en un circuito frigorífico sellado con bases en la absorción de calor por medio de un gas refrigerante. Estas fueron las primeras bases de la climatización, consecuentemente se empezaron a buscar otros factores importantes en el acondicionamiento de una habitación. Humedad, calidad del aire y ruido son otros factores que se buscan solucionar.

Actualmente los aires acondicionados modernos son capaces de controlar todas estas variables. Por consiguiente, es importante saber el proceso por el cuál estos equipos operan. Los aires acondicionados son equipos encargados de acondicionar las propiedades de una habitación. Estos equipos, no son solo utilizados para climatizar las habitaciones. Los hospitales, las industrias y los laboratorios requieren del uso constante de estos equipos para crear un ambiente propicio para realizar sus labores. Los hospitales requieren de un ambiente limpio y climatizado para tratar a sus pacientes. Algunas industrias necesitan de espacios acondicionados para realizar ciertos procesos y poder elaborar sus productos. Finalmente, los laboratorios requieren de espacios acondicionados para reducir el índice de error en sus pruebas de calidad.

JUSTIFICACIÓN

La climatización es un tema que no se puede pasar por alto en ninguna ingeniería. La termodinámica y la transferencia de calor forman parte de la base de estudios de un Ingeniero Químico, lo que lo diferencia de las demás carreras de Ingeniería.

El ciclo de refrigeración por compresión de vapor se basa en el ciclo invertido de Carnot, uno de los pilares fundamentales de la teoría termodinámica.

Existen algunos equipos de climatización en la actualidad, los cuales se utilizan dependiendo de las necesidades que se requieran cubrir. En este caso para los dos ambientes del laboratorio de Bio procesos, se eligió diseñar y construir un acondicionador de aire compacto. Se eligió optar por este camino más que nada por el costo vs el resultado que se quería obtener, tratando de observar la opción más económica, pero que al mismo tiempo solucione el inconveniente del laboratorio.

Además, es el equipo ideal para realizar un estudio práctico sobre el ciclo de refrigeración por compresión de vapor. Otros equipos son más complejos en su estructura, lo cual podía complicar el estudio del ciclo para los estudiantes que recién ven la materia por primera vez.

De esta manera cumplimos con los objetivos principales de este proyecto, el cual consiste en dar una solución al problema de calor del laboratorio de Bio procesos y también dejar un equipo que facilite el estudio de ciclos de refrigeración dentro del LOPU, ubicado dentro de la ESPOL, campus Gustavo Galindo.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Diseñar, construir e instalar un acondicionador de aire que funcione a control remoto dentro del laboratorio de bio procesos, y que además pueda ser utilizado para realizar prácticas sobre ciclos de refrigeración.

Objetivos específicos

- Calcular la carga de enfriamiento del recinto para poder realizar el diseño del equipo
- Seleccionar los materiales y el refrigerante adecuado para la construcción del equipo.
- Construir el ciclo de refrigeración del aire acondicionado con los datos calculados para el diseño.
- Correr el equipo para probar si es capaz de remover la carga de calor que posee el laboratorio de Bio procesos en horas de trabajo.
- Construir una tabla de datos para que los estudiantes de Ingeniería Química puedan estudiar el fenómeno termodinámico.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1 Termodinámica, conceptos introductorios

La termodinámica es una rama de la física, como una ciencia de la Ingeniería. Se deriva del griego *therme* (calor) y *dynamis* (fuerza). La termodinámica es la ciencia encargada de estudiar y explicar los fenómenos naturales relacionados con la interacción de calor y otras manifestaciones de energía. Los ingenieros se encuentran interesados en estudiar los sistemas termodinámicos y cómo estos interactúan con su entorno.

El uso de esta ciencia, junto con otras ciencias de la Ingeniería, ayuda a los ingenieros a analizar y diseñar objetos destinados a satisfacer las necesidades humanas. Así mismo los ingenieros buscan perfeccionar los diseños y mejorar el rendimiento de los equipos, para de esa manera obtener un aumento en la producción de algún producto deseado, la reducción de algún recurso escaso, la disminución de costos totales de operación o elaborar procesos con un menor impacto ambiental. Los principios de la termodinámica juegan un papel importante a la hora de poder alcanzar estos objetivos.

1.1.1 Sistemas Termodinámicos

Algo muy importante en cualquier análisis de ingeniería es describir con precisión aquello que va a ser estudiado. Un sistema es cualquier cosa que deseamos estudiar. Un ejemplo es querer estudiar la cantidad de materia contenida dentro de un tanque cerrado, o también una tubería de gas a través de la cual fluye materia.

Con ello también tenemos los elementos externos al sistema, el cual se define como el *entorno*. De esta manera, el sistema se diferencia del entorno por medio de un *límite específico*, el cual se lo denomina como *frontera*.

Siempre va a existir un tipo de interacción entre el sistema y su entorno por medio de las fronteras del sistema.

Delimitar correctamente un sistema es importante en la termodinámica, ya que la correcta colocación de las fronteras influye en el análisis termodinámico.

1.1.1.1 Tipos de sistemas

Existen dos tipos de sistemas termodinámicos:

- Sistema cerrado. Es un sistema termodinámico en el cual no hay variación de materia dentro del sistema.
- Sistema abierto. Es un sistema termodinámico en el cual existe un flujo de materia que entra y sale del sistema.

Es muy importante saber con qué tipo de sistema estamos trabajando, ya que esto influye enormemente en el análisis termodinámico y sus respectivos cálculos.

1.1.1.2 Perspectiva macroscópica y microscópica del sistema

Así mismo los sistemas pueden estudiarse desde un punto de vista macroscópico y microscópico. La perspectiva macroscópica es la perspectiva normal del sistema, en la cual se realizan los cálculos y balances de energía sin ninguna alteración o énfasis en la estructura de la materia.

La perspectiva microscópica, o también conocida como termodinámica estadística, está relacionada directamente al análisis estructural de la materia. El objetivo de esta perspectiva es poder caracterizar mediante valores estadísticos el comportamiento de las partículas que conforman el sistema termodinámico de interés y con esta información relacionar el comportamiento macro del sistema.

1.1.2 Propiedades, Estados, Procesos

Para poder describir un sistema y predecir su comportamiento se necesitan conocer un conjunto de propiedades y cómo se relacionan entre sí.

Las propiedades de un sistema son características macroscópicas del mismo, tales como son: Masa, volumen, energía, presión y temperatura. A estas se les pueden asignar valores numéricos en un instante dado sin necesariamente conocer la historia del sistema. La termodinámica también trata con otras

magnitudes que no son necesariamente propiedades, como lo son el flujo de masa y la transferencia de energía por trabajo y calor.

En cambio el estado se puede definir como la condición actual de un sistema definido por el conjunto de sus propiedades.

Cuando cualquiera de las propiedades de un sistema cambia, el estado del sistema también cambia y se dice que el sistema ha sufrido un proceso. Por eso se puede definir a un proceso como la transformación de un estado a otro.

1.1.3 Ciclo termodinámico

Un ciclo termodinámico es la secuencia de procesos que empieza y termina en el mismo estado. Al final del ciclo, todas las propiedades tienen los mismos valores que tenían al principio. En consecuencia, el sistema Termodinámico no experimenta cambio de estado alguno al finalizar el ciclo.

1.1.4 Fase y sustancia pura

Nos referimos a fase a la cantidad de materia que es homogénea en toda su extensión, tanto en la composición física como química. Homogeneidad en la estructura física se refiere a que la materia es toda sólida, toda líquida, o toda gaseosa.

Los sistemas Termodinámicos pueden contener más de una fase. Un ejemplo sencillo de un sistema de dos fases es un sistema funcionando con agua líquida y vapor. Cuando existe más de una fase, estas se encuentran separadas por el límite de las fases.

En cambio una sustancia pura es aquella que es uniforme e invariable en su composición química. Una sustancia puede existir en más de una fase, pero su composición química debe ser la misma en cada fase. Para explicar esto podemos utilizar el mismo ejemplo. El agua líquida y el vapor de agua forman un sistema con dos fases, pero el sistema puede considerarse como una sustancia pura ya que esta posee la misma composición en todos sus estados.

1.1.5 Equilibrio

La termodinámica pone su mayor énfasis en los estados de equilibrio y en los cambios de un estado de equilibrio a otro. El equilibrio implica una condición de

balance mantenido por una igualdad de fuerzas opuestas. Pero en la termodinámica, esto no es suficiente ya que también hay que considerar el equilibrio de otras influencias. Cada tipo de influencia se refiere a un aspecto en particular o total del equilibrio termodinámico. De acuerdo con esto, deben existir varios tipos de equilibrio parcial para satisfacer la condición de equilibrio completo. Podemos definir equilibrio mecánico, térmico, de fases y químico. Con esto, si observamos que no existen cambios en los estados dentro del sistema termodinámico, podemos concluir que este se encuentra aislado, afirmando que el sistema se encuentra en un estado de equilibrio.

1.2 Metodología para resolver problemas de termodinámica

La primera etapa en un análisis termodinámico es la definición del sistema y la identificación de las interacciones significativas con el entorno. Entonces lo primero sería analizar las leyes y relaciones físicas que permiten describir el comportamiento del sistema. La mayor parte de estos análisis utilizan una o más de tres leyes básicas. Las leyes más importantes a considerar son:

- Principio de conservación de la masa
- Principio de conservación de la energía
- La segunda ley de la Termodinámica

Pero además de las leyes, resulta necesario encontrar relaciones entre las propiedades de las sustancias consideradas en los sistemas termodinámicos.

1.3 Propiedades del Aire Atmosférico

Antes que nada es muy importante conocer algunas de las propiedades del aire con las que vamos a trabajar.

1.3.1 Composición química del aire

El aire, su composición y estado, ha hecho posible el desarrollo de la vida. Esta consiste en una mezcla de gases en la cual se pueden encontrar ciertas partículas en suspensión, entre ellas agua, polvo, sustancias contaminantes, etc. Los gases componentes del aire se pueden agrupar en 2 categorías:

- Componentes cuya concentración no varía en las capas bajas de la atmósfera. Entre ellos, los más importantes son el nitrógeno, el oxígeno,

el argón, el neón, el helio y el hidrógeno. Los componentes predominantes de esta mezcla son el nitrógeno y el oxígeno, el resto conformando apenas el 1% del total.

- Componentes cuya concentración es variable, como el vapor de agua, el ozono y el dióxido de carbono.

El oxígeno viene a ser el componente más importante debido a que es indispensable para que exista vida en el planeta. Sin embargo, desde el punto de vista termodinámico, el componente más importante del aire es el vapor de agua. Este tiene la propiedad de realizar cambios de estado según sea la temperatura del aire; se puede encontrar en estado líquido, sólido o gaseoso.

Cuando el vapor de agua pasa al estado líquido y luego al estado sólido, se ponen en juego unas cantidades enormes de energía, las cuales son responsables de algunos fenómenos meteorológicos.

Tan solo cuando el vapor de agua condensa, cede al aire, o a cualquier otro medio refrigerante, una cantidad de calor de 600 Kcal por Kg de vapor. Con esta cantidad de calor podemos calentar 10 Kg de agua líquida desde 10 a 70°C.

Desde un punto de vista práctico, podemos considerar al aire húmedo atmosférico como una mezcla de dos gases, aire seco y vapor de agua. El primero con una composición constante y el segundo con una composición variable.

CLASE DE GAS	CONTENIDO
NITROGENO	78.09 %
OXIGENO	20.95 %
ARGÓN	0.93 %
DIÓXIDO DE CARBONO	0.03%

Tabla 1.- Composición del aire

Fuente: Angel L. Miranda Barreras, Enciclopedia de la Climatización, Aire Atmosférico.

En ocasiones el aire húmedo posee agua líquida en suspensión e incluso hielo. Pero también existen partículas sólidas en suspensión: gránulos de carbón, sal,

arena, polen, etc. Estas partículas en suspensión tienen gran importancia, ya que son el origen de las gotas de agua cuando el vapor de agua se condensa.

1.3.2 Temperatura de Bulbo seco

Se define a la temperatura del aire tal como la indica un termómetro a la interperie. La definición de temperatura y temperatura de bulbo seco se utilizan de manera similar siempre y cuando se esté hablando de la temperatura del aire.

1.3.3 Temperatura de Bulbo Húmedo

Es la temperatura que indica el termómetro cuando el bulbo se encuentra envuelto en una delgada capa de agua. Esta temperatura se obtiene a través de la carta psicrométrica del aire.

1.3.4 Punto de rocío

El punto de Rocío es la temperatura en la cual el vapor de agua empieza a condensarse si este se enfría a una presión constante.

1.3.5 Relación de Humedad

También conocida como humedad específica. Es el peso de vapor de agua por libra de aire seco. Puede ser expresado en g/Kg de aire seco, g/g de aire seco o en lb/lb de aire seco. Este valor puede ser encontrado en la carta psicrométrica del aire.

1.3.6 Humedad Relativa

Es la relación que existe entre la presión de vapor de agua en el ambiente con la presión de vapor de agua si esta estuviera saturada a la misma temperatura. Este valor se expresa en porcentaje y puede ser obtenido por medio de la carta psicrométrica del aire.

1.3.7 Volumen Específico

Se refiere al volumen de aire húmedo por unidad en peso de aire seco. Se puede expresar en unidades de ft³/lb de aire seco.

1.3.8 Entalpía

Es el contenido de calor presente en el aire por unidad de peso a una temperatura determinada. Las unidades se pueden expresar en KJ/Kg o en BTU/lb de aire seco. La entalpía contiene la energía del aire seco, más la energía del vapor de agua contenido en el aire.

1.3.9 Entropía

La entropía es una función de estado de carácter extensivo y su valor crece en el transcurso de un proceso que se dé de forma natural. La entropía describe la irreversibilidad de los sistemas termodinámicos. Así mismo, la entropía mide el grado de organización del sistema, que es la razón incremental entre un incremento de energía interna frente a un incremento de temperatura del sistema. Se puede expresar en KJ/Kg.K o en BTU/lb.R

1.3.10 Capacidad Calorífica

El calor específico es una propiedad intensiva de la materia, por lo que es representativo de cada materia; por el otro lado, la capacidad calorífica es una propiedad extensiva que representa a cada cuerpo o sistema particular.

La Capacidad Calorífica específica, denominado como **C**, se encuentra en función de la temperatura del sistema; a esto nos referimos a que $C(T)$. Esta función es creciente para la mayoría de las sustancias. Conocida esta función $C(T)$, la cantidad de calor asociada con un cambio de temperatura del sistema desde la temperatura inicial T_i al sistema de temperatura final T_f se calcula mediante la siguiente ecuación integral

$$Q = m \int_{T_i}^{T_f} C dT$$

En un intervalo donde la capacidad calorífica sea aproximadamente constante la fórmula anterior puede escribirse simplemente como:

$$Q \approx mc\Delta T$$

1.4 Psicrometría

La ASHRAE define al acondicionamiento del aire como: “El proceso de tratar el aire, de tal manera, que se controle simultáneamente su temperatura, humedad, limpieza y distribución, para que se cumpla con los requisitos de espacio acondicionado”. Con esta definición, podemos definir las operaciones más importantes de un sistema de aire acondicionado:

1. Control de la temperatura
2. Control de la humedad
3. Filtración, limpieza y purificación del aire
4. Circulación y movimiento del aire.

El acondicionamiento del aire proporciona un control automático sobre estas condiciones. El acondicionamiento de aire en casas, edificios o industrias se realiza por dos razones principales: proporcionar confort, y para poder tener un control más completo sobre el proceso de manufactura. El control de la temperatura y la humedad, mejora la calidad del producto terminado.

Para poder acondicionar el aire en un espacio, se requiere tener conocimiento alguno de las propiedades del aire y de la humedad, saber sobre cálculo de cargas de enfriamiento o calentamiento, manejo del diagrama psicrométrico, y por último del cálculo y selección del equipo.

1.4.1 Diagrama Psicrométrico

Aunque es importante saber cómo calcular los valores de las propiedades del aire, es aún más importante saber cómo leer el diagrama psicrométrico para encontrar dichos valores.

El diagrama psicrométrico es un instrumento esencial para el diseño de un acondicionador de aire, ya que facilita los cálculos y permite relacionar las propiedades. Aún más importante, permite representar los procesos, con lo cual uno puede hacerse una mejor idea de lo que ocurre en la instalación.

Cada punto dentro del diagrama representa un estado. Con esto podemos observar cómo se comporta el aire a través de un proceso.

Este diagrama representa gráficamente las propiedades del aire húmedo. El eje horizontal representa el eje de temperatura seca (t : °C). El eje vertical representa el eje de la humedad absoluta (W : gw/Kga). La línea superior representa la humedad relativa al 100%, que es el indicativo del estado de saturación. Subsecuentemente las líneas paralelas inferiores, representa la humedad relativa decreciendo en valores de 10%.

Las líneas diagonales superpuestas al diagrama representan la entalpía (h : KJ/Kga). La línea se encuentra escalonada para facilitar la lectura.

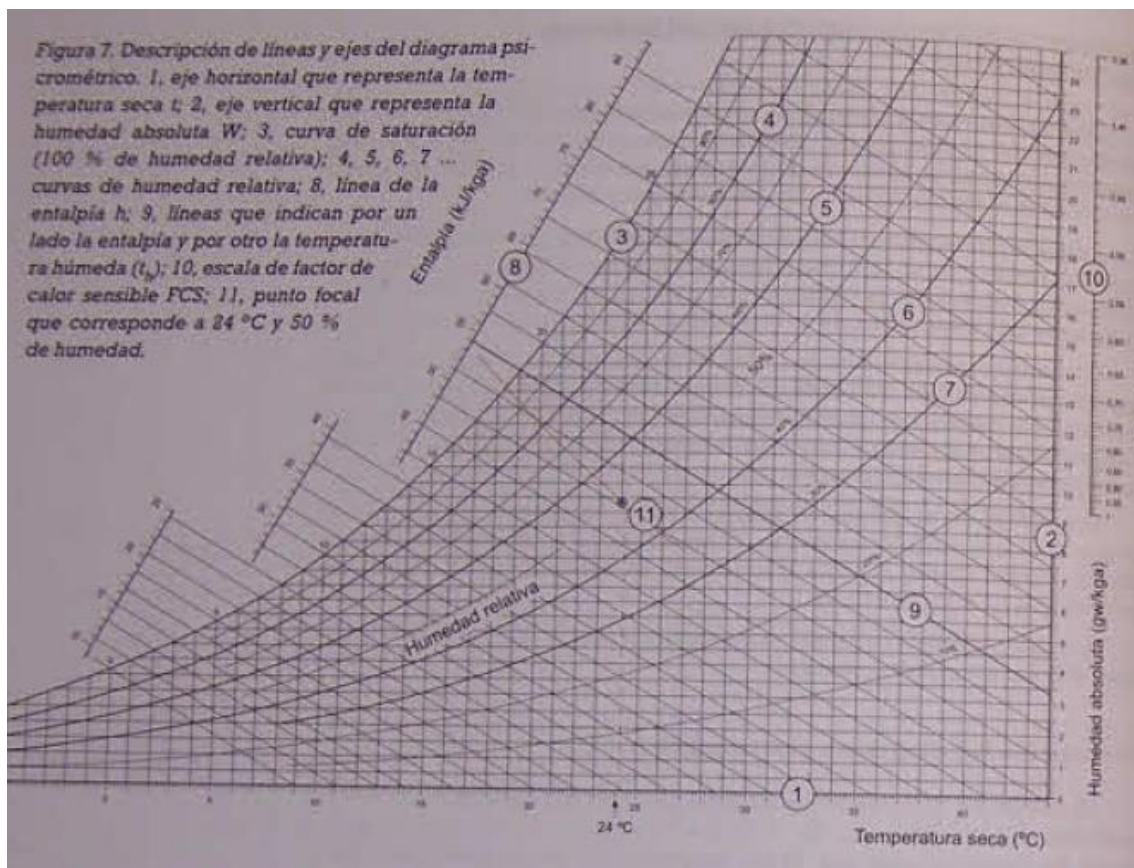


Ilustración 1.- Explicación del diagrama psicrométrico

Fuente: Angel L. Miranda Barreras, Enciclopedia de la Climatización, Parámetros Fundamentales Diagrama Psicrométrico.

A la derecha del eje vertical, hay otro eje que representa la escala de factor de calor sensible, con valores que van desde 1 hasta 0,36.

En el centro podemos encontrar un punto, el cual se denomina como punto focal, el cual es muy importante. Este punto se encuentra a 24 °C temperatura de bulbo seco y una humedad relativa del 50%.

Con la ayuda del diagrama psicrométrico, podemos encontrar los respectivos valores necesarios para poder realizar el diseño del acondicionador de aire, evitando la utilización de muchas ecuaciones para obtener los mismos valores.

1.4.2 Localización de la condición del aire en el diagrama psicrométrico

Los diferentes estados del aire se pueden representar mediante un punto en el diagrama. La condición o estado puede ubicarse una vez que se conozcan dos propiedades independientes del aire. Ya que cada propiedad del aire se representa por medio de una línea, la intersección de estas dos líneas define el punto que representa el estado en el cual se encuentra el aire.

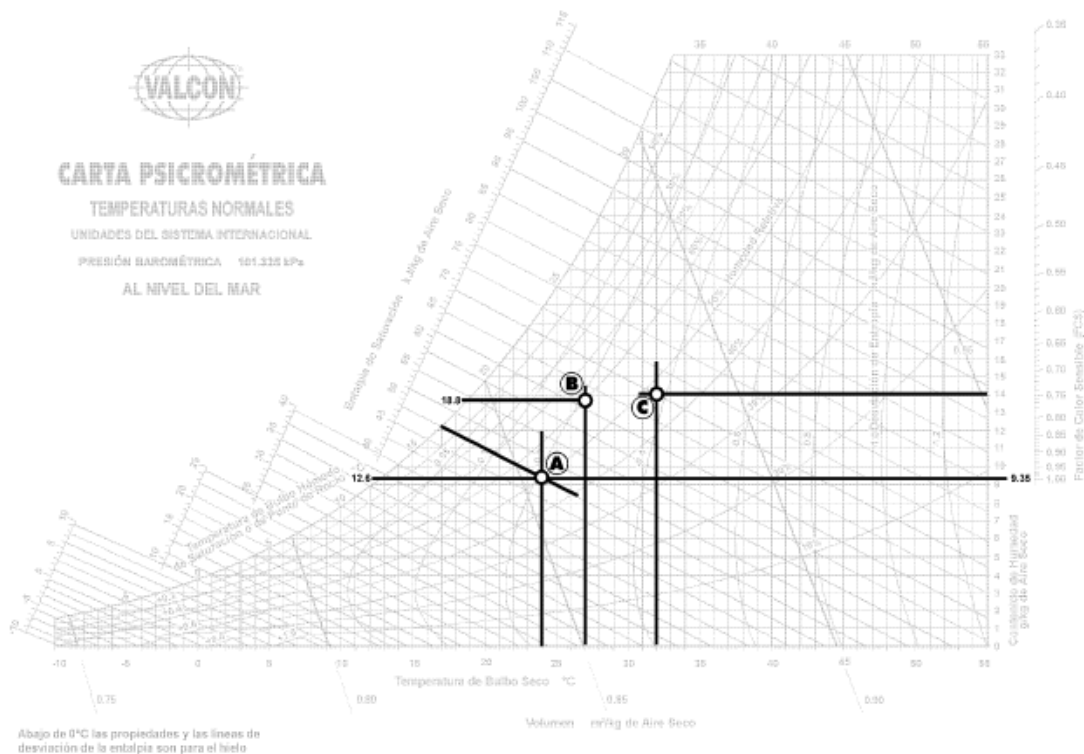


Ilustración 2.- Ejemplo del uso del diagrama psicrométrico

Fuente: Edward G. Pita, Acondicionamiento de Aire, Psicrometría, Año 1994

Ya conocido este punto, se pueden determinar las demás propiedades que se necesitan conocer del aire en ese punto.

El diagrama psicrométrico que se manejará es el que se encuentra a presión atmosférica normal al nivel del mar.

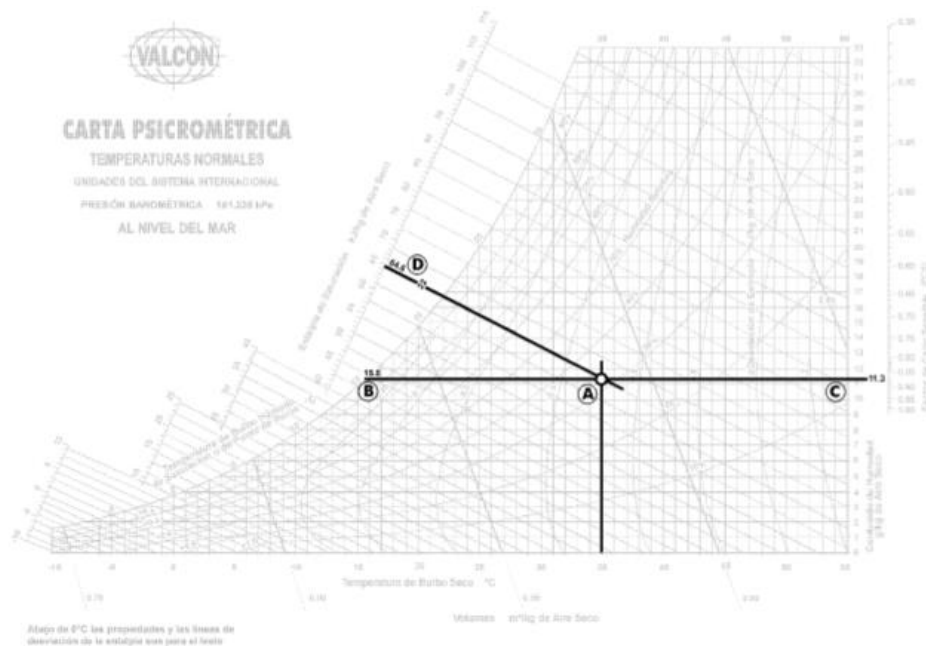


Ilustración 3.- Determinación de las propiedades del aire en la carta psicrométrica

Fuente: Edward G. Pita, Acondicionamiento de Aire, Psicrometría, Año 1994

1.4.3 Líneas de proceso, variaciones de calor sensible

El objetivo principal del acondicionador de aire es cambiar el estado del aire que entra y llevarlo a otra condición. Este cambio de propiedades se define como proceso.

El proceso de variación de calor sensible es aquel en el que se agrega o retira calor del aire y como resultado varía la temperatura de bulbo seco. En este proceso no varía el contenido de vapor de agua. Por lo tanto, la dirección del proceso debe ser a lo largo de una línea de relación constante de humedad. Este calentamiento produce un aumento en la temperatura de bulbo seco y la entalpía. El proceso inverso, enfriamiento sensible, origina una disminución de la temperatura de Bulbo seco y la entalpía.

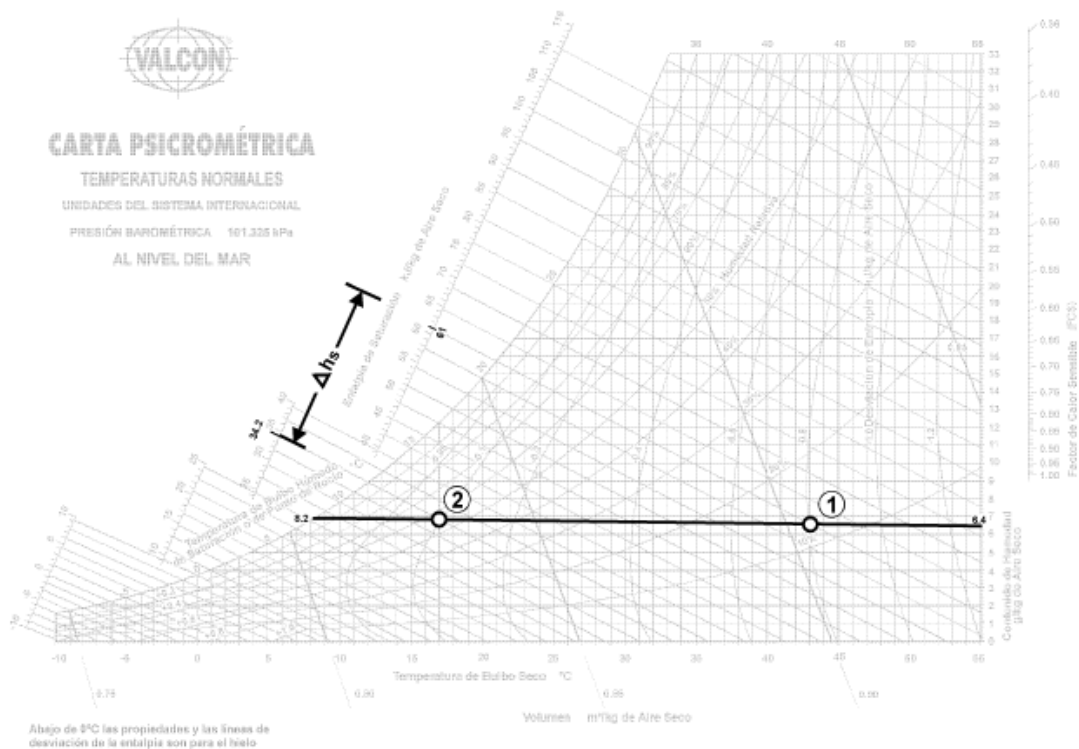


Ilustración 4.- Ejemplo de variación de calor sensible

Fuente: Edward G. Pita, Acondicionamiento de Aire, Psicrometría, Año 1994

1.4.4 Líneas de proceso, variaciones de calor latente, humidificación y des humidificación

El proceso de agregar vapor de agua al aire se llama humidificación, y el proceso de retirar vapor de agua del aire se conoce como des humidificación. El proceso de humidificación tiene como resultado un aumento en la relación de humedad y en la entalpía debido al vapor de agua que se agregó. Esta variación en los valores de las propiedades es definido como la variación de calor latente. En cambio, en la des humidificación, la eliminación del agua acarrea una disminución en la entalpía del aire.

Estos procesos de humidificación y des humidificación puras sin variación de calor sensible son muy raras de presenciar en los equipos de acondicionamiento de aire. Aun así, es importante comprender el concepto de estos procesos para poder analizar distintas situaciones.

1.4.5 Líneas de proceso, variaciones combinadas de calor sensible y latente

Estos son los siguientes procesos combinados que se pueden producir:

- Calentamiento sensible y humidificación
- Calentamiento sensible y des humidificación
- Enfriamiento sensible y humidificación
- Enfriamiento sensible y des humidificación

En estos procesos hay que darse cuenta que existen variaciones tanto en la temperatura de bulbo seco, como en la entalpía y la humedad relativa.

Es muy importante determinar la cantidad de calor de vapor de agua que se agrega o se elimina en el acondicionador de aire, así como determinar las variaciones de las demás propiedades.

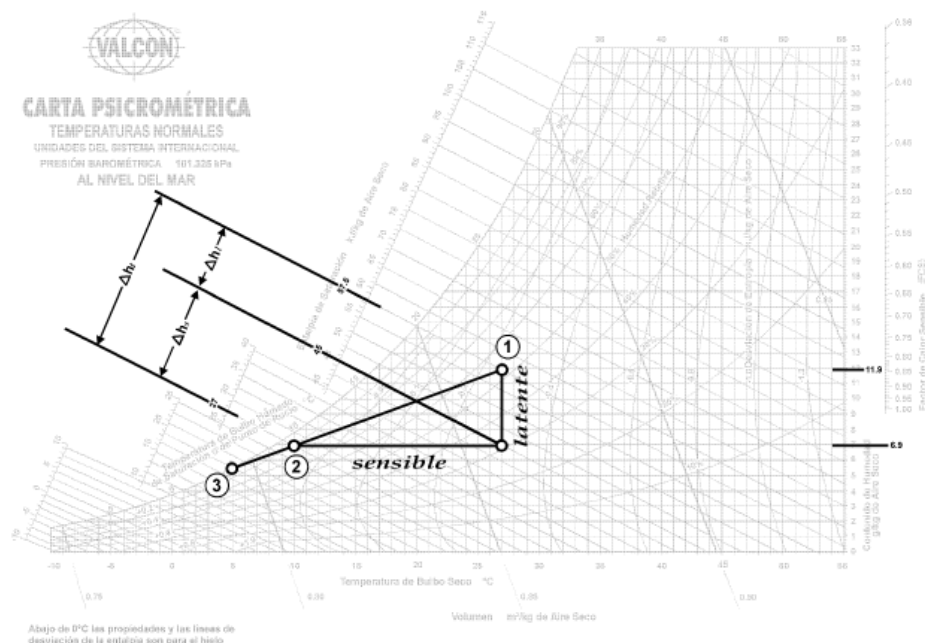


Ilustración 5.- Ejemplo de variación de calor sensible y latente

Fuente: Edward G. Pita, Acondicionamiento de Aire, Psicrometría, Año 1994

1.5 Ciclos de refrigeración

Una de las principales áreas de aplicación de la termodinámica es la refrigeración, la cual consiste en la transferencia de calor de una región de temperatura inferior hacia una temperatura superior. Los dispositivos que producen refrigeración se llaman refrigeradores, y los ciclos en los que operan se denominan ciclos de refrigeración. El ciclo de refrigeración que se utiliza con

más frecuencia es por compresión de vapor, donde el refrigerante se evapora y se condensa alternadamente, para luego comprimirse en la fase de vapor.

Otro ciclo de refrigeración estudiado es el ciclo de refrigeración de gas en el que el refrigerante permanece todo el tiempo en la fase gaseosa. Otros ciclos de refrigeración son la refrigeración en cascada, la cual utiliza más de un ciclo de refrigeración; refrigeración por absorción, donde el refrigerante se disuelve en un líquido antes de ser comprimido.

1.5.1 Refrigeradores

Por experiencia sabemos que el calor fluye en sentido de temperaturas decrecientes. A esto nos referimos desde el objeto con mayor temperatura hasta el objeto de menor temperatura.

Dicho proceso de transferencia de calor ocurre en la naturaleza sin que se requiera la participación de algún dispositivo. En cambio el proceso inverso no sucede por sí solo. La transferencia de calor de una región de temperatura baja a otra de alta temperatura requiere de dispositivos especiales llamados refrigeradores.

Los refrigeradores son dispositivos que trabajan en ciclos, y el fluido de trabajo utilizado en el ciclo de refrigeración es conocido como refrigerante.

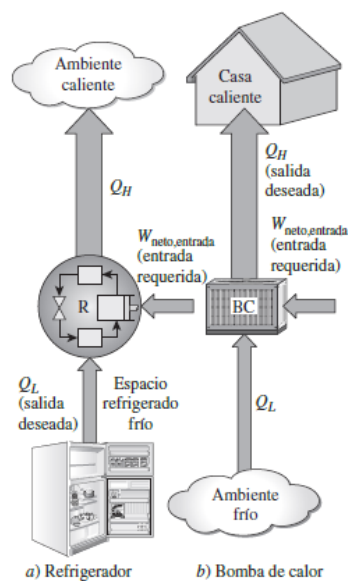


Ilustración 6.-Esquema de funcionamiento de un refrigerador y Bomba de Calor

Fuente: Yunes A. Cengel, Termodinámica 7ma Edición, Ciclos de Refrigeración, Año 2011

Observando el gráfico, podemos indicar que Q_L es la magnitud del calor extraído del espacio refrigerado a la temperatura T_L ; Q_H es la magnitud del calor rechazado hacia el espacio caliente a temperatura T_H , y $W_{\text{neto,entrada}}$ es la entrada neta de trabajo al refrigerador.

La **capacidad de enfriamiento** o **carga de enfriamiento** de un sistema de refrigeración, se refiere a la tasa de calor extraído del espacio refrigerado, el cual se expresa generalmente en toneladas de refrigeración. La capacidad de un sistema de refrigeración que puede congelar 1 tonelada (2 000 lbm) de agua líquida a 0 °C (32 °F) en hielo a 0 °C en 24 horas será 1 tonelada. Una tonelada de refrigeración es equivalente a 211 kJ/min o 200 Btu/min. La carga de refrigeración de una residencia típica de 200 m² se encuentra alrededor de las 3 toneladas (10 kW).

1.5.2 El ciclo invertido de Carnot

El ciclo de Carnot es un ciclo totalmente reversible que se compone de dos procesos isotérmicos reversibles y de dos procesos isentrópicos. Este ciclo muestra la máxima eficiencia térmica en algunos límites determinados de temperatura y sirve como un estándar de comparación para otros ciclos de potencia reales.

Debido a la reversibilidad del ciclo, los cuatro procesos del Ciclo de Carnot se pueden invertir.

Al hacerlo también se invertirán las direcciones de cualquier interacción de calor y de trabajo. El resultado es un ciclo que opera en dirección contraria a las manecillas del reloj en el diagrama T-s, también conocido como el **ciclo Invertido de Carnot**. Los refrigeradores que operan con el ciclo invertido de Carnot son conocidos como Refrigeradores de Carnot.

El ciclo de los refrigeradores de Carnot opera de la siguiente manera. El refrigerante absorbe calor isotérmicamente a través de una fuente de baja temperatura (T_L), absorbiendo una cantidad definida como Q_L (proceso 1-2), luego se comprime isentrópicamente hasta el estado 3, elevando la temperatura se hasta T_H . Posteriormente, este rechaza calor isotérmicamente a un sumidero de alta temperatura (T_H), rechazando una cantidad definida como Q_H (proceso 3-4) y al final se expande isentrópicamente hasta el estado 1, bajando la

temperatura hasta T_L . Este refrigerante cambia de un estado con vapor saturado a un estado con líquido saturado en el condensador durante el proceso 3-4.

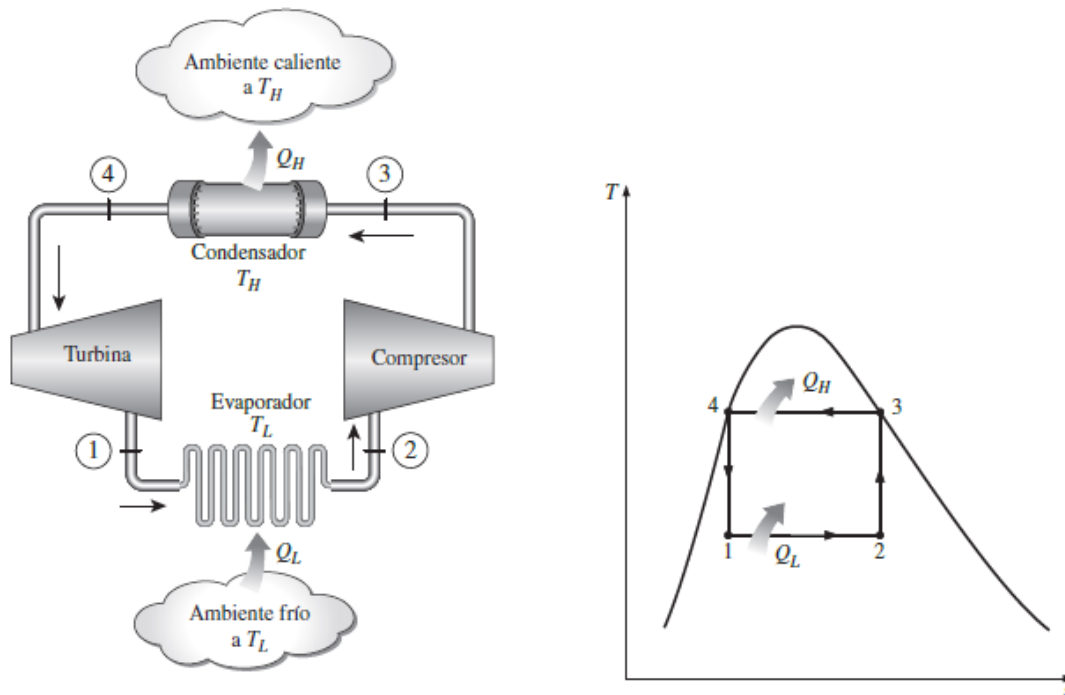


Ilustración 7.- Esquema del refrigerador de Carnot y diagrama T-s del Ciclo invertido de Carnot

Fuente: Yunes A. Cengel, Termodinámica 7ma Edición, Ciclos de Refrigeración, Año 2011

El ciclo invertido de Carnot es el ciclo de refrigeración más eficiente que opera entre dos niveles específicos de temperatura. Por lo tanto, es natural considerarlo en primer lugar como un ciclo ideal esperado para los refrigeradores. No obstante, el ciclo invertido de Carnot es considerado como un modelo inadecuado para los ciclos de refrigeración.

Los dos procesos isotérmicos de transferencia de calor no son difíciles de alcanzar en la práctica dado que al mantener una presión constante automáticamente se fija la temperatura de una mezcla de dos fases en el valor de saturación. Es por eso que los procesos 1-2 y 3-4 pueden ser aproximados en los evaporadores y condensadores reales. Pero no es así en los procesos 2-3 y 4-1 ya que no pueden aproximarse lo suficiente en la práctica. Esto se debe a que el proceso 2-3 incluye la compresión de un vapor húmedo que requiere un compresor que maneje dos fases, y el proceso 4-1 implica la expansión de un refrigerante con alto contenido de humedad en una turbina.

Es por esto que el ciclo invertido de Carnot solo sirve como un estándar contra el cual se comparan los ciclos reales de refrigeración.

1.5.3 Ciclo ideal de refrigeración

El ciclo ideal por compresión de vapor suplanta por completo al ciclo invertido de Carnot haciendo tan solo unos arreglos. Estos cambios consisten en evaporar el refrigerante por completo antes de que se comprima, y al sustituir la turbina con un dispositivo de estrangulamiento, tal como una válvula de expansión o un tubo capilar.

El ciclo ideal de refrigeración es el que más se utiliza en los refrigeradores, acondicionadores de aire y bombas de calor. Este se consiste en cuatro procesos:

- 1-2 Compresión isentrópica en el compresor
- 2-3 Rechazo de calor a presión en el condensador
- 3-4 Estrangulamiento en válvula de expansión o capilar
- 4-1 Absorción de calor en un evaporador

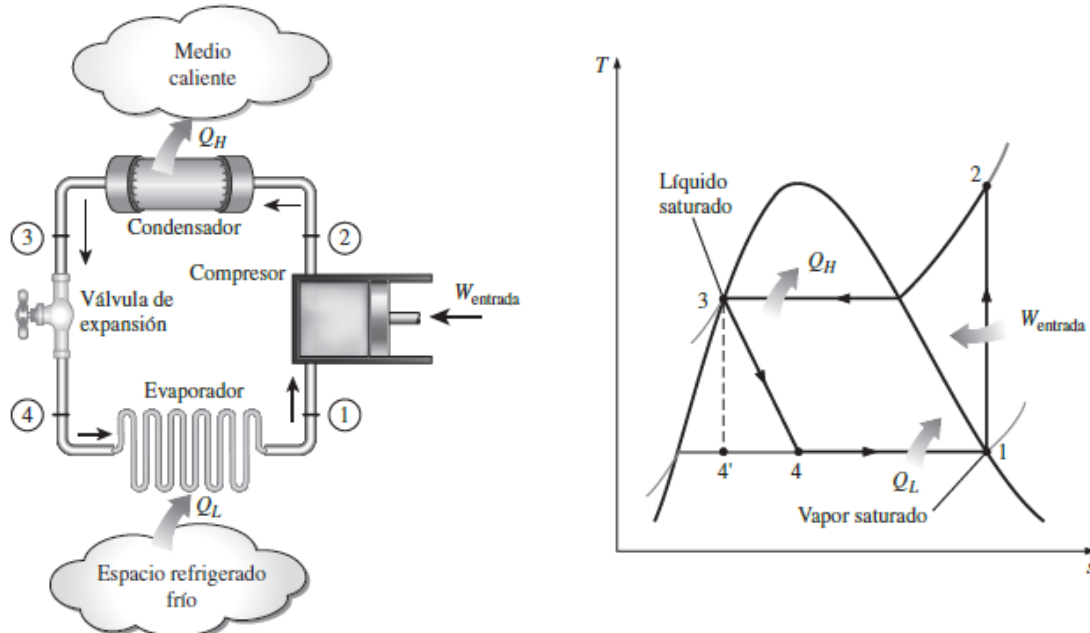


Ilustración 8.- Ciclo ideal de refrigeración

Fuente: Yunes A. Cengel, Termodinámica 7ma Edición, Ciclos de Refrigeración, Año 2011

En el ciclo, el refrigerante entra al compresor en 1 como vapor saturado y luego este lo comprime isentrópicamente hasta elevarlo a la presión a la cual funciona

el condensador. La temperatura del refrigerante se eleva durante la compresión, hasta un valor superior en comparación a la temperatura de los alrededores. Después el refrigerante entra en el condensador como vapor sobrecalentado en el punto 2 y sale como líquido saturado en 3, como resultado del rechazo de calor hacia el ambiente. La temperatura del refrigerante en este estado se mantendrá por encima de la temperatura del aire exterior.

El refrigerante en un estado de líquido saturado en 3, se estrangula hasta la presión del evaporador al pasar por una válvula de expansión o por un tubo capilar. En este proceso, la temperatura del refrigerante desciende por debajo de la temperatura del espacio que se quiere enfriar. El refrigerante entra al evaporador en el punto 4 como vapor húmedo, y luego se evapora por completo absorbiendo calor del espacio. Por último, el refrigerante sale del evaporador como vapor saturado y vuelve a entrar al compresor, completando así el ciclo.

El área bajo la curva en el proceso 4-1 equivale al calor absorbido por el evaporador, y el área bajo la curva del proceso 2-3 en el diagrama, equivale al calor rechazado por el condensador.

Además de los diagramas T-s, también se pueden utilizar los diagramas P-h para trabajar el ciclo de refrigeración.

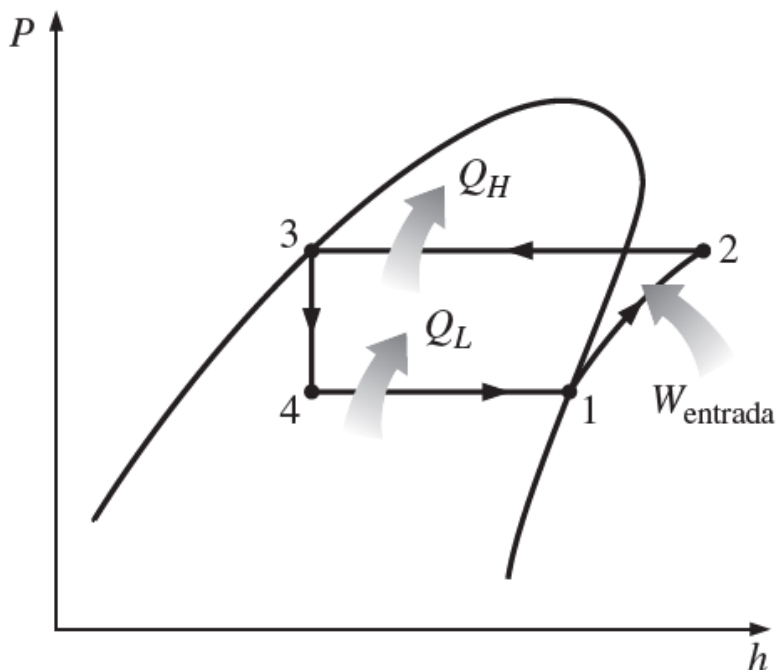


Ilustración 9.- Diagrama P-h del ciclo de refrigeración ideal

Fuente: Yunes A. Cengel, Termodinámica 7ma Edición, Ciclos de Refrigeración, Año 2011

El ciclo de refrigeración por compresión de vapor no es un ciclo reversible ya que posee un proceso irreversible, el estrangulamiento del refrigerante (3-4). Este proceso se conserva en el ciclo para volverlo un modelo más realista. Si la válvula de expansión fuese reemplazado por una turbina, el refrigerante entraría al evaporador en el estado 4¹ y no en el estado 4. En consecuencia, la capacidad de eliminación de calor aumentaría y la entrada neta de trabajo se reduciría. Sin embargo, este reemplazo no es práctico en la vida real, ya que los beneficios que ofrece no justifican el costo de implementación. Además, sería muy complejo hacerlo funcionar.

Los cuatro componentes asociados al ciclo de refrigeración son dispositivos de flujo estacionario, por lo que estos procesos pueden analizarse como procesos de flujo estacionario. Los cambios de energía cinética y potencial del refrigerante suelen ser pequeños en comparación con la energía de trabajo y transferencia de calor, por lo que estas pueden ignorarse. Entonces la ecuación de energía para un flujo estacionario quedaría de la siguiente manera:

$$(q_{entrada} - q_{salida}) + (W_{entrada} - W_{salida}) = h_{salida} - h_{entrada}$$

Ecuación 1.- Balance de energía de ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor

1.5.4 Ciclo real de Refrigeración

El ciclo real de refrigeración por compresión de vapor se diferencia de uno ideal debido a las irreversibilidades que ocurren durante los procesos. Dos fuentes que producen la irreversibilidad son la fricción del fluido, causante de caídas de presión, y la transferencia de calor hacia o desde los alrededores.

Como vimos anteriormente, el refrigerante sale del evaporador y entra al compresor como un vapor saturado. En la realidad esto no es posible. No se puede controlar el estado del refrigerante con tanta precisión. En cambio, si se puede diseñar un sistema en que el refrigerante se sobrecaliente ligeramente en la entrada del compresor. Este sobrecalentamiento asegura que el refrigerante se evapore por completo al llegar al compresor. También, la línea que conecta el evaporador con el compresor es muy larga; es por eso que la caída de presión debido a la fricción del fluido y la transferencia de calor de los alrededores al refrigerante pueden ser significativas. El resultado del sobrecalentamiento, la

ganancia de calor en las líneas de conexión y la caída de presión, hace que aumente el volumen específico y, por ende produce un aumento en los requerimientos de entrada de potencia al compresor. Esto último se debe a que el trabajo de un flujo estacionario es proporcional al volumen específico.

La compresión en el ciclo ideal es internamente reversible y adiabático, por lo cual se define como isentrópico. Sin embargo, en el ciclo real se deberá tener en cuenta la fricción, ya que esta aumenta la entropía y la transferencia de calor, que puede aumentar o disminuir la entropía, dependiendo del sentido de la transferencia. Es por eso que la entropía del refrigerante puede incrementar o disminuir durante el proceso de compresión real. Este proceso puede ser incluso más deseable que el proceso de compresión isentrópico debido a que el volumen específico del refrigerante y, por ende, el requerimiento de entrada de trabajo puede ser más pequeños en este caso. De ese modo, el refrigerante debe enfriarse durante el proceso de compresión siempre que sea práctico y económico hacerlo.

En el ciclo ideal, el refrigerante sale del condensador como un líquido saturado a la presión de salida del compresor. Pero en la realidad, es imposible tener cierta caída de presión en el condensador, en las líneas de conexión y en la válvula de estrangulamiento. Además hay que tener en cuenta que no es tan fácil realizar el proceso de condensación con tal precisión como para que el refrigerante llegue al estado de líquido saturado, y es inaceptable enviar el refrigerante a la válvula de estrangulamiento sin antes este se haya condensado por completo. Es por eso que se subenfía el refrigerante antes de que entre a la válvula de expansión. A pesar de todo esto, se debe tener en mente dado que el refrigerante entra al evaporador con una entalpía inferior y por ello puede absorber más calor del espacio refrigerado. La válvula de expansión y el evaporador se localizan muy cerca el uno del otro, por lo que la caída de presión en la línea de conexión es insignificante.

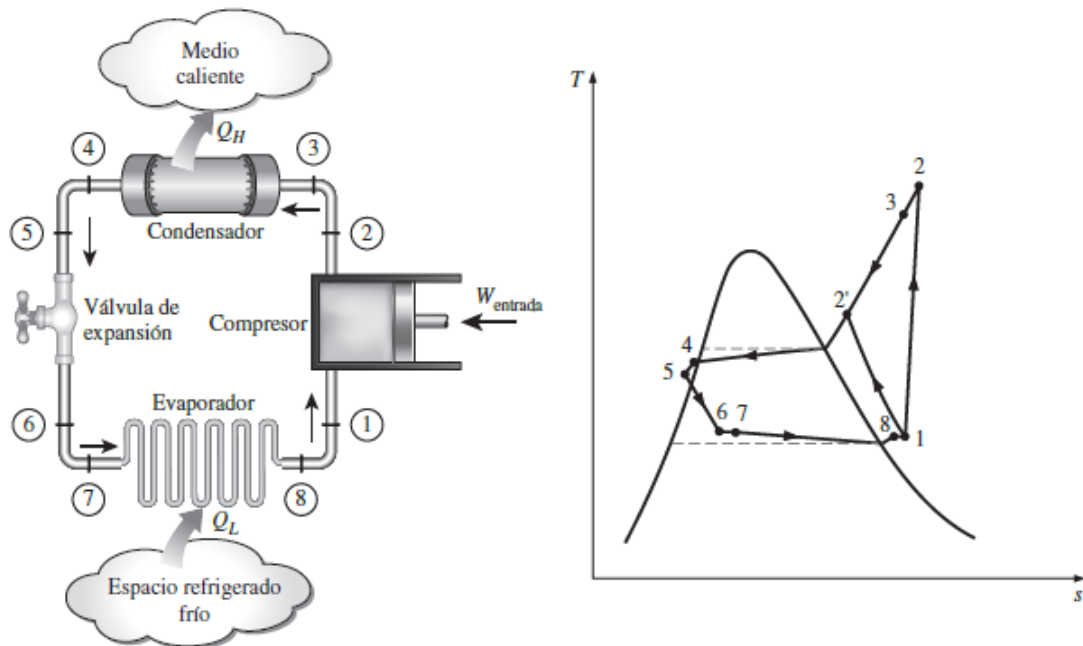


Ilustración 10.- Esquema del ciclo real de refrigeración

Fuente: Yunes A. Cengel, Termodinámica 7ma Edición, Ciclos de Refrigeración, Año 2011

1.5.5 Refrigerantes

Cuando se diseña un sistema de climatización, hay varios tipos de refrigerantes que uno puede elegir, como los clorofluorocarbonos (CFC), amoníaco, hidrocarburos como propano, etano, etileno, etc., dióxido de carbono, aire, e incluso agua. La elección del refrigerante depende de una situación específica o del ambiente que se quiere climatizar. De éstos, los refrigerantes tales como R-11, R-12, R-22, R134a y R-502 son los más utilizados en el mercado actual.

Dos parámetros importantes que necesitan considerarse en la selección de un refrigerante son las temperaturas de los dos medios, el espacio refrigerado y el ambiente, con los cuales el refrigerante intercambia calor. Para tener una transferencia de calor a una tasa razonable, debe mantenerse una diferencia de temperatura de 5 a 10 °C entre el refrigerante y el medio con que intercambia calor. Por ejemplo, si un espacio refrigerado va a mantenerse a -10°C, la temperatura del refrigerante debe mantenerse cercana a -20°C mientras absorbe calor en el evaporador. La presión más baja en un ciclo de refrigeración sucede en el evaporador, y esta presión debe ser superior a la atmosférica para evitar cualquier filtración de aire dentro del sistema de refrigeración.

Por lo tanto, un refrigerante debe tener una presión de saturación de 1 atm o mayor a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ en este caso en particular. El amoníaco y el R-134a son dos de esas sustancias.

En cambio, la temperatura y la presión del refrigerante en el lado del condensador dependen del medio hacia el cual se rechaza el calor. Es posible mantener temperaturas menores en el condensador, si el refrigerante se enfría con agua líquida en lugar de aire. Sin embargo, el uso de agua de enfriamiento no tiene una justificación económica, salvo en los grandes sistemas de refrigeración industrial. La temperatura del refrigerante en el condensador no puede descender por debajo de la temperatura del medio de enfriamiento y la presión de saturación del refrigerante a esta temperatura debe estar bastante debajo de su presión crítica si el proceso de rechazo de calor va a ser aproximadamente isotérmico.

Si ningún refrigerante simple cubre los requisitos de temperatura, entonces dos o más ciclos de refrigeración con diferentes refrigerantes se usan en serie. Un sistema de refrigeración con este tipo de características se denomina como ciclo de refrigeración en cascada.

El refrigerante R-22 es un HCFC (Hidroclorofluorocarbono). Hasta hace poco, era el refrigerante más utilizado para aire acondicionado, tanto para instalaciones de tipo industrial como para las domésticas. Actualmente se prohíbe utilizar R-22 en equipos e instalaciones nuevas. Esto debido a que como cualquier HCFC, su composición es perjudicial para el medio ambiente. Es por eso que, debido a que el R-22 es perjudicial para el ambiente, elegimos al R-147A como el refrigerante indicado para nuestro equipo.

El R-147A es una mezcla no azeotrópica formada por una mezcla ternaria de R-125, R-134a, y R-600, el cual sustituye al R-22, sin efectos adversos a la capa de ozono. Además es compatible con el aceite mineral de la instalación en la mayoría de los casos ya que es un sustituto directo del R-22.

La composición del R-417a ha sido formulada para funcionar en los mismos equipos que funciona el R-22, ya que sus presiones de trabajo y rendimientos son similares a los del R-22.

1.6 Condición de Bienestar

Antes de continuar, sería bueno contestar una incógnita. ¿Cuáles son los elementos básicos ambientales que definen el bienestar humano?

En primera instancia tenemos la percepción de calor. Una sensación de frío o calor extremos no es para nada satisfactoria. Entonces uno de los parámetros más importantes de bienestar está definido como la temperatura del medio ambiente.

Al mismo tiempo un ambiente seco produce una sensación más agradable en comparación a un ambiente húmedo. Pero, si la condición de sequedad es abusada, se empiezan a producir ciertos inconvenientes, como la sequedad de las mucosas, y el exceso de electricidad estática. En cambio un ambiente muy húmedo produce una sensación de ahogo, además de no permitir eliminar fácilmente el sudor corporal. Con estas observaciones en cuenta, podemos determinar a la humedad como otro parámetro de bienestar.

El ruido y los agentes patógenos, como el polvo, son otros parámetros a tomar en cuenta a la hora de definir una condición de bienestar.

Entonces los parámetros más importantes a tomar en cuenta son:

- Temperatura
- Humedad
- Ruido
- Ventilación y purificación

El control de estos factores es esencial para conseguir un ambiente de confort y bienestar. Y aunque los cuatro factores que hemos mencionado son importantes, los dos primeros parámetros, debido a la dificultad que presenta su control, son los más importantes.

Para el ser humano, la sensación de frío se produce cuando los nervios sensores de nuestra piel detectan una disminución de temperatura. Desde un punto de vista termodinámico, el cuerpo humano es un convertidor que produce trabajo mecánico a cambio de calor. Este calor es producto del metabolismo de nuestro cuerpo.

El bienestar se puede determinar experimentalmente, y el resultado se puede recoger mediante unos gráficos. Estos gráficos son conocidos como diagramas de confort. No existe un solo diagrama, sino varios recogen las experiencias realizadas en diversos laboratorios asentados en diferentes países.

El diagrama mayormente utilizado es el que ha fabricado el ASHRAE.

El eje horizontal del diagrama corresponde a la temperatura seca y el eje vertical la temperatura húmeda. Las líneas inclinadas indican los distintos grados de humedad relativa. Estas líneas cortan a éstas en 15, 20, 25, y 30 °C de la temperatura efectiva.

Las líneas se clasifican en 1, 2, 3, y 4; y significan:

1. Ligeramente fresco
2. Confortable
3. Ligeramente caluroso
4. Caluroso

La zona entre las líneas 1 y 3 marca nuestra área de bienestar definida como zona de confort.

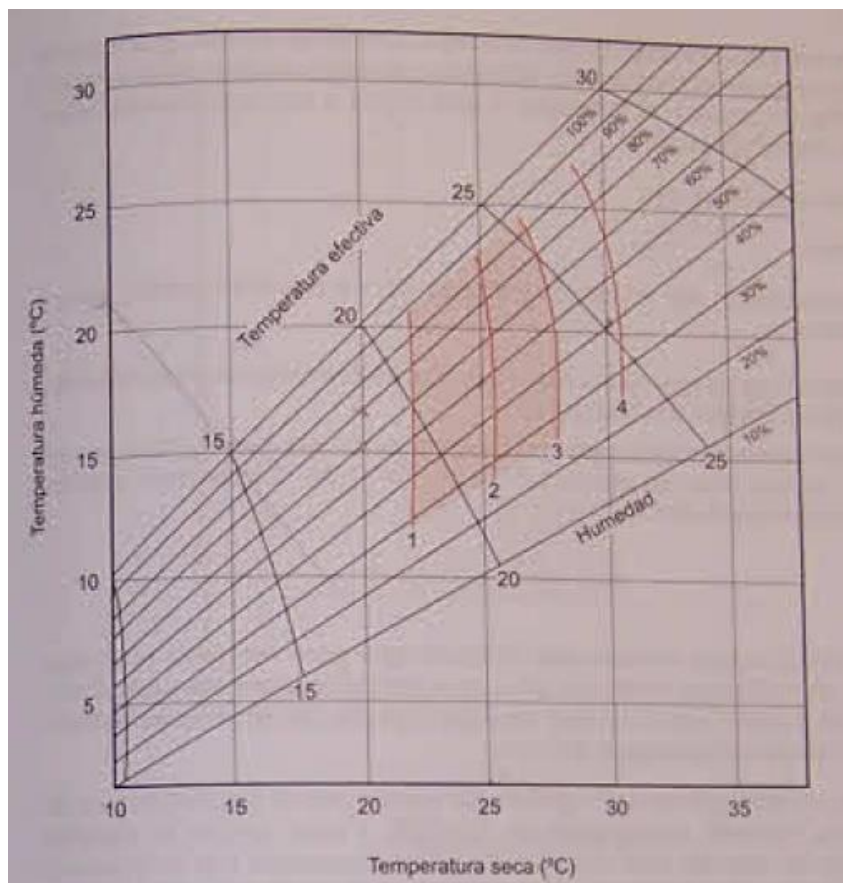


Ilustración 11.- Diagrama de medición Confort

Fuente: Angel L. Miranda Barreras, Enciclopedia de la Climatización, Condiciones de Bienestar o Confort.

1.7 Cargas de enfriamiento

El interior de una habitación gana calor debido a varias fuentes. Si se requiere mantener la temperatura y la humedad del aire en la habitación a un nivel agradable, se deberá extraer calor para compensar las ganancias mencionadas. La cantidad neta de calor que se retira de una habitación se le denomina carga de enfriamiento. El cálculo de esta carga es la base para seleccionar el equipo de enfriamiento adecuado, así como las tuberías y los ductos. También se emplea para analizar el uso y la conservación de la energía.

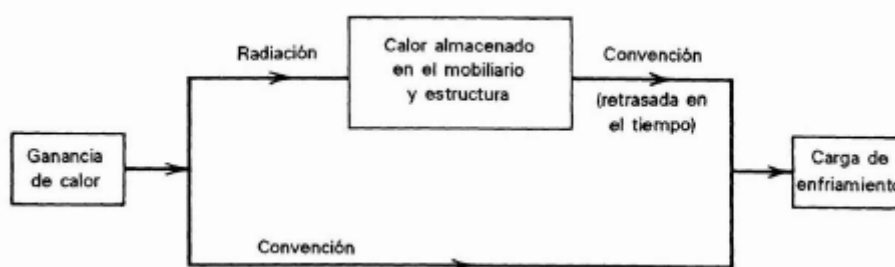


Ilustración 12.- Diagrama de flujo de calor para calcular la carga de enfriamiento

Fuente: Edward G. Pita, Acondicionamiento de Aire, Cálculo de Cargas de Enfriamiento, Año 1994

El cálculo de la carga de enfriamiento se basa en los principios de transferencia de calor. Estos principios son utilizados para calcular las ganancias de calor y poder estimar la carga de enfriamiento del recinto. Todos los cálculos de cargas de enfriamiento que se realicen son los que recomienda el ASHRAE (Fundamentals handbook, 1985).

Muchos códigos y normas nuevos de construcción piden que se lleven a cabo los cálculos empleando estos métodos, o métodos semejantes. Los procedimientos descritos se aplican a construcciones comerciales e industriales.

1.8 Efecto del almacenamiento de calor en un recinto

La ganancia de calor bruta del recinto se define como la velocidad a la que se recibe calor en cualquier momento dentro del recinto. Esta ganancia de calor está constituida por partes procedentes de muchas fuentes: radiación solar, alumbrado, conducción y convección, personas, equipo, infiltraciones. Todo el

calor que se recibe de estas fuentes en general no se emplea en forma inmediata para calentar el aire del recinto.

Algo del calor, en especial la energía radiante del sol, las luces y la gente, se absorbe en los materiales dentro del recinto, tanto como en su estructura como en los muebles. Esto se conoce como efecto de almacenamiento de calor; calor que se absorbe y se almacena en los materiales de construcción. Como resultado de ello, con frecuencia la ganancia de calor neta al aire del recinto, es menor que las ganancias brutas de calor. Con este conocimiento definimos a la carga de enfriamiento en la habitación como la velocidad en la que se debe eliminar calor para mantener un ambiente agradable en la habitación. Esto se consigue sumando las ganancias netas de calor.

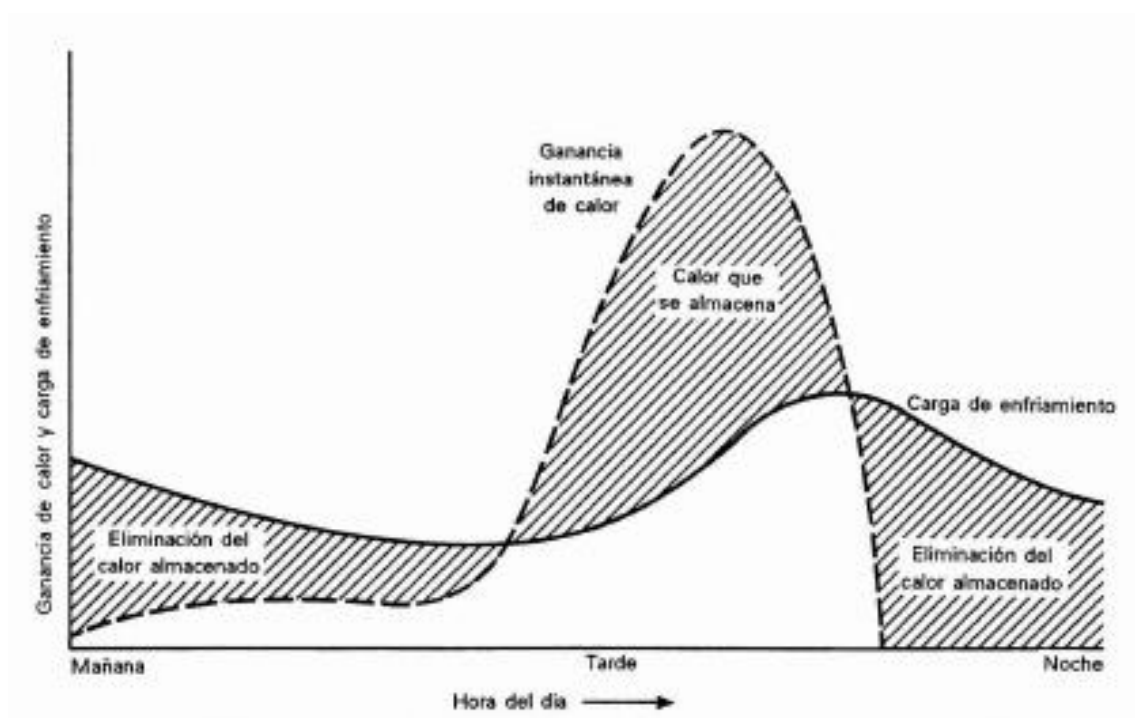


Ilustración 13.- Diferencias entre la ganancia de calor y la carga de enfriamiento

Fuente: Edward G. Pita, Acondicionamiento de Aire, Cálculo de Cargas de Enfriamiento, Año 1994

Es muy importante tomar en cuenta el efecto de almacenamiento de calor, porque puede ocasionar cargas reales que no son apreciables directamente. El efecto de almacenamiento se puede considerar también como un periodo de

retraso del calor. Esto es, algo del calor que se recibe en el recinto se retrasa en el tiempo para alcanzar al aire mismo. Al final, la temperatura de los materiales de construcción se elevará lo suficiente como para ceder calor al aire de la habitación. Sin embargo, el almacenamiento de calor continúa hasta más allá de la hora de carga máxima en el día, y el efecto es una reducción de cargas que se representan como picos.

1.9 Estimación de la carga de acondicionamiento del recinto

Antes que nada, debe estimarse la carga de refrigeración de un recinto para poder realizar el diseño del equipo. Para esto, se deben escoger las condiciones interiores y exteriores para los cálculos, las cuales se indican en los reglamentos de refrigeración de un país. Uno deberá tener en cuenta todas las cargas, el régimen de funcionamiento de las instalaciones y el uso que se le da al recinto que va a climatizarse.

Si por algún motivo, el reglamento no especifica nada, el diseñador del equipo deberá tener en mente todas las condiciones que puedan presentarse que afecten la temperatura del entorno. El equipo deberá diseñarse de tal manera que sea capaz de mantener las condiciones para las cuales ha sido construido.

Los principales componentes que aportan una ganancia de calor a la habitación son:

- Conducción a través de paredes, techos, y vidrios al exterior
- Conducción a través de divisiones internas, techo falso y pisos
- Radiación solar a través de los vidrios
- Alumbrado
- Personas
- Equipos
- Infiltraciones de aire a través de las aberturas

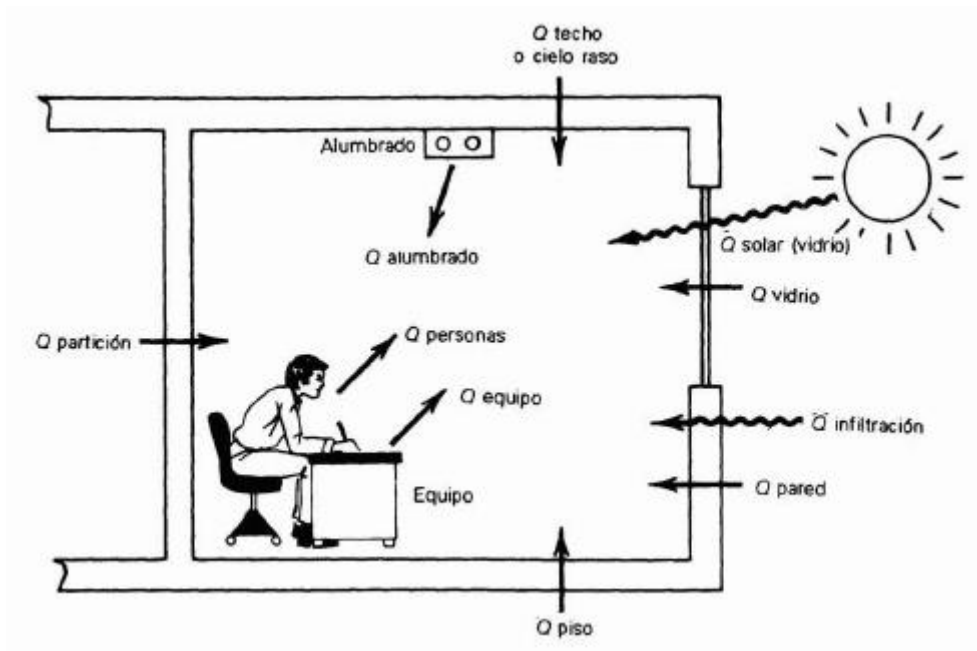


Ilustración 14.- Ganancia de Calor en la habitación

Fuente: Edward G. Pita, Acondicionamiento de Aire, Cálculo de Cargas de Enfriamiento, Año 1994

Es importante reconocer las ganancias de calor ya que se dividen en dos grupos:

- 1 Ganancias de calor debido a calor sensible
- 2 Ganancias de calor debido a calor latente

Las ganancias de calor sensible están ligadas a un aumento de la temperatura del aire, mientras que las ganancias de calor latente se deben a una ganancia en la humedad del aire, producida por el vapor de agua que este contiene.

Además de esta clasificación, también se pueden agrupar a las ganancias de calor según su procedencia: Las que proceden de fuentes externas al recinto, y las que se generan en el interior.

Las fuentes de calor sensible las identificamos como la ganancia de calor por conducción a través de la infraestructura, la radiación solar, y el alumbrado. Las infiltraciones de aire y las personas generan una ganancia de calor de ambos tipos, tanto sensible como latente. Y los equipos se podrían clasificar dependiendo del equipo que se esté utilizando dentro del recinto. Es necesario hacer esta clasificación debido a que el diseño del equipo dependerá de los valores obtenidos.

1.9.1 Ganancia de calor a través de la estructura exterior de la habitación

Consisten en las ganancias de calor por conducción por medio de paredes, techo y vidrios que dan a un ambiente exterior y se calculan por medio de la siguiente ecuación:

$$Q = U \times A \times DTCE_e$$

Ecuación 2.- Ganancia de calor por conducción a través de la estructura exterior

Donde:

Q = ganancia de calor a la habitación por conducción a través del techo, vidrio o paredes, BTU/h

U = coeficiente general de transferencia de calor, BTU/h – ft²- °F

A = área de transferencia, ft²

DTCE = diferencia de temperatura para carga de enfriamiento, °F

Se calcula la superficie de cada uno de los componentes empleando los planos de construcción. Los valores de U, se encuentran mediante tablas, o se pueden calcular a partir de los valores de R. La DTCE es la diferencia de temperatura que al mismo tiempo toma en cuenta los efectos de almacenamiento de calor en la estructura. Los valores de DTCE se presentan mediante tablas, pero se dividen para sus estructuras, ya sean techos y pisos, o paredes.

Dichos valores de DTCE se deben corregir mediante la siguiente ecuación:

$$DTCE = [(DTCE + LM) \times K + (78 - t_R) + (t_0 - 85) \times f] \quad (6.2)$$

Ecuación 3.- Corrección de DTCE

Donde:

DTCE_e = valor corregido de DTCE, °F.

DTCE = temperaturas de la tablas °F.

LM= corrección para latitud al color y mes, dato ubicado en tabla

K= corrección debido al color de la superficie.

K es igual a 1.0 para superficies oscuras o en áreas industriales. K es igual a 0.5 para techos de color claro en zonas rurales. K es igual a 0.65 para paredes de color claro en zonas rurales.

T_R = temperatura de la habitación, °F.

T_0 = temperatura de diseño exterior promedio, °F

f = factor de corrección para ventilación para techo falso (sólo para el techo).

f es igual a 0.75 para ventiladores de techo falso, en los demás casos usamos f= 1.0

1.9.2 Ganancia de calor a través de la estructura interior

El calor que atraviesa los espacios interiores sin acondicionamiento hacia los espacios acondicionados a través de divisiones, pisos y cielos rasos se puede calcular por medio de la siguiente ecuación

$$Q = U \times A \times DT$$

Ecuación 4.- Ganancia de Calor a través de la estructura interior

Donde:

Q = velocidad de transferencia de calor a través de la división, piso o cielo raso, BTU/h

U = coeficiente global de transferencia de calor para la división, piso o cielo raso, BTU/h- ft² -°F

A = área de la división, piso o cielo raso, ft²

DT= diferencia de temperatura entre los espacios sin acondicionar y los acondicionados, °F

Si no se conoce la temperatura del espacio sin acondicionar, se emplea con frecuencia una aproximación que consiste en suponer que está a 5 °F menos que la temperatura exterior. Los espacios con fuentes de calor, como los cuartos de calderas, pueden poseer temperaturas mayores.

1.9.3 Ganancia de calor por medio de radiación solar

La energía radiante del sol pasa a través de los materiales transparentes como es el vidrio y se transforma en ganancia de calor para el habitáculo. Este valor puede variar con la hora, la orientación del espacio, el sombreado y el efecto de almacenamiento de calor. La ganancia neta de calor se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$Q = FGCS \times A \times CS \times FCE$$

Ecuación 5.- Ganancia de calor por medio de la radiación solar

Donde:

Q = ganancia de calor por radiación solar a través del vidrio, BTU/h

FGCS = factor de ganancia máxima de calor solar, BTU/h – ft²

A = área del vidrio, ft²

CS = coeficiente de sombreado

FCE = factor de carga de enfriamiento

El FGCS se describe como la ganancia máxima de calor a través de un vidrio de 1/8 pulgadas definidos en un mes, orientación y latitud específicos. El FGCS indica los valores de ganancia máxima de calor para un tipo de vidrio y sin dispositivo de sombra. Para tomar en cuenta diferentes ganancias de calor, dependiendo del tipo de ventana, se utiliza el coeficiente de sombreado (CS). Este coeficiente indica la cantidad proporcional de ganancia de calor a través de distintos tipos de vidrio sencillo de 1/8 pulgadas.

Por último, el factor de carga de enfriamiento FCE considera el almacenamiento de una parte de la ganancia de calor solar. Los valores de FCE que se deben aplicar en los cálculos de ganancia de calor solar se pueden interpretar por medio de tablas. Existen listas separadas para construcciones ligeras (L), medianas (M) y pesadas (P). Los valores dependen también de si hay dispositivos interiores de sombreado.

1.9.4 Ganancia de calor por medio del alumbrado interno

La ecuación para calcular la ganancia de calor debida al alumbrado es la siguiente:

$$Q = 3.4 \times W \times FB \times FCE$$

Ecuación 6.- Ganancia de calor del alumbrado

Donde:

Q = ganancia de calor del alumbrado, BTU/h

W = capacidad del alumbrado, Watts

FB = factor de balastra

FCE = factor de carga de enfriamiento

El término de W hace referencia a la capacidad nominal de las luces en uso, expresada en watts. En muchas aplicaciones, todo el alumbrado siempre se encuentra encendido, pero si no lo está, se debe emplear la cantidad real. El valor de 3.4 sirve para convertir el valor de watts a BTU/h.

El factor FB toma en cuenta las pérdidas de calor en la balastra de las unidades fluorescentes, u otras pérdidas especiales. El valor típico de FB es de 1.25 para el alumbrado fluorescente, pero esto se debe verificar si existen dudas. Para el alumbrado incandescente no se presentan pérdidas adicionales, por lo que FB = 1.0.

El FCE toma en consideración el almacenamiento por parte de la ganancia de calor por el alumbrado. El efecto de almacenamiento depende de cuánto tiempo este se encuentre encendido y el período que trabaja el sistema de enfriamiento, así como de la estructura del edificio, el tipo de unidades de alumbrado, y la cantidad de ventilación.

Si se presentan algunas de las siguientes condiciones, no se puede permitir efecto de almacenamiento de calor:

1. Si el equipo sólo trabaja durante las horas de ocupación.
2. Si el equipo trabaja más de 16 h.
3. Si la temperatura del recinto aumenta durante las horas que no se ocupa.

Estas condiciones cubren todos los casos posibles de los efectos de almacenamiento de calor para el alumbrado. Además, los patrones de uso de la

construcción cambian con frecuencia y pueden ser impredecibles, lo que puede influir también con el valor del FCE. Las técnicas de operación para la conservación de la energía pueden ocasionar también una de las condiciones que influyen en dichos valores.

Si se cumple alguna de las condiciones anteriores, el valor de FCE = 1.0, caso contrario el valor deberá buscarse por medio de tablas en el ASHRAE fundamentals handbook.

1.9.5 Ganancia de calor debido a Personas

La ganancia de calor por medio de personas dentro de una habitación se puede dividir en de dos partes: calor sensible y calor latente. Parte del calor sensible se puede absorber por medio del efecto de almacenamiento de calor, pero el calor latente no. Las ecuaciones que representan las ganancias de calor sensible y latente debido a las personas se detallan a continuación:

$$Q = q_s \times n \times FCE$$

Ecuación 7.- Ganancia de calor sensible debido a las personas

$$Q = q_l \times n$$

Ecuación 8.- Ganancia de calor latente debido a las personas

Donde:

Q_s , Q_l = ganancias de calor sensible y latente, BTU/h

q_s , q_l =ganancia de calor sensible y latente por cada persona, BTU/h

n = número de personas

FCE = factor de carga de enfriamiento

La velocidad de ganancia de calor debida a las personas depende de la actividad física realizada. Este valor es obtenido de una tabla que contiene una lista de valores para algunas actividades típicas. Estas velocidades están determinadas para una temperatura de Bulbo Seco del recinto de 78°F.

El FCE se aplica a la ganancia de calor debida a las personas. Si el acondicionador de aire se apaga durante la noche, no se debe tomar en cuenta el almacenamiento de calor y por lo que $FCE = 1.0$. Caso contrario se deberá tomar el valor de una lista de valores de ese factor relacionado a personas.

1.9.6 Ganancia de calor debido a equipos en la habitación

La ganancia de calor debida a equipos se puede calcular de vez en cuando de forma directa consultando al fabricante o a los datos de la placa del equipo, también tomando en cuenta si es utilizado intermitentemente. Algunos equipos producen tanto calor sensible como latente. Los factores FCE, se aplican si el sistema funciona las 24 horas.

Además, La producción de calor procedente de los motores y el equipo que los impulsa se debe a la conversión de energía eléctrica en calor. La proporción de calor generado que pasa al recinto de acondicionamiento de aire depende de si el motor y la carga impulsada se encuentran ambos en el recinto, o tan sólo uno de ellos

1.9.7 Ganancia de calor debido a infiltraciones

Las infiltraciones de aire por medio de fisuras en ventanas o puertas producen una ganancia de calor tanto sensible como latente. Los procedimientos y las ecuaciones para calcular las pérdidas de calor por infiltración se detallarán a continuación. Se usa el mismo procedimiento para calcular las ganancias de calor.

Muchas construcciones modernas tienen ventanas selladas, y por lo tanto no tienen pérdidas por infiltración, excepto en las puertas. En el caso del laboratorio, si existen fugas por parte de ventanas y puertas, por lo que hay que realizar un cálculo completo de infiltraciones por parte de las estructuras.

1.9.7.1 Ventilación

Se permite algo de aire exterior dentro de la habitación por razones sanitarias y de confort. Los calores, sensible y latente, de este aire son mayores que el del aire dentro de la habitación, por lo que esta se vuelve parte de la carga de enfriamiento. Sin embargo, el exceso de calor se elimina por medio del equipo de enfriamiento, y por lo tanto forma parte de la carga de refrigeración, pero no

de la carga de la habitación. A continuación se describen las ecuaciones para calcular las cargas de enfriamiento sensible y latente del aire de ventilación:

$$Q_s = 1,1 \times CFM \times CT$$

Ecuación 9.- Ganancia de calor sensible por ventilación

$$Q_l = 0,68 \times CFM \times (W_e - W_i)$$

Ecuación 10.- Ganancia de calor latente por ventilación

Donde:

Qs, Ql = carga de calor sensible y calor latente, BTU/h

CFM = flujo de aire de ventilación, BTU/h

CT= cambio de temperatura entre el aire de ventilación y el aire de la habitación, °F

We, Wi = Relación de humedad entre el aire exterior e interior, g de agua/ lb de aire seco

1.9.7.2 Cálculo de CFM

Existen dos métodos para calcular el aire de infiltración: el método de las fisuras y el método de cambio de aire.

Para esta investigación vamos a trabajar con el método de las fisuras. Este método consiste en establecer una tasa de infiltración de aire con exactitud por pie de fisura. Los reglamentos energéticos tienen una lista de velocidades máximas permisibles de infiltración. La siguiente tabla representa una lista de tasas típicas de infiltración en los reglamentos de energía, basada en un viento de 25 MPH.

Estructura	Tasa de infiltración
Ventanas	0,75 CFM/ft de fisura
Puertas	1 CFM/ft de fisura

Tabla 2.- Tasas máximas recomendadas de infiltración para ventanas y puertas exteriores

Fuente: Nestor Antonio Enderica/Diseño de un sistema de Climatización para la clínica Esperanza de la ciudad de Machala/Universidad Politécnica Salesiana (Ecuador)

Las dimensiones de las estructuras se las debe obtener por medio de los planos del recinto o por mediciones reales in situ.

1.10 Oscilaciones de temperatura

Los cálculos de carga de enfriamiento que se describieron aquí se basan en mantener una temperatura constante en un recinto. Si se permite que la temperatura del recinto aumente más que el punto de ajuste del termostato, la llamada oscilación de temperatura puede reducir todavía más la carga de enfriamiento.

El cálculo de este efecto requiere de un análisis horario detallado de las cargas. Para esto es útil el empleo de computadoras. Como las temperaturas del recinto se elevan para conservar energía, no se recomienda hacer correcciones por oscilación de temperatura, excepto en casos especiales. Para proyectos muy grandes, el diseñador puede también reducir la carga pico calculada tomando en cuenta la diversidad. Esto se refiere al hecho de que las ganancias de calor debidas a las personas y al alumbrado pueden variar con la hora. En una construcción grande, o grupo de construcciones, como por ejemplo una escuela, a ciertas horas los estudiantes cambian de salones de clase a un auditorio grande. Sería incorrecto suponer que se usan los salones y el auditorio al mismo tiempo al calcular la carga de refrigeración. Los factores de diversidad típicos varían de 0.70 a 0.90 para personas y el alumbrado en construcciones grandes. Se debe analizar cada caso en forma individual.

En nuestro caso, podemos omitir cualquier interferencia debido a oscilaciones en la temperatura.

1.11 Componentes de un acondicionador de aire

Los sistemas de aire acondicionado requieren de algunas piezas fundamentales, comunes en los distintos equipos, pero que son las encargadas de la producir frío y de garantizar un ambiente climatizado. A pesar de tener en común estos componentes, cada equipo tiene sus propias características que los diferencian. Los acondicionadores de aire constan de cuatro elementos básicos principales, los cuales consisten en:

- Compresor

- Condensador
- Evaporador
- Válvula de expansión

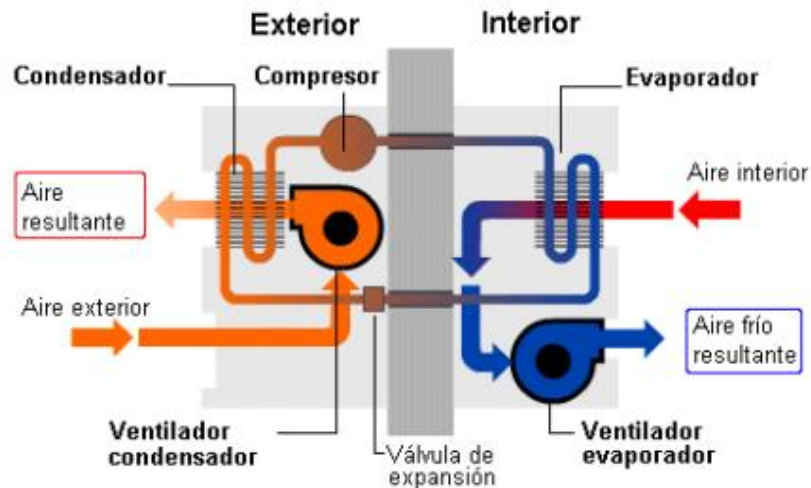


Ilustración 15.- Función de un aire acondicionado

Fuente: Arq. Edgardo Brito Contreras, Manual Básico de Sistemas de Aire Acondicionado y Extracción Mecánica de uso común en Arquitectura, Universidad Dr. José Matías Delgado, año 2011

1.11.1 Compresor

Es uno de los elementos principales del acondicionador de aire, el cual tiene como finalidad comprimir el fluido frigorífico gaseoso a baja presión que va del evaporador, bajando su volumen y subiendo su temperatura, hasta una presión elevada para así poder ser condensado y poder aprovechar el intercambio de calor entre el evaporador y el condensador.

Los compresores pueden ser de tipo pistón, rotativos o centrífugos. Los compresores tipo pistón están basados en el principio de compresión mecánica. El pistón se desplaza para comprimir el gas, y una vez que alcanza la presión deseada, se abre la válvula de escape y el fluido sale por la línea de descarga.

Los compresores rotativos funcionan mediante el giro de un rotor el cual es excéntrico con relación al estator. La compresión se realiza gradualmente mientras la rotación continúa, debido a que el espacio disponible para el gas irá poco a poco disminuyendo y, por lo tanto, su presión aumentará progresivamente.

con la reducción del volumen. En el momento que llega a la abertura de expulsión, el gas es descargado.

Por último el compresor centrífugo se fundamenta en el giro de una turbina con álabes, el cual por fuerza centrífuga, lanza al refrigerante contra una pared que disminuye velozmente su volumen, causando la compresión del gas.

En los aires acondicionados los compresores de mayor uso son los de pistón y rotativos, imponiéndose los dos en los equipos de ventana, ya que el bajo nivel de ruido los hace indicados para esta aplicación. Estos dos compresores funcionan con motores eléctricos, clasificándose en:

- Abiertos
- Herméticos
- Semiherméticos

Las unidades abierta, el motor y el compresor son independientes el uno del otro, pudiéndose enlazar mediante correas o por acoplamiento directo.

Las unidades herméticas, el motor y el compresor se encuentran directamente montados en el interior de una carcasa.

Por último los semiherméticos tienen una capa desmontable que permite tener acceso al motor y al resto de partes mecánicas móviles para su revisión y reparación.

1.11.2 Evaporador

El evaporador tiene la función de remover el calor sensible y latente del aire que entra en el equipo. Este consiste en un intercambiador de calor entre el fluido frigorífico y el aire. El evaporador puede estar acondicionado dependiendo del tipo de aplicación, por lo cual puede ser de ventilación forzada o ventilación natural.

El evaporador se encuentra diseñado de tal manera que el aire va a ceder calor al fluido refrigerante que circula por el interior del intercambiador, provocando así que se evapore. Este cambio de fase del refrigerante está ligado a la absorción de calor por parte del aire.

Los evaporadores suelen estar contruidos por tubos de cobre doblados con una longitud y diámetro interior específicos. El evaporador se encuentra complementado con unos paneles armados que llevan aletas de aluminio para una mejor adecuación de la transferencia de calor. El fluido frigorífico se alimenta por un extremo por medio de una válvula. Este fluido se encuentra contenido en un recipiente a presión. Por el exterior de los tubos y ayudado por las láminas, se distribuye el aire, el cual es impulsado por un ventilador.

A la salida del evaporador, el aire habrá disminuido su temperatura, y el refrigerante se encontrará totalmente vaporizado. Como el enfriamiento del aire es tan repentino, sucede que sobre la superficie del evaporador quedará una parte del vapor de agua que contenía, disminuyendo su humedad. De esta manera el aire que sale será más seco en comparación al aire de entrada.

1.11.3 Condensador

El condensador, al igual que el evaporador, es un intercambiador de calor cuya función es devolver a estado líquido el refrigerante mediante la transferencia de calor a un medio distinto al del fluido circulado. A esto nos referimos que el refrigerante va a ceder calor al ambiente, dispersándolo al ambiente que lo rodea.

El condensador se encuentra situado después del compresor. El refrigerante sale del compresor en estado gaseoso a una presión elevada y a una temperatura mayor a la del ambiente. En estas condiciones el refrigerante entra al condensador. El diseño del condensador es idéntico al del evaporador. Un ventilador toma el aire del exterior y lo impulsa a través de los tubos de cobre y las aletas de aluminio que lo conforman.

El refrigerante va a ceder su energía al aire, empezando a condensarse y por último cambiando de fase a estado líquido, el cual es acumulado en un depósito, estando de esta manera listo para participar nuevamente en el ciclo de refrigeración. Por lo general el depósito se encuentra integrado dentro del cuerpo del propio condensador.

1.11.4 Válvula de expansión

Este dispositivo regula y permite el paso del refrigerante en estado líquido desde un punto con presión elevada a otro con una presión menor. La válvula se

encuentra situada a la salida del depósito que acumula el refrigerante, y después de cruzar la válvula por el orificio de unión que alimenta al evaporador.

1.12 El sistema acondicionador de aire

En este apartado vamos a detallar las características del acondicionador de aire a construir. En este caso se eligió un aire acondicionado compacto, o también conocido como de ventana, debido a las condiciones dadas para la instalación y mantenimiento del equipo, como también por el costo de fabricación.

El aire acondicionado de ventana es un equipo unitario, compacto y de descarga directa. A esto nos referimos a que el aire frío es expulsado directamente a la habitación a través del equipo. Generalmente se utiliza este tipo de equipos para acondicionar espacios pequeños e individuales.

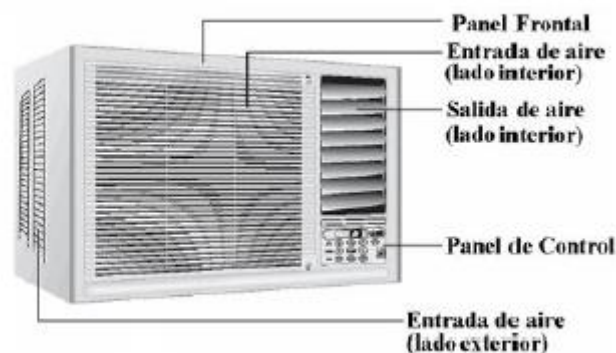


Ilustración 16.- Aire acondicionado compacto

Fuente: Arq. Edgardo Brito Contreras, Manual Básico de Sistemas de Aire Acondicionado y Extracción Mecánica de uso común en Arquitectura, Universidad Dr. José Matías Delgado, año 2011

1.12.1 Capacidades y medidas del aire acondicionado de ventana

Estas son las capacidades y las dimensiones más comunes del aire acondicionado de ventana:

Capacidad	Largo	Ancho	Alto
8000 BTU	0,45 m	0,53 m	0,30 m

12000 BTU	0,56 m	0,65 m	0,40 m
24000 BTU	0,66 m	0,77 m	0,45 m

Tabla 3.- Capacidades y medidas más comunes de un aire acondicionado compacto

Fuente: Arq. Edgardo Brito Contreras, Manual Básico de Sistemas de Aire Acondicionado y Extracción Mecánica de uso común en Arquitectura, Universidad Dr. José Matías Delgado, año 2011

1.12.2 Ventajas y desventajas del acondicionador de aire de ventana

Ventajas:

- Puede ser instalado en cualquier ventana o pared con orientación al exterior
- Permite la ventilación de la habitación, ya que introduce aire fresco al interior y renueva el aire.
- Su precio es económico en comparación con los otros equipos.
- Posee un bajo costo de instalación, uno mismo lo puede instalar.
- Es de fácil mantenimiento.
- No necesita de una instalación eléctrica especializada, solo un punto eléctrico de 110 o 220 V.

Desventajas:

- Obstruye la vista exterior cuando es ubicado en una ventana.
- Reduce el ingreso de luz a la habitación.
- Consumen más energía eléctrica, en comparación a otros equipos.
- Hacen bastante ruido.
- No son estéticos.
- Para poder instalarlo en una pared se requiere hacer un hueco.
- Deben protegerse en la parte exterior para evitar robos.
- El aparato debe ser instalado de tal manera que el ruido o el aire caliente que sale de la unidad condensadora no moleste a las otras edificaciones.
- El equipo debe contar con un sistema de drenaje para el condensado, si no empezará a gotear hacia el exterior.

1.12.3 Operación del equipo

El equipo esta constituido por una sola unidad, donde se encuentran todos los componentes principales que son:

- Compresor
- Válvula de expansión
- Condensador.
- Evaporador.
- Ventiladores.
- Unidad de control.

El equipo toma el aire desde del interior de la habitación, lo procesa, y luego inyecta aire refrigerado de nuevo a este. Por la parte que da hacia el exterior expulsa aire caliente que intercambio calor con el refrigerante que se encontraba a alta temperatura.

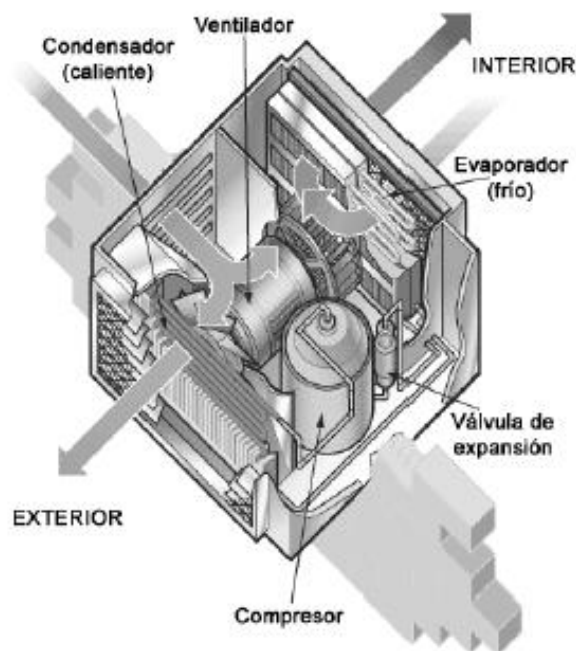


Ilustración 17.- Detalle del interior de un acondicionador de aire compacto

Fuente: Arq. Edgardo Brito Contreras, Manual Básico de Sistemas de Aire Acondicionado y Extracción Mecánica de uso común en Arquitectura, Universidad Dr. José Matías Delgado, año 2011

1.12.4 Instalación del equipo

Para instalar el equipo se requiere hacer un hueco en la pared, y cuando se quiere ubicar en una ventana, se necesitan desinstalar los vidrios.

Para que funcione de mejor manera, el equipo tiene que ser colocado de tal manera para evitar que el sol de directamente sobre el equipo, ya que este lo puede llegar a dañar. Por lo general el equipo se protege mediante defensas para evitar el robo del mismo.

1.12.5 Mantenimiento

El mantenimiento de un acondicionador de aire de ventana es sencillo. Consiste en limpiar periódicamente el filtro de aire, y la parte externa de manera superficial.

1.12.6 Requisitos para la instalación

Ubicación

El equipo debe de ser ubicado en un muro o una ventana las cuales deben dar hacia el exterior. La dimensión del hueco se tiene que ajustar a las medidas del equipo y debe contar con suficiente espacio en la entrada y salida del aire para que este no quede obstruido.

Requisitos eléctricos

El equipo requiere de potencias eléctricas que están entre 110 – 115 voltios y 215 – 220 voltios.

Requisitos hidráulicos

El equipo debe ser instalado con una inclinación de 5 a 10 milímetros hacia abajo, para que este pueda evacuar el agua producida por el condensador por medio de una manguera de drenaje.

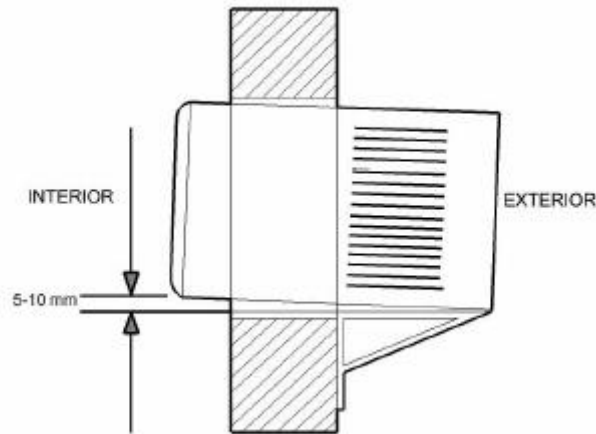


Ilustración 18.- Instalación para facilitar el drenaje del agua

Fuente: Arq. Edgardo Brito Contreras, Manual Básico de Sistemas de Aire Acondicionado y Extracción Mecánica de uso común en Arquitectura, Universidad Dr. José Matías Delgado, año 2011

Requisitos estructurales

La pared donde va a quedar el equipo debe tener la suficiente resistencia para soportarlo para que de esta manera no haya un exceso de ruido y vibración. El equipo debe ser fijado en la parte exterior de la pared mediante soportes de acero inoxidable.

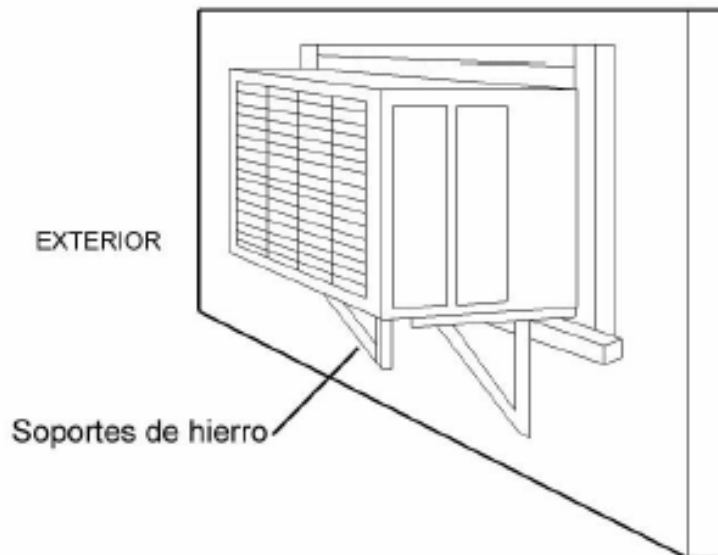


Ilustración 19.- Instalación del aire acondicionado

Fuente: Arq. Edgardo Brito Contreras, Manual Básico de Sistemas de Aire Acondicionado y Extracción Mecánica de uso común en Arquitectura, Universidad Dr. José Matías Delgado, año 2011

CAPÍTULO 2: DISEÑO TERMODINÁMICO DEL ACONDICIONADOR DE AIRE

2.1 Criterios básicos

Para proceder a realizar los cálculos respectivos para el diseño del acondicionador de aire, se requiere primero encontrar la carga de enfriamiento para la habitación en la cual va a ser instalado el equipo.

Tomamos en cuenta las siguientes observaciones:

1.- Las dimensiones de la habitación: El Laboratorio de bio procesos consta de dos habitáculos separados por una puerta divisoria. Se procedió a tomar las dimensiones de las dos habitaciones por separado y también la dimensión del dintel de la puerta divisoria.

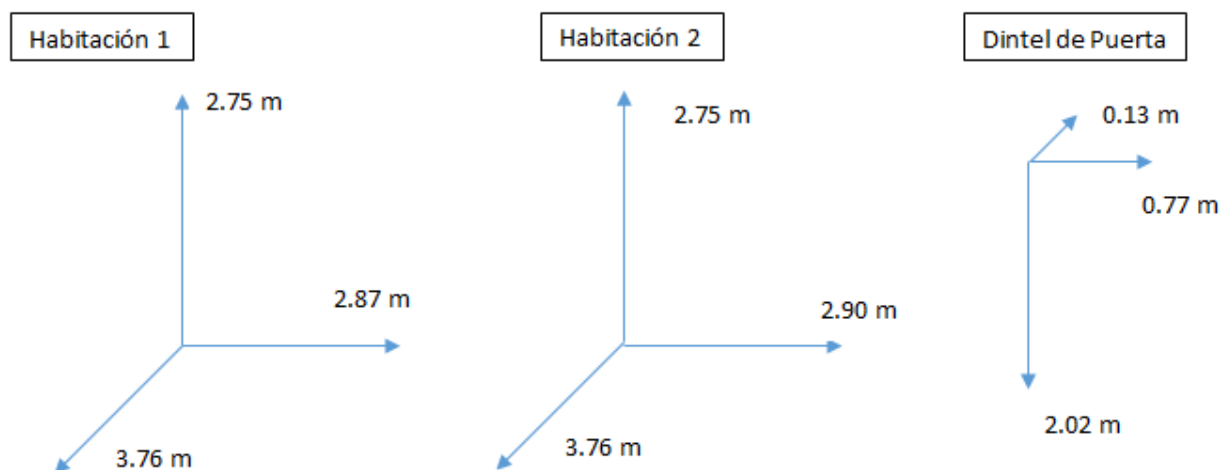


Ilustración 20.- Dimensionamiento de la habitación

Fuente: Juan P. Clavijo

Calculamos el volumen total del espacio:

$$29.6758 \text{ m}^3 + 29.986 \text{ m}^3 + 0.2022 \text{ m}^3 = 59.804 \text{ m}^3$$

2.- procedemos a calcular la carga de enfriamiento para la habitación. Se tomaron en cuenta las siguientes observaciones:

- La suma de focos fluorescentes en la habitación 1 y 2 suman 12 en total.
- El promedio de personas dentro del laboratorio es de 5 realizando trabajo moderado dentro del laboratorio.
- El laboratorio posee en total 11 Equipos, entre ellos bombas peristálticas, bombas de aire y un calentador de aire.

Hay que tomar en cuenta todas las variables que puedan influir en el valor de calor suministrado a la habitación. Como se dijo anteriormente, el calor en la habitación va a ser influenciado por los siguientes componentes:

- Conducción a través de paredes, techos, y vidrios
- Conducción a través de divisiones internas, cielos rasos y pisos.
- Radiación solar a través de los vidrios.
- Alumbrado.
- Personas.
- Equipos.
- Infiltraciones de aire exterior por medio de aberturas.

De este modo, vamos a agrupar las ganancias de calor en dos grupos: ganancias debido a calor sensible y ganancias debido a calor latente. Estas ganancias debido a calor sensible se encuentran relacionadas al aumento directo de temperatura del aire, mientras que las ganancias debido a calor latente se encuentran vinculadas a la ganancia de vapor de agua en el aire.

La conducción a través de paredes, techos, vidrios y el alumbrado son ganancias de calor sensible. Mientras que la ganancia de calor por parte de las personas e infiltraciones de aire aportan tanto una ganancia de calor sensible y una ganancia de calor latente.

La determinación de cargas de enfriamiento para cada uno de estos literales ya se explicó en el capítulo 1. Utilizaremos dicha información para calcular cada una de las cargas y al final sumarlas para obtener la carga de enfriamiento total para la habitación.

3.- Aparte de la carga de enfriamiento, existe otro valor que no es una carga de enfriamiento, pero que inicialmente aporta una carga inicial de calor a la habitación. La masa de aire dentro de la habitación posee un calor inicial que se debe extraer, es por eso que el diseño de nuestro aire debe tener una capacidad mayor a la carga de enfriamiento calculada, para de esta manera el aire puede retirar este calor inicial y al mismo tiempo poder enfrentar la carga de calor que entra a la habitación por hora.

Para poder calcular la carga de calor por parte de la masa de aire, simplemente utilizamos la siguiente ecuación:

$$Q = m \times Cp \times \Delta T$$

Donde:

Q = Calor interno de la masa de aire, BTU o KJ

M = Masa del cuerpo de aire, Lb o Kg

Cp = Capacidad Calorífica del aire, BTU / lb - °F o KJ/ Kg - °C

DT = Diferencia de temperatura, °F o °C

Todos los valores para el cálculo de calor se pueden obtener mediante un estudio de la habitación.

4.- Por último, como la habitación no presenta un termostato para la toma de medidas de temperatura, se procedió a acceder a los boletines climatológicos mensuales presentados por el INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), institución encargada de recolectar los datos del clima en las diferentes ciudades del país. En esta ocasión se utilizaron los datos de los boletines climatológicos para calcular las respectivas cargas de enfriamiento.

2.2 Recopilación de datos de temperatura

Se procedió a recopilar los datos de la página oficial del INAHMI. De todos los boletines mensuales del año 2015, se extrajeron los datos meteorológicos más importantes para la ciudad de Guayaquil. Una de las estaciones que recoge los datos meteorológicos para la ciudad de Guayaquil se encuentra ubicada en la Universidad de Guayaquil.

A continuación se presenta una tabla con los datos más importantes de temperatura para la ciudad de Guayaquil a lo largo del año 2015:

Tabla 4.- Datos meteorológicos

Año	Mes	Temperatura extrema (°C)	Temperatura de bulbo seco (°c)	Temperatura de bulbo húmedo (°c)	Humedad Relativa (%)*
2015	Enero	35,1	35,1	31,9	81
	Febrero	34,7	34,7	32	84
	Marzo	34,7	34,7	31,2	81
	Abril	35	35	31,2	79
	Mayo	33,6	33,6	29,2	75
	Junio	33,7	33,7	28,9	73
	Julio	34,1	34,1	29,5	75
	Agosto	33,4	33,4	29,4	76
	Septiembre	34,4	34,4	30	75
	Octubre	34,6	34,6	30,4	77
	Noviembre	34	34	29,5	75
	Diciembre	35,2	35,2	30,5	73

Fuente: INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), Boletín climático mensual de Guayaquil y sus alrededores, Año 2015

La temperatura de bulbo húmedo (BH) fue ubicada a través del uso de la carta psicrométrica. Con dos propiedades encontradas en los boletines, la temperatura de bulbo seco (BS) y la humedad relativa, se procedió a calcular el valor de temperatura de BH.

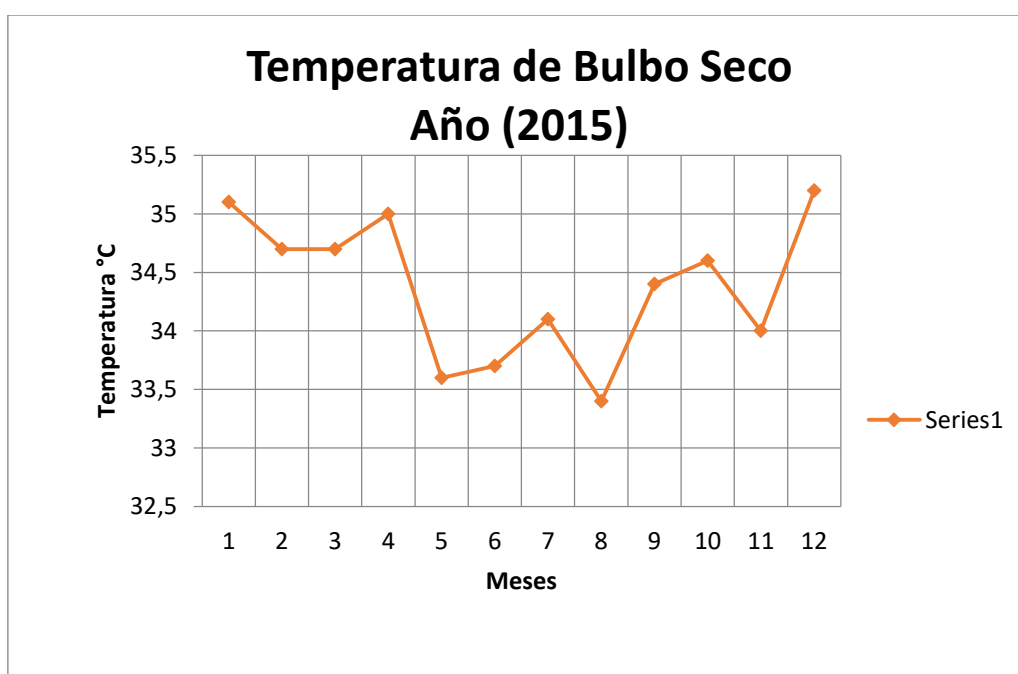


Tabla 5.- Gráfico de temperatura de Bulbo seco

Fuente: Juan Pablo Clavijo

Observando el gráfico, podemos observar que se registró la temperatura máxima en el mes de Diciembre, en el cual alcanzó una temperatura de 35,2 °C.

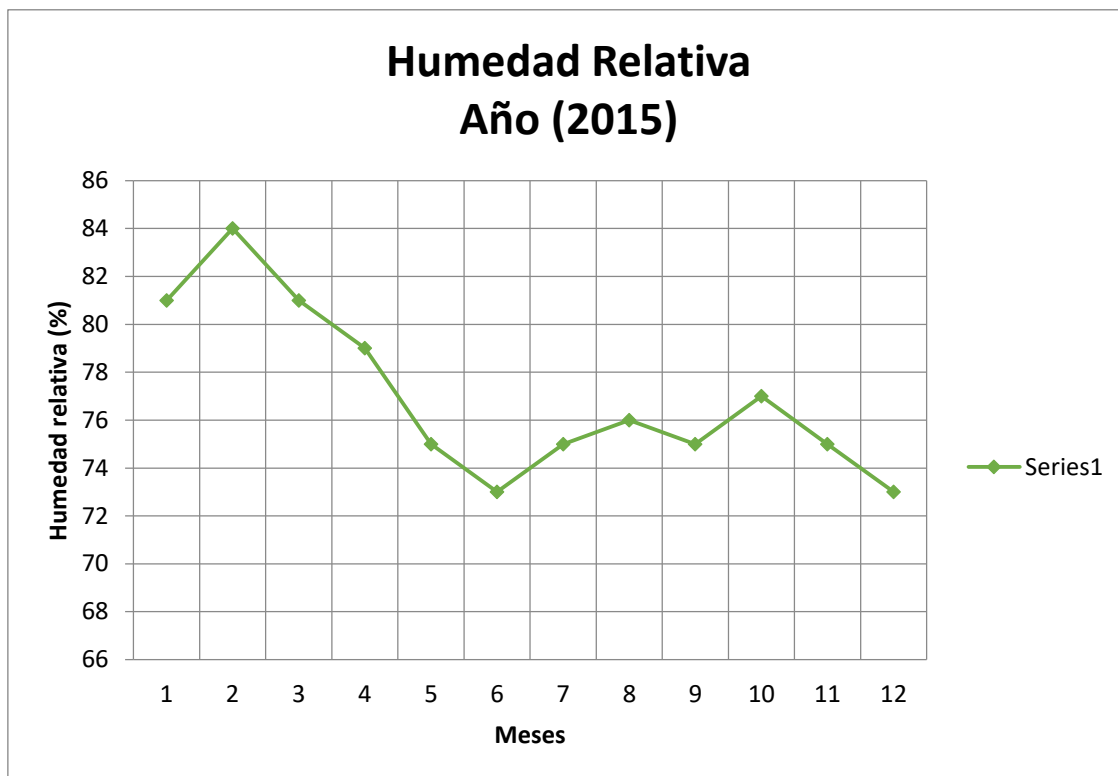


Tabla 6.- Gráfico de humedad relativa

Fuente: Juan Pablo Clavijo

Los valores de humedad que se registraron presentaron una tendencia decreciente a través de los meses, siendo el mes de Diciembre el mes en el cual se registró el más bajo valor de humedad relativa para el año con un 73%. Esto es debido a que la época de lluvias inicia a partir del mes de Enero, siendo los primeros meses del año los meses con mayor porcentaje de humedad en el ambiente. El valor máximo de humedad se registró el mes de Febrero, alcanzando un valor de 84%

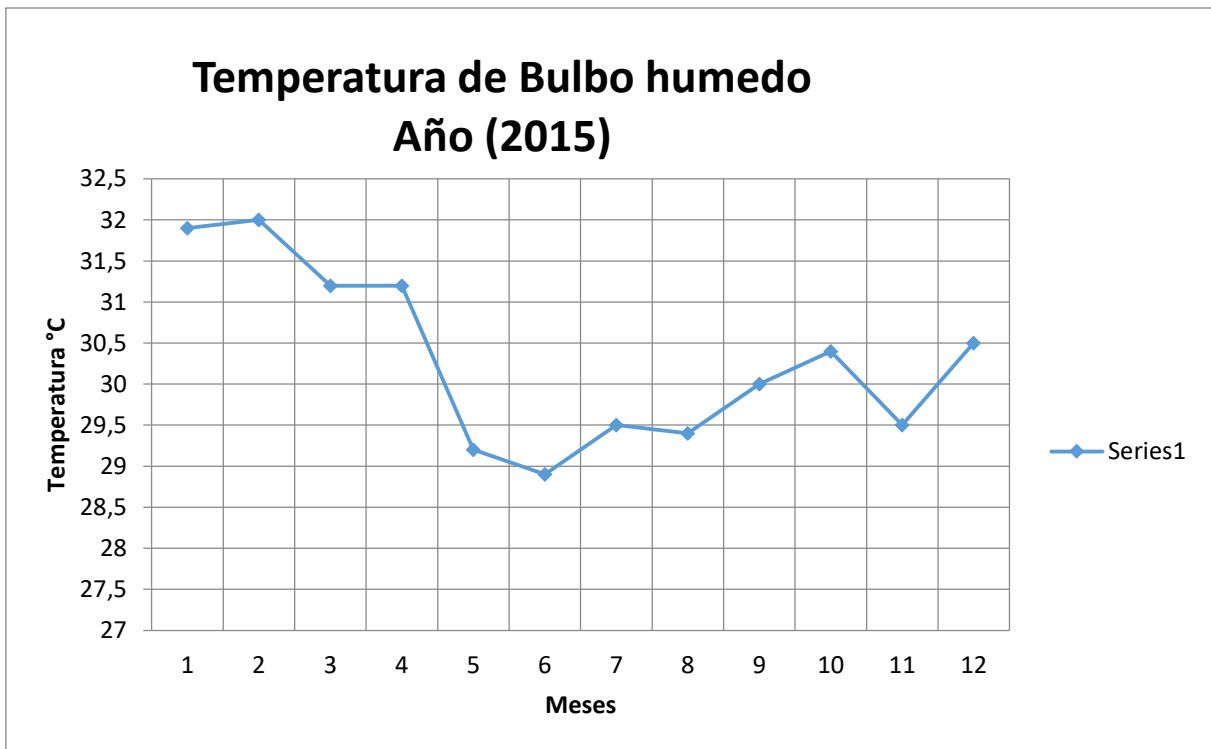


Tabla 7.- Gráfico de temperatura de bulbo húmedo

Fuente: Juan Pablo Clavijo

A diferencia de los otros dos valores, la temperatura de bulbo húmedo es dependiente de los valores de humedad y la temperatura de bulbo seco. El valor más alto para la temperatura de bulbo húmedo se registró nuevamente en el mes de Febrero. Esto debido a que ambos valores de temperatura y humedad son altos para ese mes. A diferencia del mes de Diciembre, cuyo valor de temperatura es el más alto, pero al poseer un valor de humedad bajo, la temperatura de bulbo húmedo no se refleja como un valor elevado.

2.3 Orientación Geográfica del laboratorio

El Laboratorio de Bioprocesos se encuentra dentro de las instalaciones del laboratorio de Operaciones Unitarias dentro de la ESPOL, en el campus Gustavo Galindo.

Según los datos recopilados por Google Earth, el laboratorio posee la siguiente ubicación:

Latitud: 2°08'43.2"S

Longitud: 79°58'10.0"W

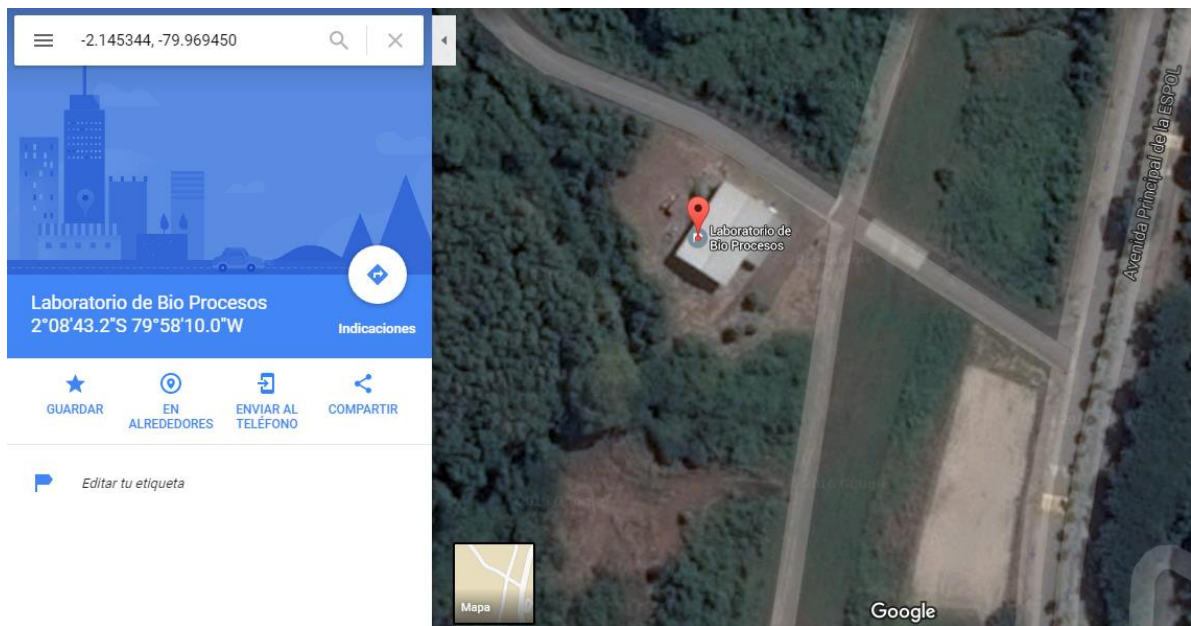


Ilustración 21.- Ubicación geográfica del laboratorio

Fuente: Google Earth, dato tomado año 2016

2.4 Condiciones de diseño para el interior y exterior del laboratorio

Las condiciones interiores para el diseño del acondicionador de aire se encuentran establecidas a través de la norma ASHRAE para confort humano, son de 21°C para temperatura de bulbo seco y una humedad relativa de 50%. En este caso nosotros queremos que el aire trabaje a un rango específico de temperatura, estableciendo la temperatura mínima de trabajo para el recinto en 17 °C.

Para las condiciones exteriores de diseño, hemos tomado en cuenta las estadísticas de temperatura y otros valores meteorológicos proporcionadas por el INAMHI. En este caso, hemos tomado en cuenta los valores extremos para evitar que el equipo funcione de manera adecuada cuando se lo requiera. Los datos de temperatura ya se presentaron en las tablas anteriores, y en este caso se utilizarán los datos obtenidos en el mes de Diciembre que fue el mes donde se registró la temperatura más alta del año.

2.5 Calculo de la ganancia de calor por conducción a través de la estructura interior y exterior del laboratorio.

Para calcular la ganancia de calor por conducción utilizamos la siguiente ecuación

$$Q=UxAxDTCE$$

A continuación detallamos todas las áreas por las cuales se va a transmitir calor.

El Laboratorio de Bio Procesos esta subdividida en dos habitaciones por lo tanto consideramos los siguientes datos.

La habitación 1 contiene una puerta de ingreso, una que divide las dos habitaciones y un ventanal que da al exterior. Las áreas relevantes de conducción son las siguientes

Habitación 1				
	ALTO (m)	ANCHO (m)	ÁREA (m2)	Ubicación
Pared	2.75	3.76	10.34	exterior
Pared	2.75	2.87	7.89	interior
Pared	2.75	2.87	7.89	interior
Pared	2.75	3.76	10.34	interior
Puerta	2.03	1.00	2.03	Interior
Puerta	2.02	0.77	1.55	Interior
Piso	3.76	2.87	10.79	
Techo	3.76	2.87	10.79	

Tabla 8.- Dimensiones de la habitación No. 1

Fuente: Juan Pablo Clavijo

La habitación 2 contiene una puerta de ingreso inhabilitada que consiste de dos puertas de aluminio en conjunto. Su ingreso es por medio de la puerta que divide la habitación 1 de la habitación 2. Las áreas relevantes de conducción son las siguientes

Habitación 2				
	ALTO (m)	ANCHO (m)	ÁREA (m2)	Ubicación
Pared	2.75	3.76	10.34	interior
Pared	2.75	2.90	7.98	interior
Pared	2.75	2.90	7.98	interior
Pared	2.75	3.76	10.34	interior
Puerta	2.03	1.46	2.96	Interior
Puerta	2.02	0.77	1.55	Interior
Piso	3.76	2.90	10.90	
Techo	3.76	2.90	10.90	

Tabla 9.- Dimensionamiento de la habitación No. 2

Fuente: Juan Pablo Clavijo

Coeficiente global de transferencia de Calor ($U = \text{BTU/h-ft}^2 - \text{F}^{\circ}$)

Se obtuvieron los coeficientes globales de transferencia de calor de las estructuras por medio de tablas de valores para los diferentes elementos de la construcción. Con dichos valores se construyó la siguiente tabla.

Estructura	Coeficiente Global de transferencia de Calor (BTU/h-ft² – F^o)	Descripción del material de construcción
A	0.415	Ladrillo común de 4 in
B	0.590	Cubierta de concreto sin aislamiento
C	0.134	Techo falso sin aislamiento
D	1.2	Puerta de Vidrio con Marco de metal
E	0.73	Vidrio plano sencillo (interior)
F	1.04	Vidrio plano sencillo (exterior verano)

Tabla 10.- Coeficientes globales de calor para la estructura de las habitaciones

Fuente: Juan Pablo Clavijo

La selección de coeficientes globales se define por medio de los materiales de construcción. La información de los materiales de construcción utilizados en el laboratorio fue otorgada por la autoridad responsable del LOPU, el cual posee información acerca del levantamiento del laboratorio y la historia del mismo.

2.5.1 Cálculo de DTCE

Para el cálculo del DTCE, se consideraron el coeficiente de corrección para latitud, mes y color. Encontramos que la corrección debido al color de la superficie (K), y el factor de ventilación para cielo raso.

$$DTCEe = [(DTCE + LM) \times K + (78 - tr) + (to - 85)] \times f$$

El valor de DTCE se consideró de la siguiente tabla de datos según el tipo de pared, en este caso concreto de 4" + acabado, orientación y hora solar máxima de 12 horas.

Valores de DTCE

NE = 25 | NW = 8 | SE = 31 | SW = 9

El valor de LM se considera de la siguiente tabla. Se utiliza la orientación del laboratorio a 3°N y Diciembre como mes crítico en el cual se registró el valor de la temperatura más elevada.

Valores de LM

Para Latitud S 32° y meses de Marzo a Septiembre

NE = -5 | NW = -5 | SE = 3 | SW = 3

El valor de K es de K=0.65 debido a que se trata de una estructura clara en zona rural.

Cálculo de ganancia de calor

La pared No.1 de la habitación 1 es la única pared del laboratorio que da al exterior. Esta pared está orientada hacia el NE, y como está ubicada hacia el exterior, se realizará la corrección respectiva de diferencia de temperatura. Descontamos una pared en la habitación 1 y en la 2 ya que es una misma compartida, cualquier valor de conducción en esa pared es irrelevante ya que se

esta diseñando el equipo para todo el recinto. El resto de paredes dan hacia el interior del LOPU.

Entonces tenemos:

DTCE: 25

LM: -5

K=0.65

F=0.75 (es techo falso)

Tr= 62.6°F (17°C) Temperatura de diseño del equipo

To= 95.36°F (35.2°C) Temperatura más alta registrada por el Inamhi

$$DTCEe = [(DTCE + LM) \times K + (78 - tr) + (to - 85)] \times f$$

$$DTCEe = [(25 - 5) \times 0.65 + (78 - 62.6) + (95.36 - 85)] \times 0.75$$

$$((20 \times 0.65) + 15.4 + 10.36) \times 0.75 \quad DTCEe = 29.07 \text{ °F}$$

Hay que considerar que para las paredes interiores dentro del recinto se considera una temperatura ambiente de 25°C para trabajar el DTCE debido a que el interior se encuentra techado y las paredes y estructuras no tienen contacto directo con el sol. Otra consideración es que la habitación 2, debido al trabajo realizado dentro de esa habitación, está diseñada para trabajar a 35°C, por lo que hay que considerar esa temperatura para los siguientes cálculos. Para el piso se toma un valor de DTCE de 1°C (2°F) debido a que la temperatura de la habitación y la estructura se encuentran casi a la misma temperatura.

2.5.2 Cálculo de ganancia de calor

Ya con los datos completos, procedemos a realizar los cálculos de ganancia de calor por conducción para los dos habitáculos. La ecuación a utilizar es la siguiente:

$$Q = U \times A \times DTCE$$

Obteniendo los siguientes valores:

Habitación 1				
	Coefficiente Global (U)	DTCE (°F)	Área (ft²)	Q(BTU/h)
Pared	0.415	29.07	111.30	1342.728
Pared	0.415	15.30	84.07	533.802
Pared	0.415	15.30	84.07	533.802
Pared	0.415	28,80	111.30	1330.258
Puerta	1.2	15.30	21.85	401.166
Puerta	1.2	28,80	16.68	576.461
Piso	0.59	2	116.14	137.045
Techo	0.134	15.30	116.14	238.110
Habitación 2				
	Coefficiente Global (U)	DTCE (°F)	Área (ft²)	Q(BTU/h)
Pared	0.415	28.80	111,299	1330.246
Pared	0.415	28.80	85.896	1026.629
Pared	0.415	28.80	85.896	1026.629
Puerta	1.2	28.80	31.861	1101.116
Piso	0.59	2	117,327	138.446
Techo	0.134	28.80	117,327	452,788

Tabla 11.- Resultados de ganancia de calor por conducción

En la habitación 2 no se toma en cuenta una pared y puerta debido a que las dos habitaciones comparten la misma pared.

Q_{total1} = 5093,372 BTU/H (habitación 1)

Q_{total2} = 5075,854 BTU/H (habitación 2)

Q total por conducción a través de la estructura: 10169,226 BTU /H

2.6 Cálculo de ganancia de calor por radiación solar a través de los vidrios

La ganancia de calor por radiación a través de los vidrios se calcula mediante la siguiente ecuación que mencionamos anteriormente:

$$Q = FGCS \times A \times CS \times FCE$$

Por ende, procedemos a encontrar los valores requeridos.

Área del vidrio orientado al exterior

El laboratorio de bio procesos consta de un único ventanal deslizable. Las dimensiones del ventanal son las siguientes:

Ancho: 1,74 m

Alto: 0,40 m

Área: 0,696 m²

Ubicación: exterior

Factor de ganancia máxima de calor Solar (FGCS BTU/hr-ft²)

El valor de FGCS se consideró a partir de la siguiente tabla, utilizando el valor de latitud actual de (3°) y utilizando el mes de Diciembre, siendo el mes donde las condiciones ambientales son críticas. Se utilizó el valor de 0° en la tabla porque es el valor más cercano de latitud elegido.

Orientacion				
Mes	NE	NW	SE	SW
DICIEMBRE	71	71	240	240

Los valores recogidos en la tabla vienen dados en (BTU/ft²-hr)

Coefficiente de sombreado (CS)

Para el CS se consideraron los valores de la siguiente tabla y se obtuvieron los siguientes valores:

Para vidrio sencillo de ¼" sin sombreado: 0.94

Factor de Carga de Enfriamiento (FCE)

El valor de FCE se obtuvo de la siguiente tabla utilizando un valor de hora solar máxima de 12 horas. Y para una construcción media de pared de concreto exterior de 4".

NE	NW	SE	SW
0.33	0.17	0.51	0.23

Cálculo de ganancia de calor a través de los vidrios

La pared exterior del laboratorio de bio procesos se encuentra orientada al NE, por ende para realizar el cálculo utilizamos los siguientes valores.

FGCS: 71 BTU/ hr – ft²

CS: 0.94

FCE: 0.33

A: 7,492 ft²

Realizando el respectivo reemplazo de datos en la ecuación obtenemos el siguiente resultado:

$$Q = 165,005 \text{ BTU/hr}$$

2.7 Cálculo de ganancia de calor debido al alumbrado interno

La ganancia de calor por alumbrado se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q = 3,4 \times W \times FB \times FCE$$

Para poder calcular la ganancia de calor, se procede a buscar los datos respectivos.

Capacidad de las lámparas fluorescentes

Las lámparas fluorescentes funcionan a una capacidad de 32 W cada una.

Factor de balastra

Para lámparas fluorescentes el factor de balastra es de 1,25

Factor de carga de enfriamiento para el alumbrado

El factor hace referencia al almacenamiento de la ganancia de calor por parte del alumbrado, el cual depende de cuánto tiempo se encuentre encendido y cuánto tiempo trabaje el equipo de enfriamiento. En este caso solo se utilizan durante las horas de trabajo, por ende el FCE va a ser igual a 1.0

Cálculo de la ganancia de calor por alumbrado

Ingresando los datos obtenidos en la ecuación

$$Q = 3,4 \times W \times FB \times FCE$$

Cantidad	Watts	FB	FCE	Qtot(BTU/hr)
12	32	1.25	1	1632

2.8 Cálculo de ganancia de calor por infiltraciones a través de puertas y ventanas que dan al exterior.

Las ganancias de calor por medio de infiltraciones de puertas y ventanas se calculan por medio de las siguientes ecuaciones. Considerando el método de las fisuras:

$$Q_s = 1.1 \times \text{CFM} \times \text{CT}$$

$$Q_l = 0.68 \times \text{CFM} \times (\text{We} - \text{Wi})$$

En esta ocasión poseemos dos ganancias de calor, ganancia de calor debido a un cambio de temperatura en la habitación, y ganancia de calor asociado a una ganancia de humedad en el ambiente.

CFM, Flujo de ventilación

El CFM es calculado por medio del método de las fisuras, el cual pretende calcular la infiltración por pie de fisura. En este caso tenemos

COMPONENTE	TASA DE INFILTRACIÓN
VENTANAS	0.75 CFM/FT DE FISURA
PUERTAS	1 CFM/FT DE FISURA

Tabla 12.- Tabla de CFM, método de las fisuras

Fuente: Nestor Antonio Enderica/Diseño de un sistema de Climatización para la clínica Esperanza de la ciudad de Machala/Universidad Politécnica Salesiana (Ecuador)

Cambios de temperatura y relaciones de humedad entre el aire exterior e interior

El cambio de temperatura y las condiciones de cambio de humedad se las determinó mediante los datos de condiciones críticas tomadas por el INAMHI. Con la ayuda de la carta psicrométrica se obtienen algunos valores importantes para realizar el cálculo de las infiltraciones.

Nota: Las dos puertas del laboratorio no dan al exterior sino al interior del LOPU, por lo que se consideró que las puertas dan a un pasillo interior, el cual se estima que se encuentra a una temperatura ambiente de 25°C.

Condiciones críticas exteriores

TB seco (°F - °C)	TB Húmedo (°F - °C)	Humedad (%)	Relación de humedad – W (g de agua/ lb de a.s.)	Entalpía constante – h (BTU/lb de a.s.)
95,36 - 35,2	30,5 – 86,90	73	12.704	47.307
77 – 25 (interior del LOPU)	73,76 – 23,20	73	6,624	27.094

Condiciones de confort interior

TB seco (°F - °C)	TB Húmedo (°F - °C)	Humedad (%)	Relación de humedad – W (g de agua/ lb de a.s.)	Entalpía constante – h (BTU/lb de a.s.)
62.6 - 17	57.92 – 14.4	50	3.000	13.36

De esta manera se procedió a realizar los cálculos de calor sensible y latente por separado.

2.8.1 Cálculo de calor sensible

$$Q_s = 1.1 \times CFM \times CT$$

$$Q_s = 1.1 \times (CFM \times \text{perimetro}) \times CT$$

Existen tres estructuras por las cuales se producen filtraciones. 1 ventana y 2 puertas.

Perimetro puerta 1: 19.88 ft

Perimetro puerta 2: 22.90 ft

Perimetro ventanal: 14,04 ft

Se presentaron los siguientes resultados:

Estructura	Perimetro (ft)	CFM/ft	CT (°F)	Qs (BTU/hr)
Puerta 1	19.88	1.00	14.4	314.899
Puerta 2	22.90	1.00	14.4	362.736

Ventanal	14.04	0,75	32.76	344.963
----------	-------	------	-------	---------

Ganancia de calor sensible total: 1022.598 BTU/h

2.8.2 Cálculo de calor latente

$$Ql = 0.68 \times CFM \times (We - Wi)$$

$$Ql = 0.68 \times (CFM \times \text{perimetro}) \times (We - Wi)$$

Resolviendo la ecuación se obtuvieron los siguientes resultados:

Estructura	Perimetro (ft)	CFM/ft	We-Wi	QI (BTU/hr)
Puerta 1	19.88	1.00	3.624	48.991
Puerta 2	22.90	1.00	3.624	56.433
Ventanal	14.04	0,75	9.704	69.484

Ganancia total de calor latente: 174.908 BTU/h

2.9 Cálculo de ganancia de calor por personas dentro del recinto

La ganancia de calor en el recinto por medio de las personas depende de la actividad que estos realicen dentro del mismo.

Con las siguientes ecuaciones, se puede determinar la ganancia de calor sensible y la ganancia de calor latente dentro del recinto.

$$Qs = qs \times n \times FCE$$

$$Ql = ql \times n$$

Al igual que con la ganancia de calor por infiltraciones, la ganancia de calor se calculará de manera separada, ganancia de calor sensible y ganancia de calor latente.

Ganancia de calor sensible y latente

Lo primero fue determinar los valores de los coeficientes de calor dependiendo del trabajo realizado. Dentro del laboratorio de bioprocesos se realiza trabajo ligero. Por lo que se encontraron los siguientes datos.

En la siguiente tabla de datos elegimos el tipo de actividad realizada dentro del laboratorio, en este caso trabajo ligero.

Actividad	Aplicación	Calor sensible (BTU/h)	Calor latente (BTU/hr)
Trabajo ligero	Oficinas, hoteles, departamentos	255	255

Factor de carga de enfriamiento para personas

El factor de carga de enfriamiento es elegido dependiendo del número de horas que ocupan el recinto vs el número de horas desocupadas hasta que vuelven a hacer uso del espacio. En este caso, se seleccionaron los valores de una jornada de trabajo normal (8 horas) y el número de horas desocupado hasta que se vuelve a usar es de 16 horas. El resultado fue un valor de FCE de $FCE=0.12$

Cálculo de la ganancia de calor sensible y latente por personas

El número máximo de personas en el laboratorio de Bio procesos es de 5. Con los datos obtenidos se obtuvieron los siguientes valores.

$$Q_s = 255 \times 5 \times 0.12$$

$$Q_s = 153 \text{ BTU/h}$$

$$Q_l = 255 \times 5$$

$$Q_l = 1275 \text{ BTU/h}$$

2.10 Cálculo de ganancia de calor por equipos

El Laboratorio de Bio Procesos consta de 12 equipos; de los cuales 5 son bombas peristálticas, 5 son bombas de aire, y 2 calentadores de aire.

En este caso, el calor desprendido por las bombas es imperceptible a las condiciones ambientales de la habitación.

Por el otro lado, los calentadores de aire se encuentran funcionando dentro del espacio para calentar la habitación No. 2 hasta los 35 °C. Ambos poseen una capacidad de 1.5 KW, pero se encuentran trabajando a un nivel intermedio de

potencia, generando un trabajo de 0.75 KW cada uno. Por lo que podemos determinar que:

$$1 \text{ KW} = 3412.14 \text{ BTU/h}$$

$$Q_{\text{equipos}} = 5118.13 \text{ BTU/h}$$

2.11 Cálculo del calor inicial de la masa de aire

Es importante considerar que el aire dentro de la habitación también posee un calor que se debe considerar extraer. El calor puede ser calculado con la siguiente fórmula.

$$Q = mcp\Delta T$$

Donde:

Q= Calor de la masa de aire dentro de la habitación (BTU)

M= masa de aire dentro de la habitación (Lb)

Cp= capacidad calorífica del aire (BTU/Lb.F)

ΔT = diferencia de temperatura (°F)

Para calcular el calor de transferencia de la masa gaseosa de aire, debemos obtener la masa total de aire que ocupa la habitación.

Dichos datos son obtenibles con el volumen de la habitación y la densidad del aire

$$\text{Vol} = 59.804 \text{ m}^3 \quad \rho = 1.2 \text{ kg/m}^3 \text{ (densidad a } 20^\circ\text{C)}$$

$$M = V \times \rho = 59.804 \times 1.2 = 71.7648 \text{ Kg de aire}$$

Otro dato que es constante es la capacidad calorífica del aire

$$C_p = 1.012 \text{ J / g. K} = 1.012 \text{ KJ /Kg. K}$$

La diferencia de temperatura considera la temperatura del aire cuando inicia el día, y la temperatura mínima a la que puede trabajar el aire acondicionado.

$$\Delta T = (25 - 17) = 8 \text{ }^\circ\text{C} = 281.35 \text{ K}$$

El calor de la masa de aire

$$Q = 71.7648 \text{ Kg} (1.012 \text{ KJ/Kg.K}) \times (281.35 \text{ K}) = 20433,32 \text{ KJ}$$

$$Q = 19367,05 \text{ BTU}$$

Hay que recordar que este valor no aporta calor y deba ser considera en la suma de cargas de enfriamiento. Aun así es un valor importante a considerar debido a que si es una carga que se debe eliminar inicialmente para poder conseguir climatizar la habitación seleccionada.

2.12 Cálculo de calor total para carga de enfriamiento

Sumando todos los valores de Q obtenidos, podemos obtener el calor total de extracción.

$$Q_{\text{total}} = 19709.867 \text{ BTU/hr}$$

Además de este valor tenemos el calor presente dentro de la masa de aire.

$$Q = 19367,05 \text{ BTU}$$

Entonces inicialmente se deben extraer de la habitación:

$$Q = 39076,917 \text{ BTU}$$

Con una carga horaria de 19709.87 BTU/hr

Debido a que no existe un aire acondicionado de ventana con esa capacidad de enfriamiento, podemos diseñar un acondicionador de aire con una capacidad de 24000 BTU/h. De esta manera podemos satisfacer la carga horaria de calor en el recinto, y también podemos eliminar el calor inicial dentro de la habitación debido a la masa de aire dentro de la misma.

Es por eso que el valor real de Q es:

$$Q_t = 24000 \text{ BTU/h}$$

2.13 Cálculo de flujo másico de refrigerante

Una vez obtenido el valor de la carga de enfriamiento, podemos calcular el flujo másico de refrigerante necesario para climatizar la habitación.

Para el diseño de nuestro aire acondicionado, vamos a trabajar con el refrigerante R-417A. La selección de este refrigerante ya fue detallada en el marco teórico de este documento.

Cálculo de flujo másico para R-417 A

Por el momento solo poseemos los siguientes datos.

El calor de extracción del recinto $Q_l = 24000 \text{ BTU/hr}$

Y el rango de temperatura en la que funciona el acondicionador de aire:

$T_h = 35,2^\circ\text{C}$ $T_l = 17^\circ\text{C}$ $\Delta T = 18,2^\circ\text{C}$

El acondicionador de aire se basa en la teoría del ciclo de refrigeración por compresión de vapor. Este sistema de refrigeración es ampliamente utilizado en los sistemas de aires acondicionados y bombas de calor. Los 4 procesos principales del ciclo son:

1-2 Compresión isentrópica (compresor)

2-3 Rechazo de calor. $P = \text{cte.}$ (condensador)

3-4 Estrangulamiento. $h \approx \text{cte.}$ (válvula de expansión)

4-1 Absorción de calor. $P = \text{cte.}$ (evaporador)

Los cuatro procesos asociados con el ciclo de refrigeración son dispositivos de flujo estacionario, por lo que estos pueden analizarse como procesos de flujo estacionario.

Los cambios de energía cinética y potencial del refrigerante suelen ser mínimos en relación con los términos de trabajo y transferencia de calor, por lo cual pueden ignorarse. Es por eso que la ecuación de energía de flujo estacionario por unidad de masa se reduce a:

$$(q \text{ entrada} - q \text{ salida}) + (w \text{ entrada} - w \text{ salida}) = (h \text{ sal} - h \text{ ent})$$

Ecuación 11.- Balance de energía para el ciclo de refrigeración en flujo estacionario

El ciclo real de refrigeración difiere de uno ideal en varios aspectos. En lo principal debido a las irreversibilidades que ocurren en medio de los procesos. Dos fuentes comunes de irreversibilidad son la fricción del refrigerante, la cual

causa caídas de presión, y la transferencia de calor hacia o desde los alrededores.

El proceso de compresión real incluye efectos de fricción, que causa un incremento en la entropía, y de transferencia de calor, que causa un aumento o disminución de la entropía dependiendo de la dirección.

Es imposible evitar la caída de presión en el condensador, así como en las líneas que dan al compresor y a la válvula de expansión. Además, es difícil ejecutar el proceso de condensación con precisión como para que el refrigerante salga del condensador como líquido saturado, y es perjudicial enviar el refrigerante a la válvula de expansión antes de que se condense por completo. Es por eso que el refrigerante se subenfria antes de que entre a la válvula de expansión. A pesar de todo esto, se debe tener en mente dado que el refrigerante entra al evaporador con una entalpía inferior y por ello puede absorber más calor del espacio refrigerado. La válvula de expansión y el evaporador se localizan cerca el uno del otro, por lo que la caída de presión entre ambas líneas es imperceptible.

Hay que encontrar una relación entre los datos obtenidos y el flujo másico del refrigerante que vamos a utilizar.

Ya que poseemos el calor de extracción de la habitación, podemos conocer el flujo másico a través de la siguiente ecuación:

$$\dot{Q}_l = \dot{m}(h_1 - h_4)$$

Ecuación 12.- Calor que absorbe el evaporador

Despejando el valor de flujo másico que queremos encontrar tenemos:

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_l}{(h_1 - h_4)}$$

Para poder calcular el flujo másico de refrigerante, debemos obtener los datos de las entalpías de los puntos señalados del ciclo, en este caso sería el punto donde el refrigerante se encuentra subenfriado antes de ingresar al evaporador (h_4) y el punto en el que el refrigerante se encuentra como vapor sobrecalentado al salir del evaporador (h_1).

Los datos son fácilmente ubicados en la ficha técnica del refrigerante, tanto para presión, temperatura y entalpía. El problema en este caso es la ausencia de datos para ubicar los datos requeridos en el diagrama de Mollier (p-h). Lo que poseemos son los datos de temperatura del recinto que queremos climatizar.

Datos a considerar cuando se trabaja con climatización

Dos parámetros importantes que necesitan considerarse en la selección de un refrigerante son las temperaturas de los dos medios (el espacio refrigerado y el ambiente) con los cuales el refrigerante intercambia calor. Para tener una transferencia de calor a una tasa razonable, debe mantenerse una diferencia de temperatura de 5 a 10 °C entre el refrigerante y el medio con que intercambia calor.

Entonces si la temperatura que queremos mantener es de 17°C, el refrigerante debe entrar al evaporador a una temperatura cercana a los 7°C.

La temperatura (y por lo tanto, la presión) del refrigerante en el lado del condensador depende del medio hacia el cual se rechaza el calor. La temperatura del refrigerante en el condensador no puede descender por debajo de la temperatura del medio de enfriamiento y la presión de saturación del refrigerante a esta temperatura debe estar bastante debajo de su presión crítica si el proceso de rechazo de calor va a ser aproximadamente isotérmico.

Estas condiciones nos ayudan a definir el rango de temperaturas en las cuales puede trabajar nuestro ciclo, y por ende podemos ubicar con satisfacción los datos necesarios para calcular nuestro flujo másico.

Búsqueda de datos

Ya conocemos que la temperatura máxima de operación del aire es de 17 °C, y la temperatura máxima exterior es de 35,2° C

Si la temperatura del recinto debe mantenerse a 17°C, lo mejor sería que el refrigerante entre al evaporador a una temperatura de 7°C o cercana a la misma.

Con esta temperatura y la cantidad de calor que queremos extraer podemos obtener los datos que necesitamos para calcular el flujo de refrigerante necesario para el equipo.

Datos de R-417A a 5°C

Presión (bar)		Densidad (Kg/m ³)		Entalpía (KJ/Kg)		Entropía(Kj/Kg.K)	
Burbuja	Rocio	Burbuja	Rocio	Burbuja	Rocio	Burbuja	Rocio
5.48	4.83	1231.50	25.46	206.70	373.60	1.0242	1.6284
Presión (psi)		Densidad (Kg/m ³)		Entalpía (BTU/lb)		Entropía (BTU/lb.R)	
79,48	70,05	1277.17	16.89	89.05	160.96	0,252	0,389

Tabla 13.- Datos de R-417A a 5°C

Fuente: Juan Pablo Clavijo/ Ficha Técnica de refrigerante R-417A

La entalpía del punto de burbuja equivaldría a la entalpía a la entrada del evaporador, y la entalpía en el punto de rocío equivaldría a la entalpía a la salida del evaporador. Es importante saber que en un ciclo real, llegar y mantener las condiciones de vapor saturado es imposible, por lo que se sobrecalienta un poco el refrigerante antes de entrar al compresor.

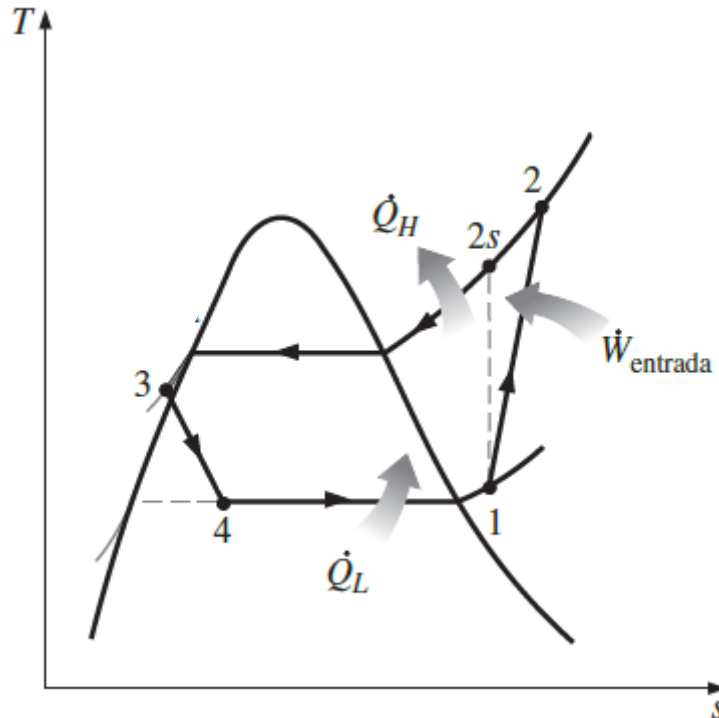


Ilustración 22.- Diagrama de ciclo de refrigeración real

Fuente: Yunes A. Cengel, Termodinámica 7ma Edición, Ciclos de Refrigeración, Año 2011

El punto 4 es la entrada del evaporador, mientras que el punto 1 es la salida del evaporador. Trabajamos con los datos a 5°C para el refrigerante R-417A obteniendo los siguientes resultados:

Presión a la entrada del evaporador: 79,48 psi

Presión a la salida del evaporador: 70,05 psi

Temperatura: 5 °C

Asumimos un sobrecalentamiento a 30°C a la presión de salida, obteniendo un dato de entalpía de:

$H1: 400 \text{ KJ/Kg} = 171,969 \text{ BTU/lb}$

Desconocemos el trabajo realizado por el compresor y hasta que presión debe ser elevado el refrigerante para que funcione correctamente nuestro ciclo.

En este caso podemos asumir la presión a la cual va a trabajar nuestro ciclo de refrigeración, cogiendo un valor adecuado al cual pueda operar.

Se sobrecalienta el vapor a 90°C mediante una compresión isoentrópica y una presión de 17.39 bar, obteniendo los siguientes datos según la tabla presión entalpía.

$S2 = 1.71 \text{ KJ/KG.K}$

$H2 = 440 \text{ KJ/KG} = 189,166 \text{ BTU/lb}$

Presión: 17.39 bar = 252,22 psi

A la misma presión entra al condensador y el proceso cambio de fase y rechazo de calor se produce a una temperatura de 50°C. El refrigerante sale del condensador como un líquido subenfriado preferiblemente a una temperatura de 5°C. Los datos en este punto son los siguientes:

$H3 = 206,70 \text{ KJ/KG} = 88,99 \text{ BTU/lb}$

$P3 = 18,47 \text{ bar} = 267,88 \text{ psi}$

Como la expansión del refrigerante se produce isoentrópicamente, pero al mismo tiempo no se realiza ningún trabajo. Se puede considerar como una expansión isoentálpica, pudiendo asumir un valor de $H3 = H4$

$$(q \text{ entrada} - q \text{ salida}) + (w \text{ entrada} - w \text{ salida}) = (h \text{ sal} - h \text{ ent})$$

No existe intercambio de calor en la válvula de expansión:

$$(q \text{ entrada} - q \text{ salida}) = 0$$

No se produce ningún trabajo en durante el proceso 3 – 4, es por eso que:

$$(w \text{ entrada} - w \text{ salida}) = 0$$

Por lo que entonces

$$H \text{ salida} = h \text{ entrada}$$

Por ende:

$$H_3 = H_4 = 88,99 \text{ BTU/lb}$$

Con estos datos podemos obtener nuestro flujo de refrigerante.

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}l}{(h_1 - h_4)}$$

$$\dot{m} = \frac{24000 \text{ BTU/hr}}{(171,97 - 88,99) \text{ BTU/Lb}}$$

$$\dot{m} = \frac{24000}{82,98}$$

$$\dot{m} = 289,23 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} = 0,0803 \text{ lb/s} = 0,0365 \text{ Kg/s}$$

2.14 Cálculo de trabajo ejercido por el compresor

Con el dato de flujo másico, podemos finalmente calcular el trabajo que necesita realizar el compresor para poder elevar la presión del refrigerante

$$W_{ent} = \dot{m} \times (h_2 - h_1) = 0,0365 \text{ Kg/s} (440 - 400) \text{ KJ/Kg} = 1,46 \text{ KW} = 1,96 \text{ HP}$$

$$w_{ent} = \dot{m} \cdot (h_2 - h_1)$$

2.15 Diseño del evaporador

El evaporador es el componente que lleva a cabo el trabajo de enfriar un fluido o corriente con el objetivo de reducir la temperatura de un espacio. El evaporador consiste en un intercambiador de calor con cambio de fase.

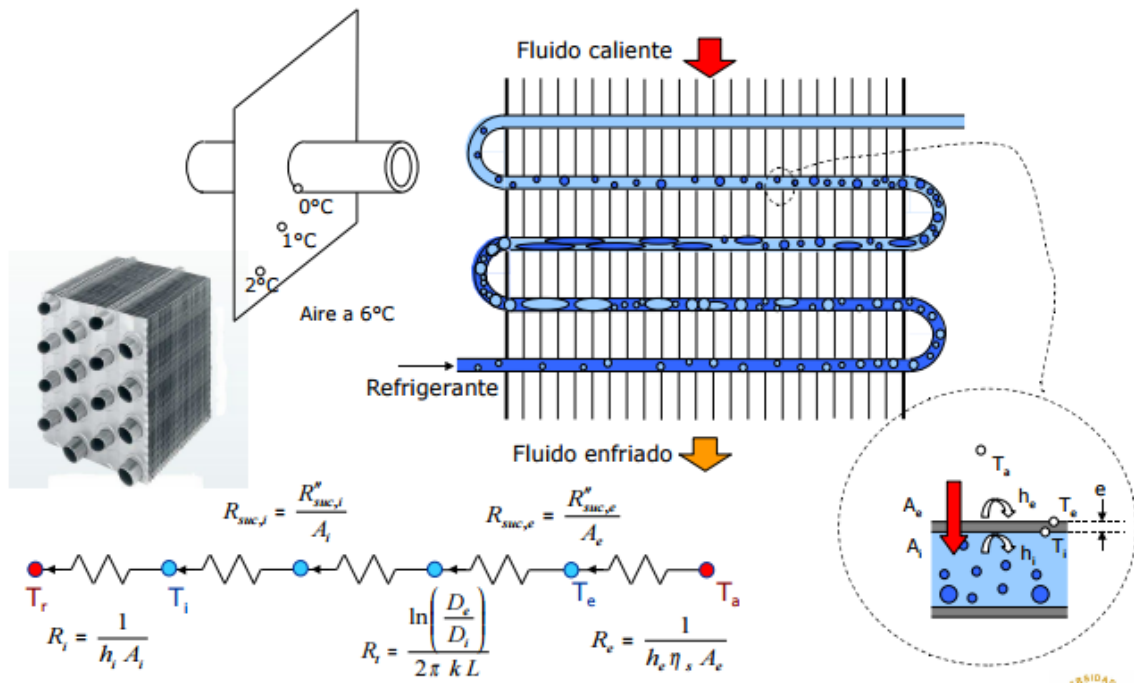


Ilustración 23.- Diagrama de evaporador para aire acondicionado

Fuente: Juan F. Coronel Toro, Evaporadores, Universidad de Sevilla

Es importante el poder entender cómo funciona el proceso de transferencia de calor en el evaporador. Así de esta manera, podemos seleccionar, instalar y revisar que este funcione correctamente dentro del equipo.

Proceso de evaporación del refrigerante dentro de los tubos

El evaporador recibe refrigerante líquido procedente de la válvula de expansión que contiene una pequeña cantidad de vapor.

Conforme el refrigerante evoluciona en contacto con una pared más caliente que él, la cantidad de vapor aumenta y por lo tanto la velocidad de flujo también aumenta. Se van presentando las siguientes fases durante el calentamiento:

- Fase de burbuja: Ebullición nucleada, turbulencia -> aumenta h.
- Fase Anular: Líquido en forma anular y vapor por el centro a más velocidad. Aumenta h
- Fase de niebla o mezcla: Se produce la separación de la pared anular y la formación de una vapor con una niebla de gotas en suspensión, el contacto líquido con la pared se hace más difícil -> disminuye h

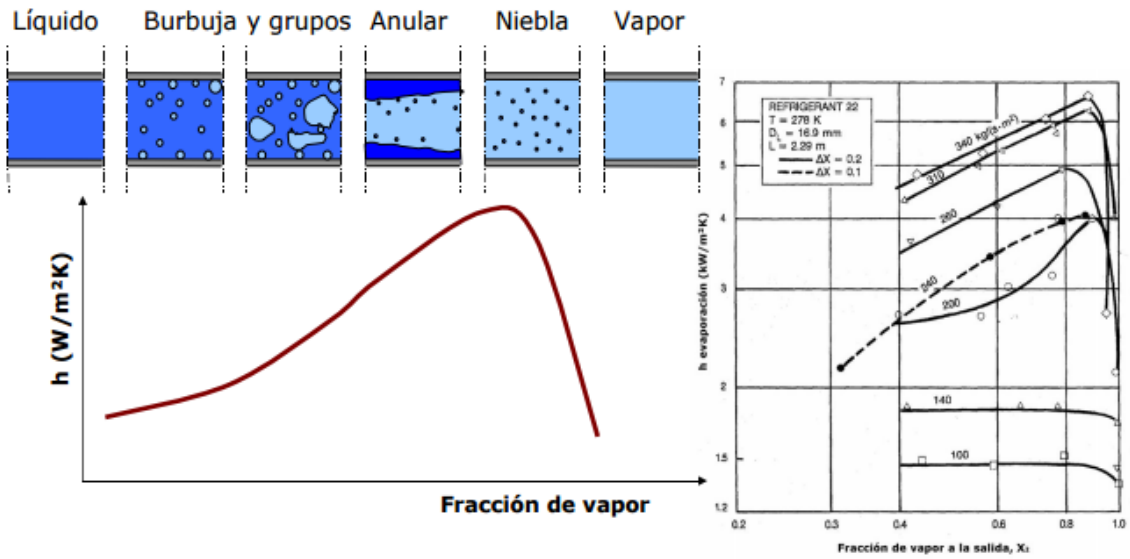


Ilustración 24.- Fases del refrigerante dentro del evaporador

Fuente: Juan F. Coronel Toro, Evaporadores, Universidad de Sevilla

Diferencia de temperaturas:

Para un evaporador dado, trabajando con un caudal de fluido constante, existe un factor que relaciona la potencia térmica transferida con el salto de temperaturas a la entrada al evaporador.

Temperatura de evaporación óptima:

Sí se desea una misma potencia frigorífica.

Aumento de área del evaporador:

- Mayor coste inicial
- Mayor temperatura de evaporación para mantener la misma temperatura en la cámara -> Menor P_c -> Menor coste de operación.

Por lo tanto, la determinación del área adecuada se convierte en un proceso de optimización del coste total (coste inicial + coste de operación).

Componentes para el evaporador:

Principales componentes: Tubos, aletas, bandeja de condensado, carcasa y ventiladores.

Tubos:

- Cobre (No R-717), Acero al carbono, Aluminio, Acero inoxidable.
- Diámetros: ½ a 1 “
- Configuraciones en línea o cruzada (mayor h, mayor Δp)

Aletas:

- Placas planas o corrugadas
- Cu/Al, Cu/Cu, Al/Al, Acero/Acero.
- Separación: 2 a 10 mm (500 aletas/m para aire acondicionado, 100 aletas/m para refrigeración industrial)
- Espesores: aprox. 0,2 mm

Parámetros geométricos:

- Globales: Número de filas (Nf), Número de tubos por fila (Nt), Paso longitudinal (Pl), Paso transversal (Pt), Longitud del tubo (Lt)
- De la aleta: Espesor (ea), Separación (Sa)
- Del tubo: Diámetro interior (Di), Diámetro exterior (De)
- De los circuitos: Número de circuitos (Ncirc)
- Dimensiones exteriores: Anchura, Altura, Profundidad
- Áreas: Área frontal = Anchura x Altura

$$A_{\text{Total}} = A_{\text{Prim}} + A_{\text{sec}} \quad A_{\text{Total}}/A_i = 3a14$$

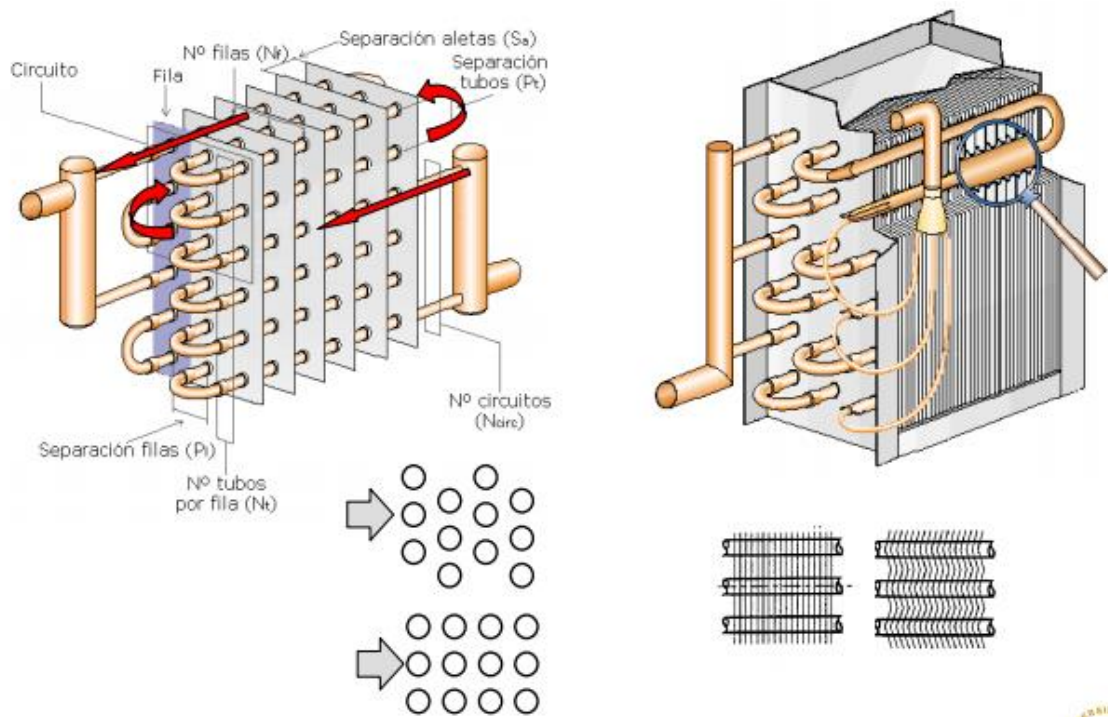


Ilustración 25.- Diseño del evaporador

Fuente: Juan F. Coronel Toro, Evaporadores, Universidad de Sevilla

Cálculo del Evaporador

Para un intercambiador de calor, la ecuación general de transferencia de calor se describe de la siguiente manera:

$$\dot{Q} = UA\Delta T_{media} = UADTLM$$

Donde:

Q= flujo de calor, BTU/h

A= Area de transferencia de calor, m² o ft²

U= Coeficiente global de transferencia de calor, W/m²K o BTU/ft²R

DTLM= diferencia de temperatura logarítmica media, °C o °F

Para poder calcular el DTLM utilizamos la siguiente ecuación:

$$DTLM = \frac{\Delta T_{ent} - \Delta T_{sal}}{\ln\left(\frac{\Delta T_{ent}}{\Delta T_{sal}}\right)}$$

Donde:

ΔT_{ent} = diferencia de temperatura de entrada entre el aire y el refrigerante

ΔT_{sal} = diferencia de temperatura de salida entre el aire y el refrigerante

Antes de realizar un cálculo es importante saber que datos poseemos a disposición y que es lo que queremos encontrar.

En este caso estamos tratando de encontrar el área de transferencia de calor y poseemos los siguientes datos:

$$Q = 24000 \text{ BTU/hr}$$

$$T_{\text{ent}} = 25 \text{ }^\circ\text{C} \quad T_{\text{sal}} = 17^\circ\text{C} \quad T_{\text{evap}} = 5^\circ\text{C}$$

El valor de U es aplicado al fluido que estamos enfriando, en este caso es el aire. Este valor posee un rango definido mediante la siguiente tabla:

Valores representativos para el coeficiente global de transmisión de calor

Evaporadores	Tipo	U (W/m ² K)
Enfriadores de aire	Convección natural	5 – 25
	Convección forzada	15 – 50
Enfriadores de líquido	Doble tubo contracorriente	580 – 815
	Carcasa – tubos	465 - 1400

(P.J.Rapin, Instalaciones frigoríficas (Tomo II))

Tabla 14.-Valores representativos para el coeficiente global de transferencia de calor

Fuente: Dpto. de Ingeniería de Sistemas Industriales, Instalaciones frigoríficas y de climatización/Evaporadores, Universidad Miguel Hernández

En nuestro caso en particular, consiste en un enfriador de aire con convección forzada. El rango de U oscila entre los 15 – 50 W/m²K. Este valor de U depende de la potencia del ventilador que se vaya a instalar en el equipo, ya que este nos dará el flujo de corriente que se va a utilizar para el evaporador. En este caso elegimos:

$$U = 25 \text{ W/m}^2\text{K} = 4,403 \text{ BTU/hr-ft}^2\text{-R}$$

Con esto poseemos todos los datos para poder calcular nuestra incógnita. En este caso primero calculamos el DTLM.

$$DTLM = \frac{(25 - 5) - (17 - 5)}{\ln \frac{25 - 5}{17 - 5}}$$

$$DTLM = \frac{20 - 12}{\ln \frac{20}{12}}$$

$$DTLM = \frac{8}{0,5108}$$

$$DTLM = 15,66 \text{ } ^\circ\text{C} = 60,19 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Con el dato de DTLM calculado, calculamos el área de transferencia.

$$A = \frac{Q}{UDTLM}$$

$$A = \frac{24000 \text{ BTU/hr}}{4,403 \frac{\text{BTU}}{\text{hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{R}} \times 519,86 \text{ R}}$$

$$A = 10,48 \text{ ft}^2 = 0,973 \text{ m}^2$$

Ya calculamos nuestra área de transferencia, con esto podemos también calcular la longitud de tubería que vamos a utilizar a través de la siguiente ecuación:

$$A = 2\pi rL$$

Despejando L:

$$L = \frac{A}{2\pi r}$$

Este valor depende del diámetro de tubería que vayamos a utilizar para nuestro diseño. En el evaporador se utiliza una tubería de 3/8", por lo que el cálculo corresponde de la siguiente manera.

$$L = \frac{0,973}{2\pi(0,0047)}$$

$$L = \frac{0,973}{0,0295}$$

$$L = 32,98 \text{ m de tubería}$$

Por último utilizaremos los datos de espesor y número de placas para evaporador según las especificaciones para un acondicionador de aire. En este caso los valores que usaremos son los mencionados anteriormente:

- 2mm de espesor entre placas
- 500 placas por metro de evaporador

2.16 Diseño del condensador

En los condensadores de aire, el refrigerante se condensa en el interior de los tubos. Los patrones son complicados y dependen de la velocidad de condensación. Pueden distinguirse las siguientes fases:

- Fase de spray
- Flujo anular
- Fase de llenado
- Fase final de burbuja.

Flujo de calor evacuado en el condensador

El primer paso cuando se necesita dimensionar un condensador es calcular el calor que debe evacuar en condiciones de diseño.

Tenemos el coeficiente de evacuación de calor o la relación de eliminación de calor:

$$HRR_{Carnot} = \frac{T_{Cond}}{T_{Evap}} \qquad HRR = \frac{Q_c}{Q_f} = \frac{Q_F + W_C}{Q_f} = 1 + \frac{1}{COP}$$

Transferencia de Calor en condensadores

A diferencia de los evaporadores, la temperatura del refrigerante no es constante. La cantidad de calor intercambiada en las zonas sin cambio de fase es bajo y ambas se compensan, por tanto no existe mucho error si seguimos usando $q = UA \Delta T_{LM}$

Cálculo para el condensador

Al igual que el evaporador, necesitamos calcular las dimensiones del condensador en esta ocasión. Utilizaremos la ecuación general de transferencia de calor.

$$\dot{Q} = UA\Delta T_{media} = UA DTLM$$

El flujo de calor para el condensador se puede calcular sencillamente con los datos obtenidos en la curva de refrigeración.

$$Q = m(h_2 - h_3) = 289,23 \text{ lb/h}(189,166 \text{ BTU/lb} - 88,99 \text{ BTU/lb}) = 29116,78 \text{ BTU/hr}$$

Igualmente procedemos al cálculo de DTLM:

$$DTLM = \frac{\Delta T_{ent} - \Delta T_{sal}}{\ln\left(\frac{\Delta T_{ent}}{\Delta T_{sal}}\right)}$$

Donde:

$$T_{ent} = 35,2^\circ\text{C}$$

$$T_{sal} = 44^\circ\text{C}$$

$$T_{cond} = 50^\circ\text{C}$$

$$DTLM = \frac{(50 - 35,2) - (50 - 44)}{\ln\frac{50 - 35,2}{50 - 44}}$$

$$DTLM = \frac{14,80 - 6}{\ln\frac{14,8}{6}}$$

$$DTLM = \frac{8,8}{0,9029}$$

$$DTLM = 9,75^\circ\text{C} = 49,55^\circ\text{F}$$

El ventilador del condensador va a funcionar a la misma potencia que el del evaporador, por ende podemos asumir un mismo valor de U.

$$U = 25 \text{ W/m}^2\text{K} = 4,403 \text{ BTU/hr}\cdot\text{ft}^2\cdot\text{R}$$

Con estos datos procedemos a realizar el cálculo del área de transferencia.

$$A = \frac{Q}{U DTLM}$$

$$A = \frac{29116,78 \text{ BTU/hr}}{4,403 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}\cdot\text{ft}^2\cdot\text{R}} \times 509,22 \text{ R}}$$

$$\mathbf{A = 12,99 \text{ ft}^2 = 1,206 \text{ m}^2}$$

El condensador posee la misma estructura del evaporador, por ende se puede calcular el metraje de tubería necesario de la misma manera

$$A = 2\pi rL$$

Despejando L:

$$L = \frac{A}{2\pi r}$$

La diferencia es el diámetro del tubo, como el condensador debe soportar una presión mayor, el diámetro de tubería utilizado es de 5/16"

$$L = \frac{1,206}{2\pi(0,0039)}$$

$$L = \frac{1,206}{0,0245}$$

L= 49,22 m de tubería.

Por último utilizaremos los mismos datos de espesor y número de placas que usamos en el evaporador para el condensador.

- 2mm de espesor entre placas
- 500 placas por metro de evaporador

CAPÍTULO 3: CONSTRUCCIÓN DEL ACONDICIONADOR DE AIRE

Para la construcción del equipo, se adquirió un equipo de segunda mano que no funcionaba correctamente. Al equipo se le cambió el Evaporador, el Condensador y el compresor junto la válvula de expansión. Estos equipos fueron adquiridos según las especificaciones del diseño y cálculos realizados en el literal anterior. Las imágenes de la fase de construcción constan en el anexo 5 de este proyecto.

3.1 Desmantelamiento del equipo

En esta fase se procedió a desmontar el equipo, retirando todas sus piezas y la carcasa para observar los daños que tenía el equipo. Como se mencionó anteriormente, el evaporador, el condensador y el compresor se encontraban averiados. Por lo que luego se iba reemplazar las piezas del equipo.

Luego se desmontó el motor, la turbina y el ventilador, las cuales se encontraban en excelentes condiciones, así como el sistema eléctrico del aire acondicionado. Una vez desmantelado completamente el equipo, se procedió a limpiarlo.

3.2 Limpieza del equipo

En esta fase se procedió a retirar todo el material aislante dañado que poseía la unidad y se lo reemplazo con un nuevo aislante. Este aislante es el que no permite que haya intercambio de calor alguno entre las zonas del evaporador y el condensador.

El nuevo compresor funcionaba con refrigerante R-22, por lo que fue necesario extraer dicho refrigerante. Este refrigerante fue reciclado pasándolo por un filtro que separa el aceite del gas refrigerante y lo deposita en una bombona para ser reutilizado nuevamente. Como el compresor no puede quedar sin gas debido a que compromete el estado del mismo, una vez extraído el refrigerante, se ingresó refrigerante de limpieza R-141B para limpiar la unidad y que esta se encuentre lista para cargar el nuevo refrigerante.

La base del equipo también tuvo que ser limpiada. Se utilizó agua a presión para remover impurezas, y una vez seca la base, se utilizó un sellante para cerrar todos los orificios que poseía la base del equipo.

3.3 Instalación de las nuevas piezas

Una vez listo el espacio donde van ubicadas las piezas, se procedió a colocarlas en el espacio dispuesto para cada una. Luego se procedió a armar el ciclo de refrigeración comenzando desde el compresor. Se soldaron el evaporador y el condensador al compresor y se selló el circuito. Una vez fría las piezas soldadas, se volvieron a montar las otras piezas del equipo, como el motor, la turbina, el ventilador, y la cámara divisoria.

3.4 Carga del nuevo refrigerante

Una vez listo el equipo, se procedió a instalarle una nueva válvula de admisión, a través de la cual se cargó al compresor con el nuevo gas refrigerante. Este proceso demoró alrededor de medio día ya que el equipo debe quedar bien cargado y sellado de manera que no entre aire al equipo, lo cual puede comprometer su funcionamiento. Esto es debido a que el refrigerante no puede mezclarse con la humedad que el aire posee, interfiriendo en el ciclo de refrigeración.

Debido a esto, y como una precaución extra, se instaló un filtro deshidratador a la salida del condensador. Este consiste de un tubo relleno de silica gel para extraer trazas de humedad del refrigerante. Una vez cargado el compresor, se dieron los acabados finales al equipo.

3.5 Pintura del equipo

Para que el equipo no parezca viejo y usado, le dimos una mano de pintura a la carcasa y algunas piezas del acondicionador de aire. Las piezas que se pintaron fueron el motor, el condensador y el evaporador, así como la carcasa exterior.

3.6 Instalación eléctrica y control universal

Mientras secaba la mano de pintura del equipo, proseguimos con reemplazar la instalación eléctrica antigua, reemplazándola con el kit de panel que vino con el equipo de control remoto.

El acondicionador de aire funcionaba con un sensor de bulbo y perillas, por lo que el sensor del bulbo fue conectado al nuevo sistema de cableado y al circuito del panel del control. Este es el que va a ayudar a controlar la temperatura en el equipo. El panel también va conectado al paso de corriente, el cual da pasó de energía para activar o apagar el compresor. De esta manera las funciones principales del aire van a ser completamente manejadas por el control remoto.

3.7 Finalización de la construcción

Una vez listo el equipo y antes de volver a colocar la carcasa, se colocó un filtro de polvo del lado del evaporador. En el filtro también se colocó un sensor, el cual es el que va a receptar la señal del control remoto.

Una vez armado el equipo se corrió una prueba para observar el funcionamiento del equipo.

La prueba fue satisfactoria ya que el equipo funcionó sin problemas por un intervalo de 20 minutos al aire libre.

Ya listo el equipo se lo embolsó para su posterior transporte al laboratorio.

CAPÍTULO 4: COTIZACIÓN DE MATERIALES Y COSTO TOTAL DEL PROYECTO

Para este proyecto integrador se procedió a cotizar y respectivamente adquirir los materiales necesarios para la construcción del acondicionador de aire. Adjuntamente se considera toda la mano de obra utilizada en la construcción y adecuación del habitáculo para la instalación del equipo. Los costos se detallan en la siguiente tabla:

Materiales	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Unidad Acondicionadora de Aire de segunda mano	1	\$450.00	\$450.00
Evaporador de 3/8" 24000 BTU	1	\$90.00	\$90.00
Condensador de 5/16" para equipo de 24000 BTU	1	\$90.00	\$90.00
Compresor de 2.3 HP + Válvula de expansión	1	\$170.00	\$170.00
Control remoto universal + Micro Computer	1	\$17.36	\$17.36
Válvula de carga de ¼"	2	\$0.64	\$1.28
Válvula check	1	\$3.19	\$3.19
Varilla de plata al 5%	4	\$1.32	\$5.28
1 Kilo de gas R 141B	1	\$17.95	\$17.95
Válvula para gas de limpieza	1	\$5.59	\$5.59
Bombona de 25 Lbs gas R417A	1	\$62.86	\$62.86
Extractor de Aire de 8" para pared	2	\$18.00	\$36.00
Cable flexible del No. 12	2 mts	\$0.45	\$0.90
Terminales ojo amarillo para cable No. 12	20	\$0.15	\$3.00
Cable gemelo del No. 12	15 mts	\$1.05	\$15.75
Canaleta	1	\$0.81	\$0.81
Par de Pie de Amigo	1	\$21.00	\$21.00
Taco Fischer x 4	2	\$0.31	\$0.62
Perno de 10mm x2	4	\$0.40	\$1.60
Broca para concreto	1	\$2.94	\$2.94
		Total	\$996.13

Tabla 15.- Cotización de materiales de construcción e instalación

Fuente: Corporación El Rosado S.A, Ferretería León, Almacén Frío Americano, FrioRecord S.A.

Descripción	Costo
Mano de Obra construcción del aire	\$350
Mano de Obra instalación eléctrica	\$90
Mano de Obra Albañil y pintura	\$250
TOTAL	\$690

Tabla 16.- Costo de Mano de Obra

Fuente: Juan Pablo Clavijo

La suma total del proyecto comprende los gastos de mano de obra y materiales, lo cual suma la cantidad de: **\$ 1686.13** Dólares de los Estados Unidos de América.

CAPÍTULO 5: INSTALACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

5.1 Diseño de la instalación

El Aire acondicionado está diseñado para enfriar las dos habitaciones que comprende el laboratorio de Bioprocesos. Pero por sí solo, el aire no puede climatizar ambas habitaciones debido a la separación que existe entre ambas.

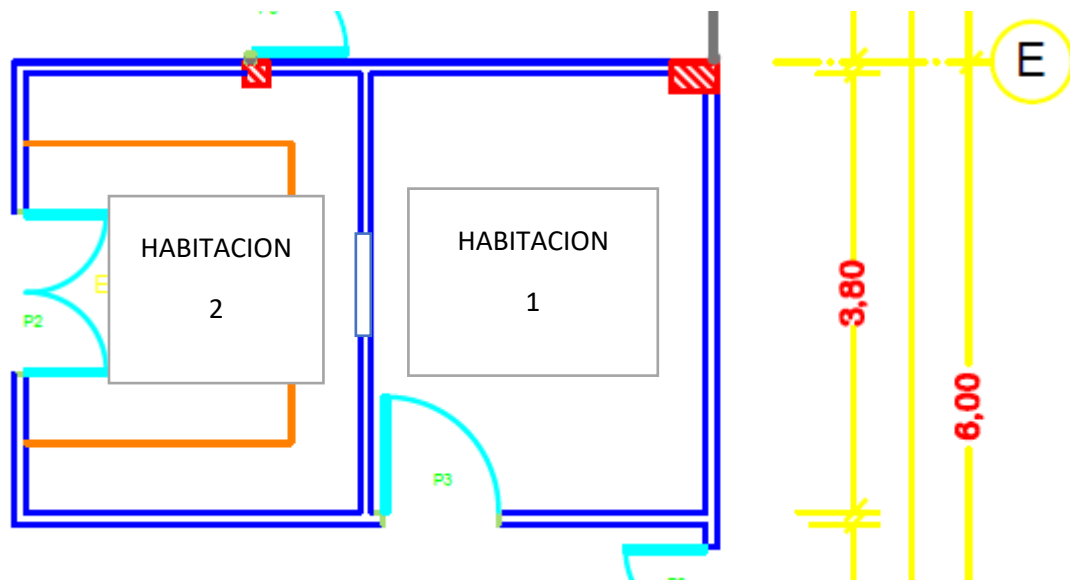


Ilustración 26.- Área que comprende el laboratorio de Bioprocesos

Fuente: Planos arquitectónicos del LOPU

Ambas habitaciones se encuentran actualmente divididas por una puerta divisoria, mientras las puertas de la habitación 2 se encuentran selladas e inutilizables, pudiendo solo ingresar a la habitación 2 por medio de la habitación 1.

El equipo solo puede ser instalado en la habitación 1, ya que es la única habitación que cumple con los requisitos para la instalación de un aire de ventana. El equipo será instalado en la esquina superior derecha en la pared que da al exterior.

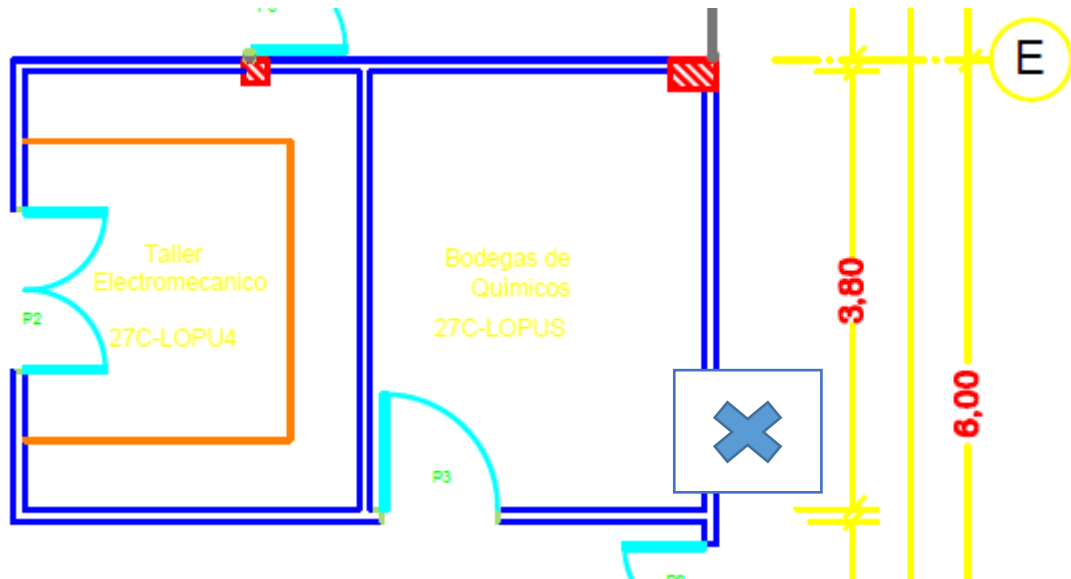


Ilustración 27.- Ubicación del Equipo

Fuente: Planos arquitectónicos del LOPU

Como se puede observar, con la instalación actual el aire enfriaría solo la habitación 1. Por lo cual se requiere de un medio para poder permitir el paso del aire climatizado a la 2da habitación.

De esta manera, se ha ideado una instalación que consiste en la instalación de 2 extractores que permiten el flujo de aire entre las dos habitaciones y promueven la circulación del aire climatizado. Con esto resolvemos el dilema de climatización de las dos habitaciones separadas.

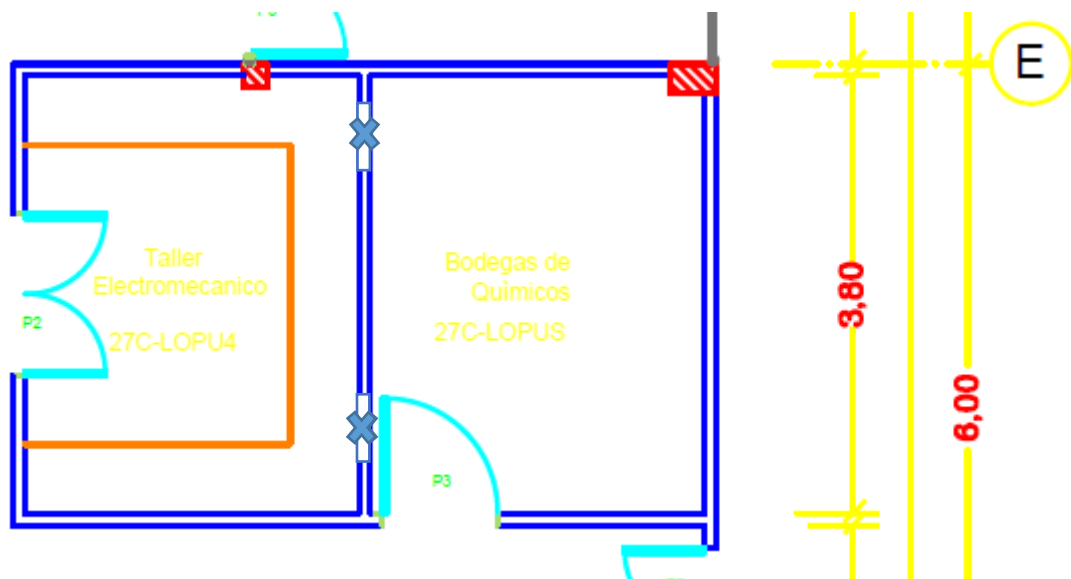


Ilustración 28.- Ubicación de extractores

Fuente: Planos arquitectónicos del LOPU

5.2 Construcción y enlucido de boquetes para Aire y extractores

Inicialmente, el laboratorio no se encuentra apto para la instalación del equipo, por lo que se procedió a la construcción de los respectivos boquetes para la instalación de los equipos.

Cómo el laboratorio cuenta con equipos instalados y funcionando, se envolvieron con plástico para protegerlos del polvo de la construcción.



Ilustración 29.- Recubrimiento con plástico de los equipos del laboratorio

Fuente: Juan Pablo Clavijo

Una vez forrado todos los equipos, empezamos con la toma de medidas para la elaboración de los respectivos boquetes. El Boquete para el aire debe tener 1 cm adicional tanto de largo como de ancho para que el equipo pueda entrar con facilidad y sin estropearse. Hicimos uso de un nivel para diseñar el boquete que construimos. Lo mismo se hizo con el boquete de los dos extractores. Muy importante fue que los extractores quedaran al mismo nivel, y que cada uno de ellos se encuentre a una distancia de entre 20-30 cm a la otra pared.



Ilustración 30.- Toma de medidas para los boquetes

Fuente: Juan Pablo Clavijo

Una vez tomada las medidas, empezamos a picar la pared para elaborar el boquete.



Ilustración 31.- Elaboración del boquete del aire

Fuente: Juan Pablo Clavijo

Una vez listo el boquete, se procedió a enlucirlo y darle el acabado necesario para que entre el equipo con facilidad.



Ilustración 32.- Enlucimiento de Boquete del aire acondicionado

Fuente: Juan Pablo Clavijo

Terminado con el boquete del aire acondicionado, se procedieron con los boquetes de los extractores. Se realizó el mismo procedimiento que con el boquete del Aire Acondicionado. Se midió el tamaño del hueco y se procedió a picar. Como los huecos se realizaron en el interior del laboratorio, este trabajo se realizó con mayor cuidado que el del boquete del aire acondicionado.



Ilustración 33.- Elaboración de boquete para extractor

Fuente: Juan Pablo Clavijo

Se dejó reposar un día para que el cemento seque completamente y pueda resistir la instalación del equipo. Una vez seco todo, se procedió a sellar y luego pintar. Nuevamente este trabajo tomo un día más para permitir que la pintura seque completamente.

Concluido este trabajo se procedió a colocar los equipos en los boquetes.



Ilustración 34.- Boquetes enlucidos y pintados

Fuente: Juan Pablo Clavijo

5.3 Instalación del sistema eléctrico

Antes de instalar el aire, se colocó un punto eléctrico de 220 V cerca del aire acondicionado para que pueda funcionar sin problemas.

Antes de comenzar la instalación, se realizó una inspección al panel de breakers de todo el laboratorio.



Ilustración 35.- Revisión del panel de breakers

Fuente: Juan Pablo Clavijo

La inspección sacó a relucir un problema para la instalación. El panel de breakers estaba completamente lleno, por lo que no se podía instalar un breaker específico para el punto eléctrico.

La solución planteada para el dilema fue colocar el breaker junto al punto eléctrico que se instaló en el laboratorio.

Una vez decidido como iba a ser la instalación, se realizó una conexión directa de la caja de breakers, y se mandaron cables para los 3 equipos. Un cable con corriente de 220 V para el aire, y 2 cables con corriente de 110 V para los extractores.



Ilustración 36.- Cable de corriente para la instalación del aire acondicionado

Fuente: Juan Pablo Clavijo



Ilustración 37.- Cable de corriente para los extractores

Fuente: Juan Pablo Clavijo

Después de pasar el cable de corriente, se instaló el punto de 220 V y junto al punto eléctrico se instaló un breaker para controlar la corriente del aire acondicionado.



Ilustración 38.- Punto eléctrico de 220V y breaker

Fuente: Juan Pablo Clavijo

Lo último que se realizó fue instalar un switch que activa los extractores. Este switch se colocó del lado de la habitación 2. Esta decisión se realizó debido a que la habitación 2 requiere estar a 35°C por trabajos realizados en el laboratorio. Una vez realizada toda la conexión se realizó una breve prueba para ver si todo funcionaba correctamente.



Ilustración 39.- Instalación del switch de los extractores

Fuente: Juan Pablo Clavijo

5.4 Instalación del aire acondicionado de ventana

Una vez adecuado el laboratorio, con mucho cuidado se subió el equipo al boquete y se conectó el equipo al punto eléctrico instalado.



Ilustración 40.- Instalación del equipo

Fuente: Juan Pablo Clavijo

Para que todo el peso del equipo no recaiga sobre la pared, se procedió a instalar unos soportes o Pie de amigo, los cuales ayudan a sostener el peso del aire acondicionado. El equipo queda con una inclinación mínima de 5mm la cual favorece que el condensado ruede fácilmente hacia el exterior.



Ilustración 41.- Instalación de soportes

Fuente: Juan Pablo Clavijo

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- La capacidad de remoción de calor (24000 BTU) que posee el aire acondicionado es más que suficiente para abastecer las dos habitaciones, ya que después de un minuto de estar en funcionamiento, la habitación 1 ya se encontraba completamente climatizada.
- Con el método elegido para climatizar los dos ambientes, la primera habitación siempre se va a encontrar a menor temperatura que la habitación 2. Esto debido a que la segunda habitación solo se encuentra recirculando aire entre los dos ambientes en vez de recibir aire frío directo del equipo.
- El sistema de climatización construido es el más óptimo para el laboratorio ya que cumple con los requisitos que exigía el personal que labora en el mismo. Estos pueden controlar el flujo de aire entre las habitaciones como crean conveniente, permitiendo que la habitación 2 se pueda mantener a 35°C.
- El refrigerante utilizado es óptimo para el pequeño espacio debido a que cualquier fuga de gas, no va a perjudicar a las personas que trabajan dentro del laboratorio.
- Al adjuntar una pequeña placa con el ciclo de refrigeración del aire y el diagrama PvsH del refrigerante, se puede realizar efectivamente una práctica sobre los ciclos de refrigeración como se había propuesto en los objetivos del proyecto.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda dar mantenimiento al equipo solo cuando sea necesario, o en un lapso de 6 meses como mínimo. Esto ayudará a optimizar el tiempo de vida útil del equipo.
- No dejar encendido el equipo por largos períodos de tiempo. Puede ser un equipo eficiente, pero sigue siendo un equipo con la mayoría de sus partes recicladas. El abuso del equipo puede deteriorar más rápidamente el equipo.
- Tampoco utilizar el equipo durante largos períodos de tiempo, ya que es un equipo de gran capacidad y antiguo, el consumo de energía eléctrica por parte del equipo puede ser elevado.
- Al momento de realizar el mantenimiento del equipo, se recomienda solo limpiar el filtro y las partes que requiera el equipo. La acumulación de polvo en el equipo impide el flujo normal de aire hacia dentro del aire, lo cual impide el correcto flujo de intercambio de calor, y por ende hace que el equipo empiece a escarcharse.
- El equipo es extremadamente pesado, en caso de necesitar desmontar el equipo para su respectivo mantenimiento se recomienda la participación de 4 personas como mínimo para que ayuden a desmontar el equipo.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Yunes A. Cengel, Michael A. Boles. *Termodinámica*. Editorial McGraw Hill/Interamericana de México, 7ma edición, (2011), págs. 642 - 651, 656 - 658
- 2.- M.J. Morán, H.N. Shapiro. *Termodinámica Técnica*. Editorial Reverté S.A., Primer Tomo, págs. 1 - 26
- 3.- Donald Q. Kern. *Transferencia de Calor*. Compañía Editorial Continental S.A. de México, 31 reimpresión, (1999), págs. 148 – 152
- 4.- Enderica N. *Diseño de un sistema de climatización para la clínica-hospital Esperanza de la ciudad de Machala*. Universidad Politécnica Salesiana, (2011).
- 5.- Muñoz E., Vélez I. *Diseño de sistemas mecánicos de climatización y cámaras frías para zonas críticas en hospitales y clínicas*. Universidad Politécnica Salesiana, (2015).
- 6.- Edward G. Pita. *Acondicionamiento de Aire*. Cálculo de Cargas de Enfriamiento, (1994), págs. 131 - 163
- 7.- Angel L. Miranda. *Nueva Enciclopedia de la Climatización*. Ediciones CEAC, (2011), págs. 9 – 21, 42 - 54, 79 – 88.
- 8.- Colocho N., Daza P., Guzmán M., Brito E. *Manual básico de sistemas de aires acondicionados y extracción mecánica de uso en arquitectura*. Universidad Dr. José Matías Delgado, Seminario de Investigación, (2011), págs. 28 – 44.
- 9.- Coronel Juan F. *Evaporadores, Condensadores*, Universidad de Sevilla, Dpto. de Ingeniería Energética, págs. 34 – 57
- 10.- *Instalaciones Frigoríficas y de Climatización, Evaporadores*. Universidad Miguel Hernández, Dpto. de Ingeniería en Sistemas Industriales. World Wide Web.<http://documents.tips/documents/evaporadores-5584565097327.html#>
- 11.- El Aire Acondicionado (Homepage). World Wide Web (consultado el día 30 de Agosto del 2016).
<http://www.elaireacondicionado.com/articulos/historia-del-aire-acondicionado>

ANEXOS

ANEXO 1: Tablas de cargas de enfriamiento
Coeficientes Globales de transferencia de calor.

Grupo No.	Descripción de la construcción	Peso, lb/ft ²	Valor de U, BTU/(h-ft ² -°F)	Capacidad calorífica, BTU/(ft ² -°F)
Ladrillo de vista de 4 in + (Ladrillo)				
	C Espacio de aire + ladrillo de vista de 3 in	83	0.358	18.3
	D Ladrillo común de 4 in	90	0.415	18.4
	C Aislamiento de 1 in o espacio de aire + ladrillo común de 4 in	90	0.174-0.301	18.4
	B Aislamiento de 2 in + ladrillo común de 4 in	88	0.111	18.5
	B Ladrillo común de 8 in	130	0.302	26.4
	A Aislamiento o espacio de aire + ladrillo común de 8 in	130	0.154-0.243	26.4
Ladrillo de vista de 4 in + (Concreto pesado)				
	C Espacio de aire + concreto de 2 in	94	0.350	19.7
	B Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	97	0.116	19.8
	A Espacio de aire o aislamiento + concreto de 8 in o más	143-190	0.110-0.112	29.1-38.4
Ladrillo de vista de 4 in + (bloque de concreto ligero o pesado)				
	E Bloque de 4 in	62	0.319	12.9
	D Espacio de aire o aislamiento + bloque de 4 in	62	0.153-0.246	12.9
	D Bloque de 8 in	70	0.274	15.1
	C Espacio de aire o aislamiento de 1 in + bloque de 6 u 8 in	73-89	0.221-0.275	15.5-18.5
	B Aislamiento de 2 in + bloque de 8 in	89	0.096-0.107	15.5-18.6
Ladrillo de vista de 4 in + (azulejo de barro)				
	D Azulejo de 4 in	71	0.381	15.1
	D Espacio de aire + azulejo de 4 in	71	0.281	15.1
	C Aislamiento + azulejo de 4 in	71	0.169	15.1
	C Azulejo de 8 in	96	0.275	19.7
	B Espacio de aire o aislamiento de 1 in + azulejo de 8 in	96	0.142-0.221	19.7
	A Aislamiento de 2 in + azulejo de 8 in	97	0.097	19.8
Pared de concreto pesado + (acabado)				
	E Concreto de 4 in	63	0.585	12.5
	D Concreto de 4 in + aislamiento de 1 o 2 in	63	0.119-0.200	12.5
	C Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	63	0.119	12.7
	C Concreto de 8 in	109	0.490	21.9
	B concreto de 8 in + aislamiento de 1 o 2 in	110	0.115-0.187	22.0
	A Aislamiento de 2 in + concreto de 8 in	110	0.115	21.9
	E Concreto de 12 in	156	0.421	31.2
	A Concreto de 12 in + aislamiento	156	0.113	31.3
Bloque de concreto ligero y pesado + (acabado)				
	F Bloque de 4 in + espacio de aire o aislamiento	29-36	0.161-0.263	5.7-7.2
	E Aislamiento de 2 in + bloque de 4 in	29-37	0.105-0.114	5.8-7.3
	E Bloque de 8 in	41-57	0.294-0.402	6.3-11.3
	D Concreto de 8 in + espacio de aire o aislamiento	41-57	0.149-0.173	8.3-11.3
Azulejo de barro + (acabado)				
	F Azulejo de 4 in	39	0.419	7.8
	F Azulejo de 4 in + espacio de aire	39	0.303	7.8
	E Azulejo de 4 in + aislamiento de 1 in	39	0.175	7.9
	D Aislamiento de 2 in + azulejo de 4 in	40	0.110	7.9
	D Azulejo de 8 in	63	0.296	12.5
	C Azulejo de 8 in + espacio de aire o aislamiento de 1 in	63	0.151-0.231	12.6
	B Aislamiento de 2 in + azulejo de 8 in	63	0.099	12.6
Pared de lámina (cortina metálica)				
	G Con o sin espacio de aire + 1, 2 o 3 in de aislamiento	5-6	0.091-0.230	0.7
Pared de bastidor				
	G Aislamiento de 1 a 3 in	16	0.081-0.178	3.2

Reproducido con permiso de 1985 *Fundamentals ASHRAE Handbook & Product Directory*

Tabla 17.- Coeficiente global (U) para paredes de construcción

Techo No.	Descripción de la construcción	Hora Peso, lb/ft ²	Valor de U, BTU/h Ft ² ·°F	Hora solar, h																							
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Sin cielo raso suspendido																											
1.	Lámina de metal con aislamiento de 1 o 2 in	7 (8)	0.213 (0.124)	1	-2	-3	-3	-5	-3	6	19	34	49	61	71	78	79	77	70	59	45	30	18	12	8	5	3
2.	Madera de 1 in con aislamiento de 1 in	8	0.170	6	3	0	-1	-3	-3	-2	4	14	27	39	52	62	70	74	74	70	62	51	38	28	20	14	9
3.	Concreto ligero de 4 in	18	0.213	9	5	2	0	-2	-3	-3	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	66	57	45	34	25	18	13
4.	Concreto pesado de 1 a 2 in con aislamiento de 2 in	29	0.206 (0.122)	12	8	5	3	0	-1	-1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	66	62	54	45	36	29	22	17
5.	Madera de 1 in con aislamiento de 2 in	19	0.109	3	0	-3	-4	-5	-7	-6	-3	5	16	27	39	49	57	63	64	62	57	48	37	26	18	11	7
6.	Concreto ligero de 6 in	24	0.158	22	17	13	9	6	3	1	1	3	7	15	23	33	43	51	58	62	64	62	57	50	42	35	28
7.	Madera de 2.5 in con con aislamiento de 1 in	13	0.130	29	24	20	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	55	56	54	49	44	39	34
8.	Concreto ligero de 8 in	31	0.126	35	30	26	22	18	14	11	9	7	7	9	13	19	25	33	39	46	50	53	54	53	49	45	40
9.	Concreto pesado de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	52 (52)	0.200 (0.120)	25	22	18	15	12	9	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	53	52	48	43	38	34	30
10.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 2 in	13	0.093	30	26	23	19	16	13	10	9	8	9	13	17	23	29	36	41	46	49	51	50	47	43	39	35
11.	Sistema de terrazas de techo	75	0.106	34	31	28	25	22	19	16	14	13	13	15	18	22	26	31	36	40	44	45	46	45	43	40	37
12.	Concreto pesado de 6 in con aislamiento de 1 o 2 in	75 (75)	0.192 (0.117)	31	28	25	22	20	17	15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	42	40	37	34
13.	Madera de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	17 (18)	0.106 (0.078)	38	36	33	30	28	25	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	39	41	43	43	42	40
Con cielo raso suspendido																											
1.	Lámina de acero con aislamiento de 1 o 2 in	9 (10)	0.134 (0.092)	2	0	-2	-3	-4	-4	-1	9	23	37	50	62	71	77	78	74	67	56	42	28	18	12	8	5
2.	Madera de 1 in con aislamiento de 1 in	10	0.115	20	15	11	8	5	3	2	3	7	13	21	30	40	48	55	60	62	58	51	44	37	30	37	25
3.	Concreto ligero de 4 in	20	0.134	19	14	10	7	4	2	0	0	4	10	19	29	39	48	56	62	65	64	61	54	46	38	30	24
4.	Concreto pesado de 2 in con aislamiento de 1 in	30	0.131	28	25	23	20	17	15	13	13	14	16	20	25	30	35	39	43	46	47	46	44	41	38	35	32
5.	Madera de 1 in con aislamiento de 2 in	10	0.083	25	20	16	13	10	7	5	5	7	12	18	25	33	41	48	53	57	57	56	52	46	40	34	29
6.	Concreto ligero de 6 in	26	0.109	32	28	23	19	16	13	10	8	7	8	11	16	22	29	36	42	48	52	54	54	51	47	42	37
7.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 1 in	15	0.096	34	31	29	26	23	21	18	16	15	15	16	18	21	25	30	34	38	41	43	44	44	42	40	37
8.	Concreto ligero de 8 in	33	0.093	39	36	33	29	26	23	20	18	15	14	14	15	17	20	25	29	34	38	42	45	46	45	44	42
9.	Concreto pesado de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	53 (54)	0.128 (0.090)	30	29	27	26	24	22	21	20	20	21	22	24	27	29	32	34	36	38	38	38	37	36	34	33
10.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 2 in	15	0.072	35	33	30	28	26	24	22	20	18	18	18	20	22	25	28	32	35	38	40	41	41	40	39	37
11.	Sistema de terrazas de techo	77	0.082	30	29	28	27	26	25	24	23	22	22	22	23	23	25	26	28	29	31	32	33	33	33	33	32
12.	Concreto pesado con aislamiento de 1 a 2 in	77 (77)	0.125 (0.088)	29	28	27	26	25	24	23	22	21	21	22	23	25	26	28	30	32	33	34	34	34	33	32	31
13.	Madera de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	19 (20)	0.082 (0.064)	35	34	33	32	31	29	27	26	24	23	22	21	22	22	24	25	27	30	32	34	35	36	37	36

Reproducido con permiso del 1985 Fundamentals ASHRAE Handbook & Product Directory.

Tabla 18.- Coeficiente global (U) para techos

Paneles verticales (ventanas exteriores, puertas corredizas de vidrio y particiones) vidrio plano, tragaluz y lámina de plástico				Paneles horizontales — vidrio plano, tragaluz y domos de plástico			
Descripción	Exterior			Descripción	Exterior		
	Invierno	Verano	Interior		Invierno	Verano	Interior
Vidrio plano vidrio sencillo	1.10	1.04	0.73	Vidrio plano vidrio sencillo	1.23	0.83	0.66
vidrio aislante - doble espacio de aire de 1/4"*	0.58	0.61	0.49	vidrio aislante — doble espacio de aire de 1/4"*	0.88	0.54	0.59
espacio de aire de 1/2"	0.49	0.56	0.46	espacio de aire de 1/2"	0.59	0.49	0.56
espacio de aire de 1/2"				espacio de aire de 1/2"			
recubrimiento de baja emisión [†] e = 0.20	0.32	0.38	0.32	recubrimiento de baja emisión [†] e = 0.20	0.48	0.38	0.39
e = 0.40	0.38	0.45	0.38	e = 0.40	0.42	0.42	0.45
e = 0.60	0.43	0.51	0.42	e = 0.60	0.58	0.48	0.50
Vidrio aislante - triple [‡] Espacio de aire de 1/4"*	0.39	0.44	0.38	Tragaluz* 11 x 11 x 3 in espesor con divisor de cavidad	0.53	0.35	0.44
espacio de aire de 1/2"	0.31	0.39	0.30	12 x 12 x 4 in espesor con divisor de cavidad	0.51	0.34	0.42
ventanas dobles				Domos de plástico [§] de pared sencilla	1.15	0.60	--
espacio de aire de 1" x 4"	0.50	0.50	0.44	de pared doble	0.70	0.48	--
Lámina de plástico sencilla				Factores de ajuste para paneles verticales y horizontales			
1/8" espesor	1.00	0.99	--	Descripción			
1/4" espesor	0.96	0.89	--	Vidrio sencillo	Vidrio doble o triple	Ventanas dobles	
1/2" espesor	0.81	0.76	--	Ventanas Todas de vidrio	1.00	1.00	1.00
unidad aislante - doble espacio de aire de 1/4"*	0.55	0.56	--	Marco de madera - 80% vidrio	0.90	0.95	0.90
espacio de aire de 1/2"	0.43	0.45	--	Marco de madera - 60% vidrio	0.80	0.85	0.80
Tragaluz* 6 x 6 x 4 in espesor	0.60	0.57	0.48	Marco de metal - 80% vidrio	1.00	1.20 [¶]	1.20 [¶]
8 x 8 x 4 in espesor	0.56	0.54	0.44	Ventanas y puertas corredizas de vidrio	0.95	1.00	--
— con divisor del hueco	0.40	0.45	0.38	Marco de madera	1.00	1.10 [¶]	--
12 x 12 x 4 in espesor	0.52	0.50	0.41	Marco de metal			
— con divisor del hueco	0.44	0.42	0.36				
12 x 12 x 2 in espesor	0.60	0.57	0.46				

Tabla 19.- Coeficiente global (U) vidrios y estructura

Construcción	Valor de U en BTU/h-ft ² -°F	
	Verano	Invierno
TECHO - CIELO RASO (techo inclinado, marco de madera, cielo terminado en largueros) Sin aislamiento Aislamiento R-19 (5 1/2 a 6 1/2 in)	.29 .05	.29 .05
TECHO-TAPANCO-CIELO RASO (tapanco con ventilación natural) Sin aislamiento Aislamiento R-19 (5 1/2 a 6 1/2 in)	.15 .04	.29 .05
PISOS		
Piso sobre espacio no acondicionado, sin cielo raso Marco de madera: Sin aislamiento Aislamiento R-7 (2 a 2 1/2 in)	.33 .08	.27 .08
Cubierta de concreto: Sin aislamiento Aislamiento R-7	.58 .10	.43 .09
PUEERTAS		
Madera maciza: de 1 in de espesor de 1 1/2 in de espesor de 2 in de espesor	.61 .47 .42	.64 .49 .43
Aceros: de 1 1/2 in de espesor con relleno de lana mineral de 1 1/2 in de espesor con relleno de poliestireno de 1 1/2 in de espesor con relleno de espuma de uretano	.58 .46 .39	.59 .47 .40

Tabla 20.- Coeficiente global (U) para pisos y puertas

Tablas para cálculo de DTCE

	Hora solar, h																								Hora de la DTCE máxima	DTCE mínima	DTCE máxima	Diferencia de DTCE	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24					
Latitud norte, orientación de pared	Paredes grupo A																												
	N	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	2	10	14	4
	NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	15	16	16	17	18	18	18	19	19	20	20	20	20	22	15	20	5
	E	24	24	23	23	22	21	20	19	19	18	19	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25	25	25	22	18	25	7
	SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	24	24	24	24	24	24	22	18	24	6
	S	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	20	23	14	20	6
	SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	17	17	18	19	20	22	23	24	25	25	24	17	25	8
	W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	18	18	18	19	20	22	23	25	26	26	1	18	27	9
NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	15	16	17	18	19	20	21	21	1	14	21	7	
	Paredes grupo B																												
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	8	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15	15	24	8	15	7	
NE	19	18	17	16	15	14	13	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	20	20	21	12	21	9	
E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	26	26	25	24	20	15	27	12	
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	25	24	21	14	26	12	
S	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	22	21	23	11	22	11	
SW	27	26	25	24	22	21	19	18	16	15	14	13	13	14	15	17	20	22	25	27	28	28	28	28	24	13	28	15	
W	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	14	15	17	19	22	25	27	29	29	30	24	14	30	16	
NW	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	12	11	12	12	13	15	17	19	21	22	23	23	24	11	23	12	
	Paredes grupo C																												
N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17	17	16	22	7	17	10	
NE	19	17	16	14	13	11	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	22	23	23	23	22	21	20	20	20	10	23	13	
E	22	21	19	17	15	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	29	30	30	30	29	28	27	26	24	18	12	30	18	
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29	28	27	26	24	24	19	12	29	17	
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26	25	25	24	22	20	9	26	17	
SW	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	11	13	15	18	22	26	29	32	33	33	32	31	22	11	33	22	
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	29	32	35	35	33	33	22	12	35	23	
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	26	26	22	10	27	17	
	Paredes grupo D																												
N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	7	8	8	10	12	13	15	17	18	19	19	18	-16	21	6	19	13	
NE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25	25	24	23	22	20	18	19	7	25	18	
E	19	17	15	13	11	9	8	9	12	17	22	27	30	32	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22	16	8	33	25	
SE	20	17	15	13	11	10	8	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	31	30	28	26	24	22	17	8	32	24	
S	19	17	15	13	11	9	8	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	27	26	24	22	22	19	6	30	23	
SW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	37	34	31	31	21	8	38	30	
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34	21	9	41	32	
NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	32	30	27	22	7	32	25	
	Paredes grupo E																												
N	12	10	8	7	5	4	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	19	20	21	23	20	18	16	14	20	3	22	19	
NE	13	11	9	7	6	4	3	4	5	9	15	20	24	25	26	26	26	26	25	24	22	19	17	15	16	4	26	22	
E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17	13	5	38	33	
SE	15	12	10	8	7	5	5	8	12	19	25	31	35	37	37	36	34	33	31	28	26	23	20	17	15	5	37	32	
S	15	12	10	8	7	5	4	3	4	5	9	13	19	24	29	32	34	33	31	29	26	23	20	17	17	3	34	31	
SW	22	18	15	12	10	8	6	5	5	6	7	9	12	18	24	32	38	43	45	44	40	35	30	26	19	5	45	40	
W	26	21	17	14	11	9	7	6	6	6	7	9	11	14	20	27	36	43	49	49	45	40	34	29	20	6	49	43	
NW	20	17	14	11	9	7	6	5	5	5	6	8	10	13	16	20	26	32	37	38	36	32	28	24	20	5	38	35	
	Paredes grupo F																												
N	8	6	5	3	2	1	2	4	6	7	9	11	14	17	19	21	22	23	24	23	20	16	13	11	19	1	24	23	
NE	9	7	5	3	2	1	5	14	23	28	30	29	28	27	27	27	27	26	24	22	19	16	13	11	11	1	30	29	
E	10	7	6	4	3	2	6	17	28	38	44	45	43	39	36	34	32	30	27	24	21	17	15	12	12	2	45	43	
SE	10	7	6	4	3	2	4	10	19	28	36	41	43	42	39	36	34	31	28	25	21	18	15	12	13	2	43	41	
S	10	8	6	4	3	2	1	3	7	13	20	27	34	38	39	38	35	31	26	22	18	15	12	16	1	39	38		
SW	15	11	9	6	5	3	2	4	5	8	11	17	26	35	44	50	53	52	45	37	28	23	18	18	2	53	51		
W	17	13	10	7	5	4	3	4	6	8	11	14	20	28	39	49	57	60	54	43	34	27	21	19	3	60	57		
NW	14	10	8	6	4	3	2	2	3	5	8	10	13	15	21	27	35	42	46	43	35	28	22	18	19	2	46	44	
	Paredes grupo G																												
N	3	2	1	0	-1	2	7	8	9	12	15	18	21	23	24	24	25	26	22	15	11	9	7	5	18	-1	26	27	
NE	3	2	1	0	-1	9	27	36	39	35	30	26	26	27	27	26	25	22	18	14	11	9	7	5	9	-1	39	40	
E	4	2	1	0	-1	11	31	47	54	55	50	40	33	31	30	29	27	34	19	15	12	10	8	6	10	-1	55	56	
SE	4	2	1	0	-1	5	18	32	42	49	51	48	42	36	32	30	27	34	19	15	12	10	8	6	11	-1	51	52	
S	4	2	1	0	-1	0	1	5	12	22	31	39	45	46	43	37	31	25	20	15	12	10	8	5	14	-1	46	47	
SW	5	4	3	1	0	2	5	8	12	16	26	38	50	59	63	61	52	37	24	17	13	10	8	16	0	63	63		
W	6	5	3	2	1	1	2	5	8	11	15	19	27	41	56	67	72	67	48	29	20	15	11	8	17	1	72	71	
NW	5	3	2	1	0	0	2	5	8	11	15	18	21	27	37	47	55	55	41	25	17	13	10	7	18	0	55	55	

Reproducido con permiso del 1985 *Fundamentals, ASHRAE Handbook & Product Directory.*

Tabla 21.- Valores de DTCE para distintos grupos de paredes

Latitud	Mes	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	S	HORA
0	Dic	-3	-5	-5	-5	-2	-0	3	6	9	-1
	Ene/Nov	-3	-5	-4	-4	-1	-0	2	4	7	-1
	Feb/Oct	-3	-2	-2	-2	-1	-1	0	-1	0	0
	Mar/Sept	-3	0	1	-1	-1	-3	-3	-5	-8	-1
	Abr/Ago	5	4	3	0	-2	-5	-6	-8	-8	-2
	May/Jul	10	7	5	0	-3	-7	-8	-9	-8	-4
	Jun	12	9	5	0	-3	-7	-9	-10	-8	-5
8	Dic	-4	-6	-6	-6	-3	0	4	8	12	-5
	Ene/Nov	-3	-5	-6	-5	-2	0	3	6	10	-4
	Feb/Oct	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-1
	Mar/Sept	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-4	0
	Abr/Ago	2	2	2	0	-1	-4	-5	-7	-7	-1
	May/Jul	7	5	4	0	-2	-5	-7	-9	-7	-2
	Jun	9	6	4	0	-2	-6	-8	-9	-7	-2
16	Dic	-4	-6	-8	-8	-4	-1	4	9	13	-9
	Ene/Nov	-4	-6	-7	-7	-4	-1	4	8	12	-7
	Feb/Oct	-3	-5	-5	-4	-2	0	2	5	7	-4
	Mar/Sept	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	0	0	-1
	Abr/Ago	-1	0	-1	-1	-1	-3	-3	-5	-6	0
	May/Jul	4	3	3	0	-1	-4	-5	-7	-7	0
	Jun	6	4	4	1	-1	-4	-6	-8	-7	0
24	Dic	-5	-7	-9	-10	-7	-3	3	9	13	-13
	Ene/Nov	-4	-6	-8	-9	-6	-3	3	9	13	-11
	Feb/Oct	-4	-5	-6	-6	-3	-1	3	7	10	-7
	Mar/Sept	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-3
	Abr/Ago	-2	-1	0	-1	-1	-2	-1	-2	-3	0
	May/Jul	1	2	2	0	0	-3	-3	-5	-6	1
	Jun	3	3	3	1	0	-3	-4	-6	-6	1
32	Dic	-5	-7	-10	-11	-8	-5	2	9	12	-17
	Ene/Nov	-5	-7	-9	-11	-8	-4	2	9	12	-15
	Feb/Oct	-4	-6	-7	-8	-4	-2	4	8	11	-10
	Mar/Sept	-3	-4	-4	-4	-2	-1	3	5	7	-5
	Abr/Ago	-2	-2	-1	-2	0	-1	0	1	1	-1
	May/Jul	1	1	1	0	0	-1	-1	-3	-3	1
	Jun	1	2	2	1	0	-2	-2	-4	-4	2

Tabla 22.- Valores de LM para cálculo de DTCE

Tablas para cálculo de carga de enfriamiento por radiación

0 Grados										
	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	34	34	88	177	234	254	235	182	118	296
Feb.	36	39	132	205	245	247	210	141	67	306
Mar.	38	87	170	223	242	223	170	87	38	303
Abr.	71	134	193	224	221	184	118	38	37	284
May	113	164	203	218	201	154	80	37	37	265
Jun.	129	173	206	212	191	140	66	37	37	255
Jul.	115	164	201	213	195	149	77	38	38	260
Agos.	75	134	187	216	212	175	112	39	38	276
Sept.	40	84	163	213	231	213	163	84	40	293
Oct.	37	40	129	199	236	238	202	135	66	299
Nov.	35	35	88	175	230	250	230	179	117	293
Dic.	34	34	71	164	226	253	240	196	138	288

Tabla 23.- Valores de FGCS para 0º grados latitud

	Tipo de vidrio	Espesor nominal de cada vidrio claro ^a	Transmisión solar ^b	Sin sombreado interior		Tipo de sombreado interior				
						Persianas venecianas		Persianas enrollables		
				$h_o = 4.0$	Medio	Claro	Opacas	Claro	Translúcidas	
VIDRIO SENCILLO	Sencillo									
	Claro	3/32 a 1/4	0.87-0.80	1.00						
	Claro	1/4 a 1/2	0.80-0.71	0.94						
	Claro	3/8	0.72	0.90	0.64	0.55	0.59	0.25	0.39	
	Claro	1/2	0.67	0.87						
	Claro con figuras	1/8 a 9/32	0.87-0.79	0.83						
	Absorbente de calor, con figuras ^c	1/8		0.83						
	Absorbente de calor ^d	3/16 a 1/4	0.46	0.69						
	Absorbente de calor, con figuras	3/16 a 1/4		0.69	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36	
	Coloreado	1/8 a 7/32	0.59-0.45	0.69						
Absorbente de calor, o con figuras		0.44-0.30	0.60	0.54	0.52	0.40	0.28	0.32		
Absorbente de calor ^e	3/8	0.34	0.60							
Absorbente de calor, o con figuras	1/2	0.44-0.30	0.53	0.42	0.40	0.36	0.28	0.31		
Vidrio recubierto reflector		0.24	0.30	0.25	0.23					
			0.40	0.33	0.29					
			0.50	0.42	0.38					
			0.60	0.50	0.44					
VIDRIO AISLANTE	Doble ^f	3/32, 1/8	0.71 ^g	0.88	0.57	0.51	0.60	0.25	0.37	
	Claro afuera									
	Claro adentro									
	Claro afuera	1/4	0.61 ^g	0.81						
	Claro adentro									
	Absorbente de calor afuera	1/4	0.36 ^g	0.55						
	Claro adentro				0.39	0.36	0.40	0.22	0.30	
Vidrio recubierto reflector				0.19	0.18					
				0.30	0.26					
				0.40	0.33					
Triple										
Claro	1/4		0.71							
Claro	1/8		0.80							

Reproducido con permiso del 1985 Fundamentals, ASHRAE Handbook & Product Directory

Tabla 24.- Tabla de coeficiente de sombreado

Latitud norte. Ventana viendo hacia el	Construcción del recinto	Hora solar, h																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	L	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.33	0.42	0.48	0.56	0.63	0.71	0.76	0.80	0.82	0.82	0.79	0.80	0.84	0.61	0.48	0.38	0.31	0.25	0.20
	M	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.52	0.59	0.65	0.70	0.73	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31	0.27
	H	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.38	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.69	0.72	0.73	0.72	0.70	0.70	0.74	0.57	0.46	0.39	0.34	0.31	0.28
NE	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.23	0.41	0.51	0.51	0.45	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08
	H	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.23	0.37	0.44	0.44	0.39	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
E	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.19	0.37	0.51	0.57	0.57	0.51	0.42	0.36	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.14	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.18	0.33	0.44	0.50	0.51	0.45	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08
	H	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.21	0.34	0.45	0.50	0.49	0.43	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10
SE	L	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.13	0.28	0.43	0.55	0.62	0.63	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.28	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.14	0.26	0.38	0.48	0.54	0.55	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
	H	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.17	0.28	0.40	0.49	0.53	0.53	0.48	0.41	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
S	L	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.09	0.14	0.22	0.34	0.48	0.59	0.65	0.65	0.59	0.50	0.43	0.36	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10
	M	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.36	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14
	H	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.12	0.14	0.17	0.24	0.33	0.43	0.51	0.56	0.55	0.50	0.43	0.38	0.32	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15
SW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.24	0.36	0.49	0.60	0.66	0.66	0.58	0.43	0.33	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.59	0.53	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.25	0.34	0.44	0.52	0.56	0.56	0.49	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17
W	L	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14	0.20	0.32	0.45	0.57	0.64	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.13	0.14	0.15	0.16	0.21	0.30	0.40	0.49	0.54	0.52	0.38	0.30	0.24	0.21	0.18	0.16
NW	L	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.23	0.33	0.47	0.59	0.60	0.43	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.30	0.42	0.51	0.53	0.39	0.32	0.26	0.22	0.19	0.16
	H	0.14	0.12	0.11	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.19	0.19	0.22	0.30	0.41	0.50	0.51	0.36	0.29	0.23	0.20	0.17	0.15
HORA	L	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.07	0.14	0.24	0.36	0.48	0.58	0.66	0.72	0.74	0.73	0.67	0.59	0.47	0.37	0.30	0.24	0.19	0.16	0.13
	M	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.11	0.16	0.24	0.33	0.43	0.52	0.59	0.64	0.67	0.66	0.62	0.55	0.47	0.38	0.32	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.15	0.20	0.27	0.36	0.45	0.52	0.59	0.62	0.64	0.62	0.58	0.51	0.42	0.35	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19

L = construcción ligera: Pared exterior de bastidores, losa de piso de concreto de 2 in, con aprox. 30 lb de material/ft² de piso.
M = Construcción media: Pared exterior de concreto de 4 in, losa de piso de concreto de 4 in, con aprox. 70 lb de material de construcción por ft² de piso.
H = Construcción pesada: Pared exterior de concreto de 6 in, losa de piso de concreto de 6 in, con aprox. 130 lb de material de construcción por ft² de piso.

Tabla 25.- Tabla de FCE para vidrios

Tablas para cálculo de ganancia de calor por persona dentro de una habitación

TABLA 6.11. TASAS DE GANANCIA DE CALOR DEBIDA A LOS OCUPANTES DEL RECINTO ACONDICIONADO*

Actividad	Aplicaciones típicas	Calor total por adulto masculino			calor total ajustado ^b			Calor sensible			Calor latente		
		Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h
Sentado en reposo	Teatro, cine	115	400	100	100	350	90	60	210	55	40	140	30
Sentado, trabajo muy ligero, escritura	Oficinas, hoteles, apartamentos	140	480	120	120	420	105	65	230	55	55	190	50
Sentado, comiendo	Restaurante	150	520	130	170	580 ^c	145	75	255	60	95	325	80
Sentado, trabajo ligero, mecanografía	Oficinas, hoteles, apartamentos	185	640	160	150	510	130	75	255	60	75	255	65
Parado, trabajo ligero o camina despacio	Tiendas minoristas, bancos	235	800	200	185	640	160	90	315	80	95	325	80
Trabajo ligero de banco	Fábricas	255	880	220	230	780	195	100	345	90	130	435	110
Caminando 3 mph trabajo ligero		305	1040	260	305	1040	260	100	345	90	205	695	170
Trabajo con máquinas pesadas	Fábricas	350	1200	300	280	960	240	100	345	90	180	615	150
Boliche		350	1200	300	280	960	240	100	345	90	180	615	150
Baile moderado	Salón de baile	400	1360	340	375	1280	320	120	405	100	255	875	220
Trabajo pesado, trabajo con máquinas pesadas, levantar pesas	Fábricas	470	1600	400	470	1600	400	165	565	140	300	1035	260
Trabajo pesado, ejercicios atléticos	Gimnasios	585	2000	500	525	1800	450	185	635	160	340	1165	290

* Nota: Los valores de la tabla se basan en una temperatura de bulbo seco de 78°F. Para 80°F BS, el calor total queda igual, pero el valor del calor sensible se debe disminuir en aproximadamente 8% y los valores del calor latente se deben aumentar proporcionalmente.

^b La ganancia total ajustada de calor se basa en el porcentaje normal de hombres, mujeres y niños en la aplicación que se menciona, bajo la hipótesis de que la ganancia por mujer adulta representa un 85% de la del hombre adulto, y la de un niño el 75%.

^c Calor total ajustado para comer en un restaurant, que incluye 60 BTU/h del alimento por individuo (30 BTU sensibles y 30 BTU latentes).

^d Para el boliche, se considera una persona por pista tirando y las demás sentadas (400 BTU/h) o paradas y caminando lentamente (970 BTU/h) Reproducido con permiso del 1985 Fundamentals, ASHRAE Handbook & Product Directory.

Tabla 26.- Tabla de ganancia de calor debida a las personas

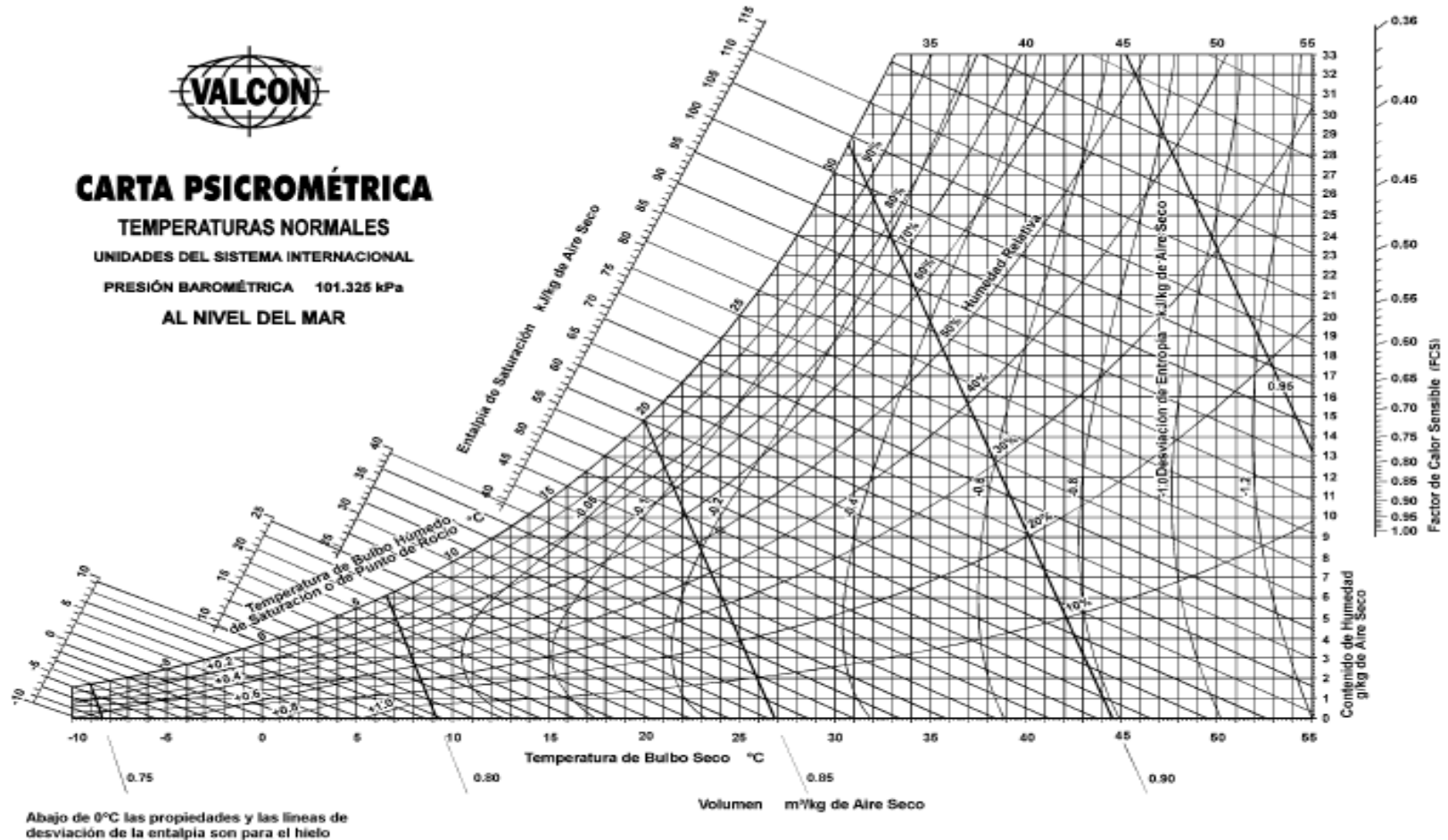
TABLA 6.12. FACTORES DE CALOR SENSIBLE PARA CARGAS DE ENFRIAMIENTO DEBIDO A PERSONAS

Horas totales en el recinto	Horas después de cada entrada al recinto																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2	-0.49	0.58	0.17	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.49	0.59	0.66	0.71	0.27	0.21	0.16	0.14	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01
6	0.50	0.60	0.67	0.72	0.76	0.79	0.34	0.26	0.21	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
8	0.51	0.61	0.67	0.72	0.76	0.80	0.82	0.84	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04
10	0.53	0.62	0.69	0.74	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.42	0.34	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06
12	0.55	0.64	0.70	0.75	0.79	0.81	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.45	0.36	0.30	0.25	0.21	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
14	0.58	0.66	0.72	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.47	0.38	0.31	0.26	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11
16	0.62	0.70	0.75	0.79	0.82	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.49	0.39	0.33	0.28	0.24	0.20	0.18	0.16
18	0.66	0.74	0.79	0.82	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.50	0.40	0.33	0.28	0.24	0.21

Reproducido con permiso de 1985 Fundamentals ASHRAE Handbook & Product Directory.

Tabla 27.-Tabla de FCE para personas

ANEXO 2: Carta Psicrométrica



ANEXO 3: Ficha Técnica R417-A



R-417A (Isceon 59)

Características y aplicaciones

El R-417A es una mezcla no azeotrópica formada por una mezcla ternaria de R-125, R-134a y R-600, que sustituye al R-22, sin efectos frente al ozono. Es compatible con el aceite mineral de la instalación en la mayoría de los casos, por lo que es un sustituto directo del R-22.

La composición de este refrigerante ha sido formulada específicamente para ser empleado en equipos de R-22, sin ninguna modificación del mismo, ya que sus condiciones de trabajo y rendimientos son similares a los del R-22. Además puede emplearse con el mismo aceite mineral del equipo. Para conseguir las máximas prestaciones pueden requerirse ajustes menores en la válvula de expansión. Cuando se emplean dispositivos capilares no se requieren modificaciones en los mismos.

La posibilidad de emplear el lubricante mineral existente en el equipo es particularmente útil en sistemas herméticos, como los de muchas aplicaciones de aire acondicionado, por lo que este refrigerante es particularmente útil.

En sistemas donde el retorno del aceite es un problema potencial, como en el caso de evaporadores inundados o en sistemas donde el acumulador de la línea de succión actúa como un receptor de baja presión se recomienda reemplazarlo por un aceite Poliol éster o PAG.

El R-417A debe transferirse siempre en fase líquida desde la botella. En caso de fuga parcial, el sistema puede ser rellenado con R-417A sin afectar de modo significativo las prestaciones del mismo.

El R-417A no es inflamable y tiene un perfil de toxicidad similar al del R-134a. Su clasificación es A1 grupo L1.



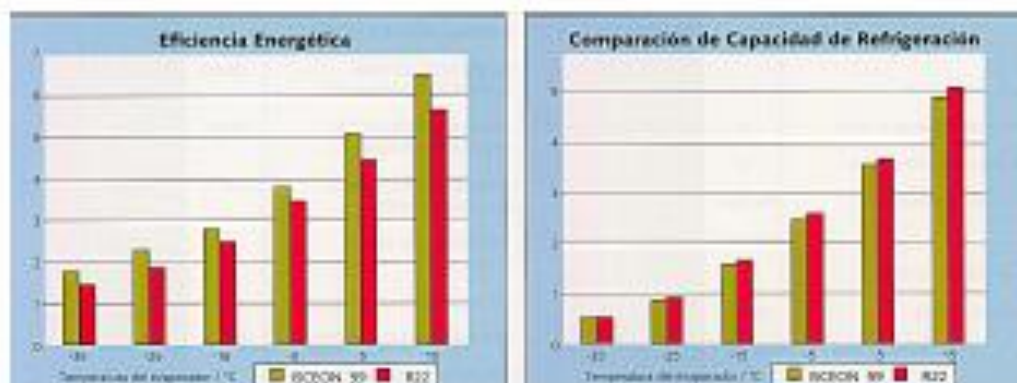
Componentes

Nombre químico	% en peso	Nº. CE
1,1,1,2-Tetrafluoroetano (R-134a)	50	212-377-0
Pentafluoroetano (R-125)	46,6	206-557-8
Butano	3,4	203-448-7

Propiedades físicas

PROPIEDADES FÍSICAS		R-417A (ISCEON 59)	R-22
Peso molecular	(Kg/Kmol)	109	86,5
Temp. de ebullición (a 1,013 bar)	(°C)	-39	-40,8
Presión vapor(25°C)	(bar abs)	9,9	10,4
Temperatura crítica	(°C)	87,1	96,2
Presión crítica	(bar abs)	40,39	49,8
Densidad líquido (25°C)	(Kg/m³)	1150	1193
Densidad del vapor saturado (a 1,013 bar)	(Kg/m³)	5,61	4,7
Deslizamiento temp.	(°C)	5,6	0
Calor específico del líquido (25°C)	(KJ/Kg.K)	1,44	1,26
Calor específico del vapor (25°C) (1 atm.)	(KJ/Kg.K)	0,86	0,68
Capacidad refrigeración	(%)	97	80
Temperatura de descarga	(°C)	-2	0
Inflamabilidad		No	No
Toxicidad	(ppm)	1000	1000
ODP	-	0	0,05
PCA (GWP)	-	2346	1810

Gráficos comparativos del COP y de la Capacidad Frigorífica del R-417A (ISCEON 59) y el R-22.

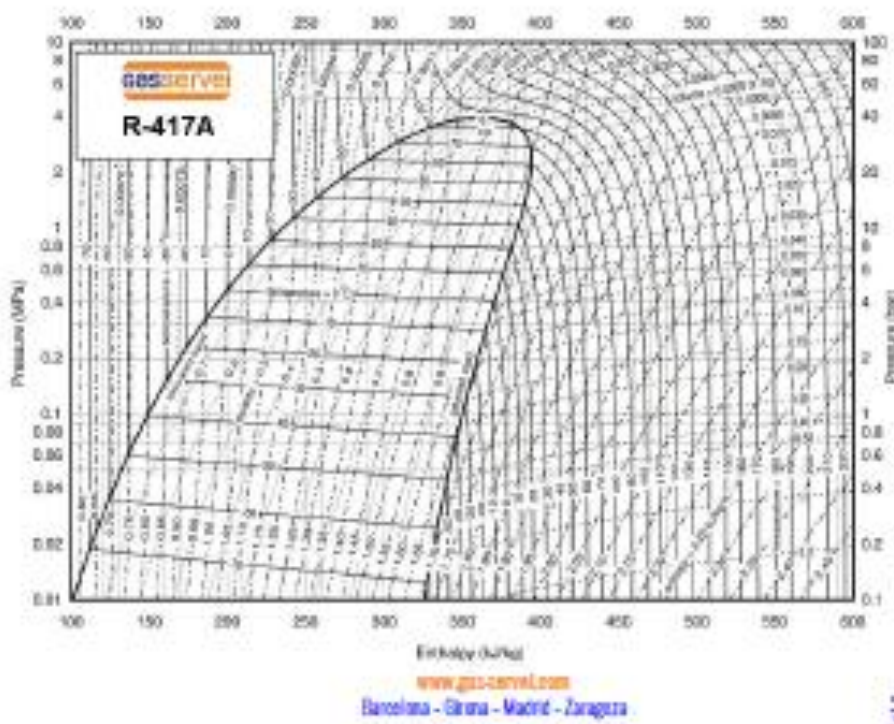


FICHA TÉCNICA
R-417A (Isceon 59)



TEMP. (°C)	PRESION ABSOLUTA (bar)		DENSIDAD (kg/m ³)		ENTALPIA (kJ/kg)		ENTROPIA (kJ/kg.K)	
	BURBUJA	ROCIO	BURBUJA	ROCIO	BURBUJA	ROCIO	BURBUJA	ROCIO
-50	0.59	0.44	1414.20	2.61	135.30	340.40	0.7439	1.6698
-45	0.76	0.58	1398.80	3.38	142.40	343.50	0.7711	1.6630
-40	0.97	0.76	1383.40	4.33	148.50	346.70	0.7979	1.6570
-35	1.22	0.97	1367.80	5.46	154.80	349.80	0.8242	1.6517
-30	1.52	1.23	1351.90	6.82	161.10	352.90	0.8502	1.6471
-25	1.87	1.54	1335.80	8.43	167.40	356.00	0.8758	1.6432
-20	2.29	1.90	1319.40	10.32	173.80	359.10	0.9012	1.6397
-15	2.76	2.33	1302.70	12.54	180.30	362.10	0.9263	1.6366
-10	3.31	2.83	1285.5	15.11	186.80	365.10	0.9511	1.6342
-5	3.94	3.41	1268.00	18.09	193.40	368.00	0.9756	1.6320
0	4.66	4.07	1250.00	21.53	200.00	370.80	1.0000	1.6301
5	5.48	4.83	1231.50	25.46	206.70	373.60	1.0242	1.6284
10	6.40	5.70	1212.40	29.97	213.60	376.30	1.0482	1.6269
15	7.42	6.67	1192.70	35.12	220.50	378.90	1.0722	1.6256
20	8.57	7.76	1172.20	41.07	227.50	381.40	1.0960	1.6243
25	9.85	8.98	1150.90	47.71	234.60	383.80	1.1198	1.6230
30	11.26	10.34	1128.60	55.36	241.90	386.00	1.1435	1.6216
35	12.82	11.85	1105.10	64.12	249.30	388.10	1.1673	1.6201
40	14.53	13.53	1080.40	74.15	256.90	390.00	1.1912	1.6183
45	16.41	15.37	1054.00	85.72	264.70	391.60	1.2152	1.6162
50	18.47	17.39	1025.80	99.14	272.60	393.00	1.2395	1.6137

Diagrama de Mollier



ANEXO 5: Construcción del equipo



Ilustración 42.- Desmantelamiento del equipo



Ilustración 43.- Retiro de la carcasa



Ilustración 44.- Retiro de la unidad condensadora



Ilustración 45.- Piezas utiles retiradas del equipo



Ilustración 46.- Soldando una válvula al compresor para introducir gas de limpieza



Ilustración 47.- Introduciendo gas de limpieza al compresor



Ilustración 48.- Remoción del aislante dañado de la pared divisoria del evaporador y condensador



Ilustración 49.- Colocación del nuevo aislante



Ilustración 50.- Aislante ya colocado



Ilustración 51.- Limpieza del equipo



Ilustración 52.- Reemplazo de las partes del equipo

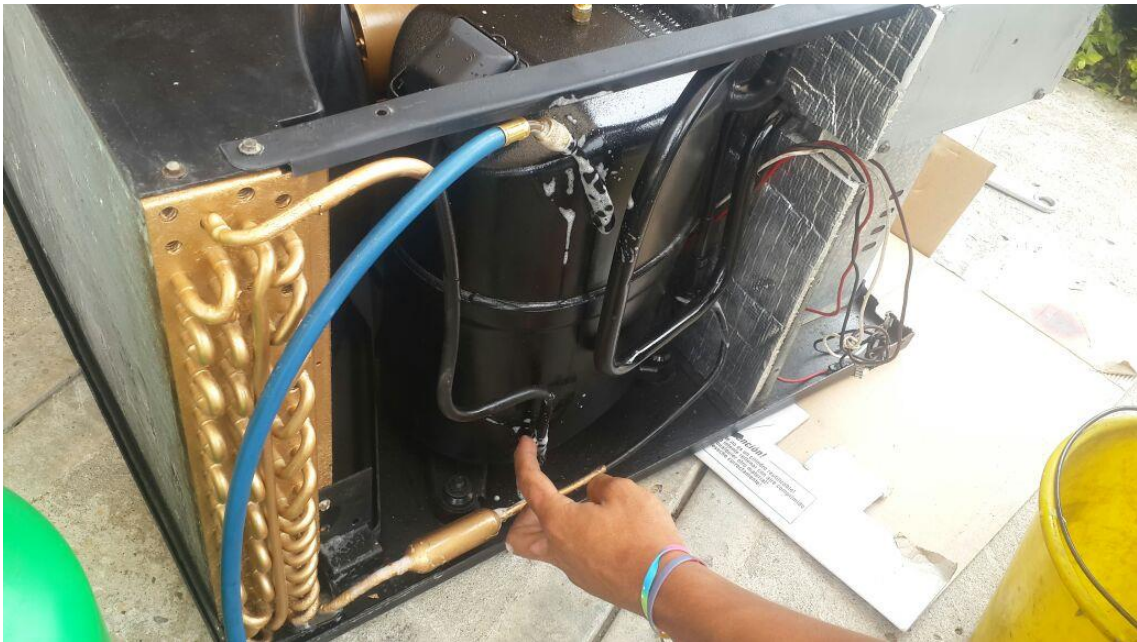




Ilustración 53.- Cargando el nuevo refrigerante al compresor



Ilustración 54.- Kit del control remoto universal

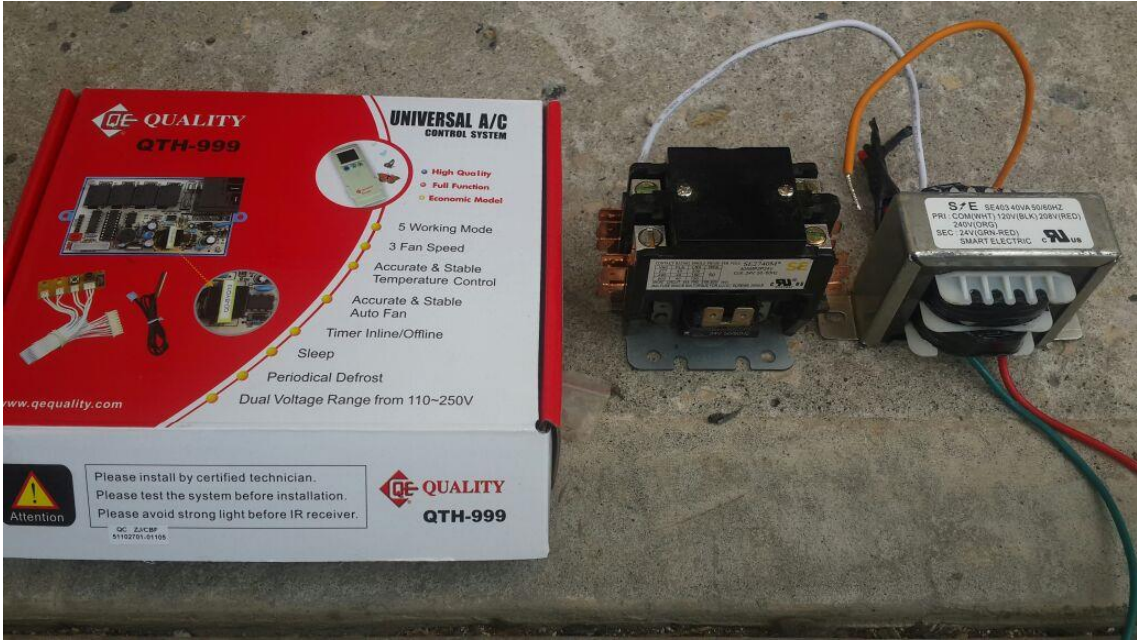


Ilustración 55.-Instalación del nuevo sistema eléctrico



Ilustración 56.- Pintando la carcasa del equipo



Ilustración 57.- Volviendo a armar el equipo

ANEXO 6: BOLETINES CLIMATOLÓGICOS DEL INAMHI

Proceso Desconcentrado Cuenca del Río Guayas BOLETÍN CLIMÁTICO MENSUAL DE GUAYAQUIL Y SUS ALREDEDORES

Boletín Mensual Año III- N°1
Guayaquil, Enero 2015

1. PRECIPITACIÓN

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Precipitación Acumulada Mensual Guayaquil (mm)
Enero 2015

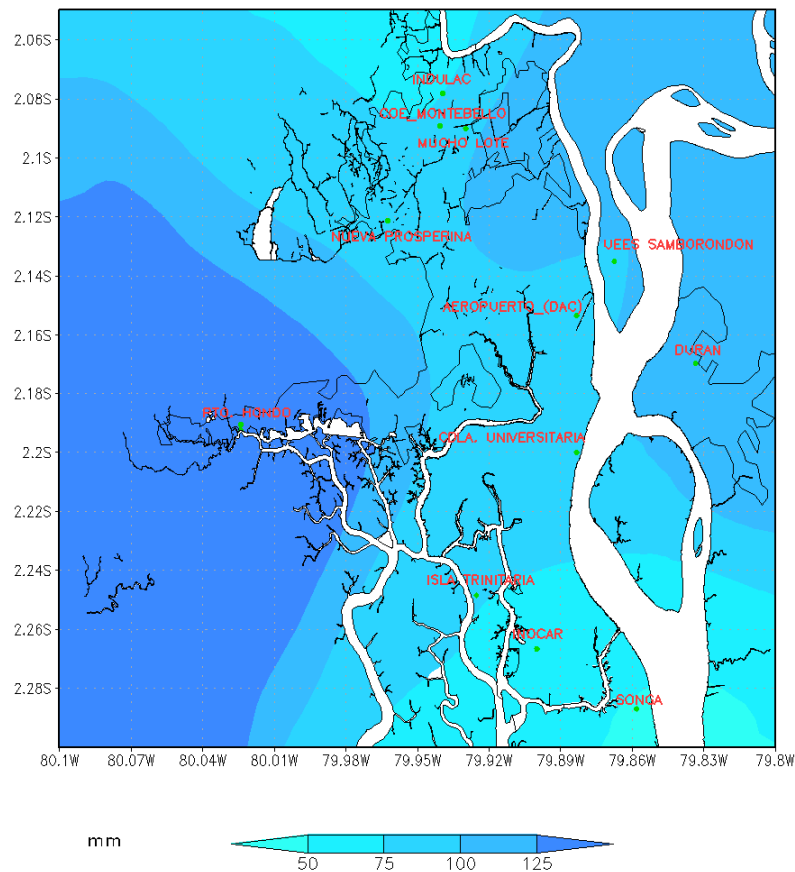


Figura 1. Precipitación acumulada Enero 2015

Durante el mes de Enero 2015 se registraron lluvias de intensidad variable, siendo las más importantes hacia el oeste de la ciudad (Puerto Hondo) con un valor acumulado en el mes de 145.9 mm; en el resto de la ciudad los valores fueron inferiores a 100 mm., la menor precipitación se registró en Inocar con 51.9 mm. (Figura 1).

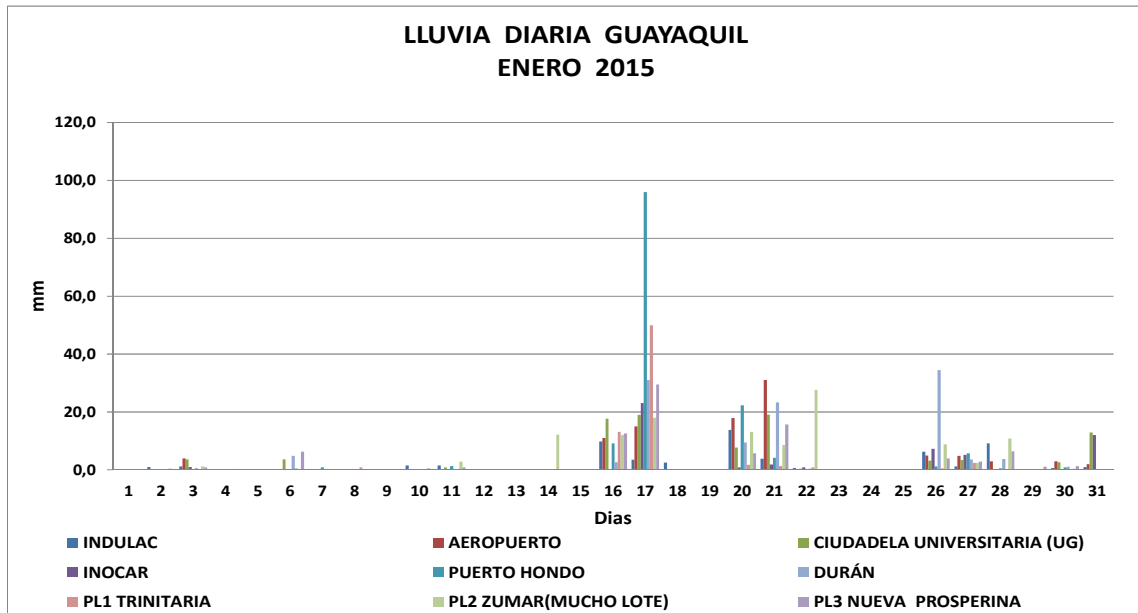


Figura 2. Lluvia Diaria Guayaquil

Se presentaron lloviznas dispersas en el transcurso de la primera quincena y lluvias puntuales moderadas a fuertes los días 16 y 17; lluvias moderadas a principios de la tercera década (21 al 31) y lluvias débiles los últimos días del mes. La máxima precipitación en 24 horas se reportó en la estación de Puerto Hondo el día 17 con 96.0 mm. (Figura 2).

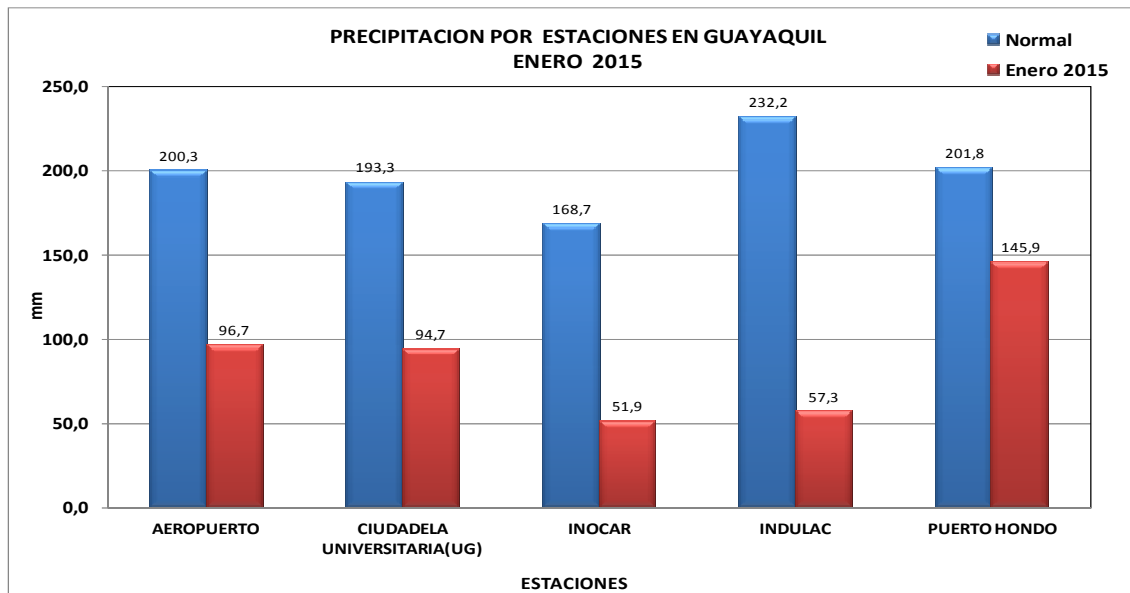


Figura 3. Comparación de totales mensuales de precipitación en relación a sus promedios.

Las precipitaciones acumuladas en el mes de Enero 2015, fueron inferiores a los valores promedios históricos en todas las estaciones. (Figura 3).

PRECIPITACIÓN HISTÓRICA

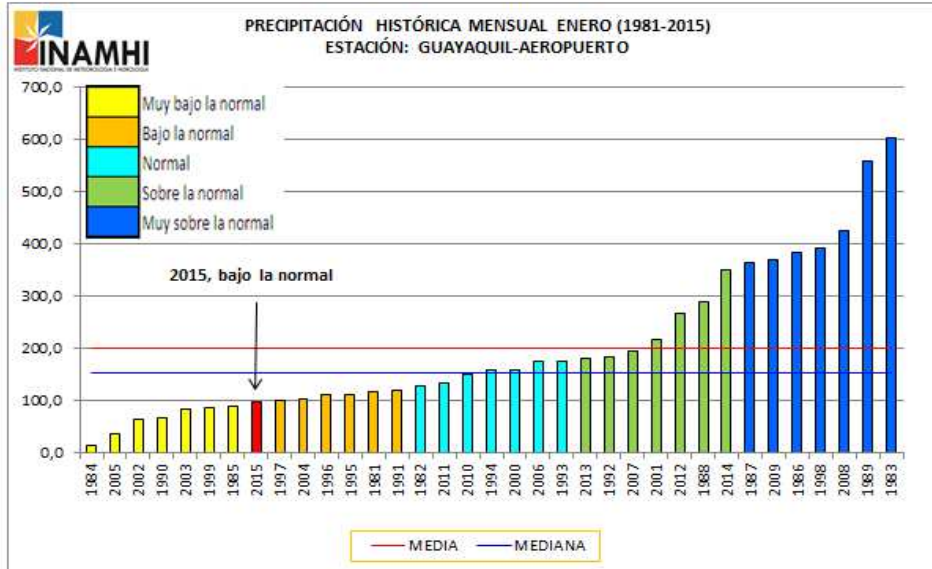


Figura 4. Precipitación histórica mensual de Enero (1981-2015) de la estación Guayaquil (Aeropuerto)

Considerando la clasificación por quintiles, en la estación Guayaquil Aeropuerto, las precipitaciones del mes de Enero 2015 se ubicaron en el rango de **Bajo la normal** (Figura 4).

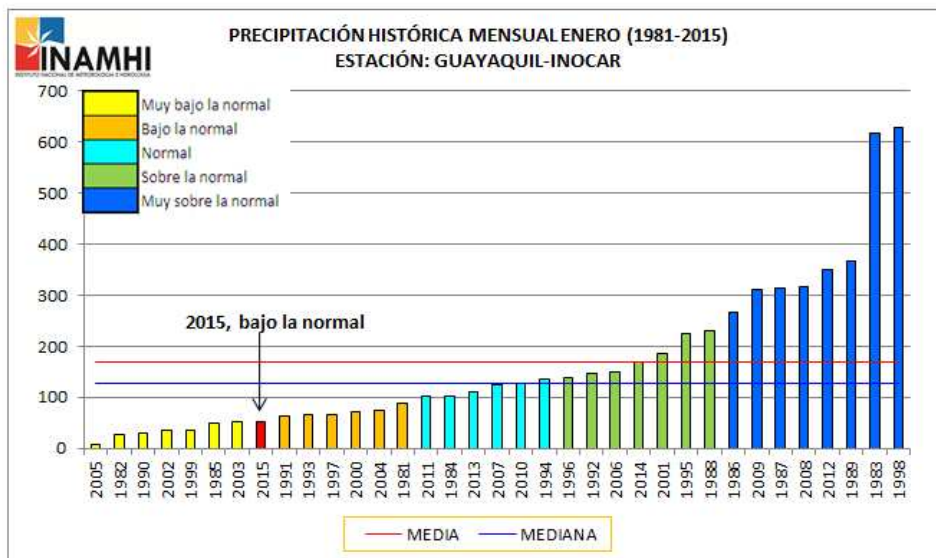


Figura 5. Precipitación histórica mensual de Enero (1981-2015) de la estación Guayaquil (INOCAR).

Y en la estación Guayaquil INOCAR, las precipitaciones del mes de Enero 2015 también se ubicaron en el rango de **Bajo la normal** (Figura 5).

2. TEMPERATURAS.

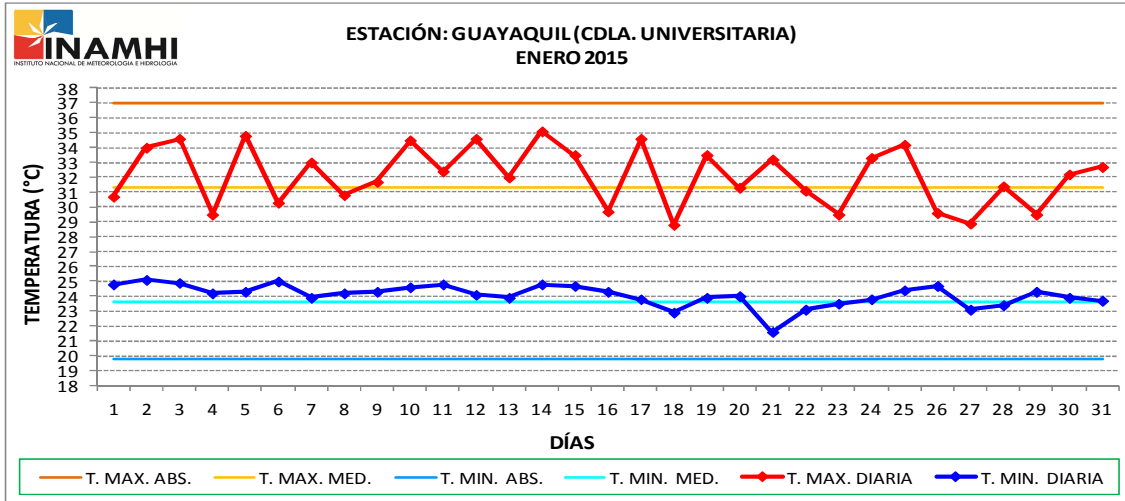


Figura 6. Temperatura diaria Ciudadela Universitaria.

En la Ciudadela Universitaria, las temperaturas máximas diarias registradas presentaron un comportamiento irregular y sobre la normal la mayor parte del mes, siendo la máxima del mes 35.1°C registrado el día 14. Por su parte, las temperaturas mínimas diarias fluctuaron sobre la normal en la primera quincena y alrededor de la normal el resto del mes, siendo la mínima de 21.6°C el día 21 (Figura 6).

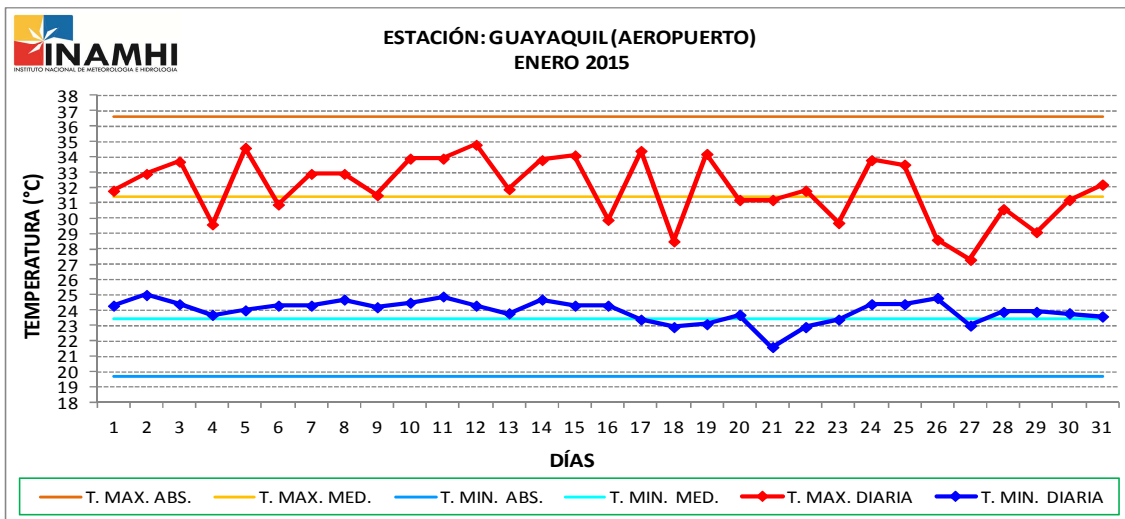


Figura 7. Temperatura diaria Guayaquil Aeropuerto.

En la estación del Aeropuerto, las temperaturas máximas diarias fluctuaron sobre la normal y de manera irregular la mayor parte del mes, siendo la máxima del mes 34.8°C registrado el día 12. Por otro lado, las temperaturas mínimas diarias fluctuaron sobre de la normal, siendo la mínima del mes de 21.6 °C el día 21 (Figura 7).

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Temperatura Máxima Media Registrada Guayaquil (°C)
Enero 2015

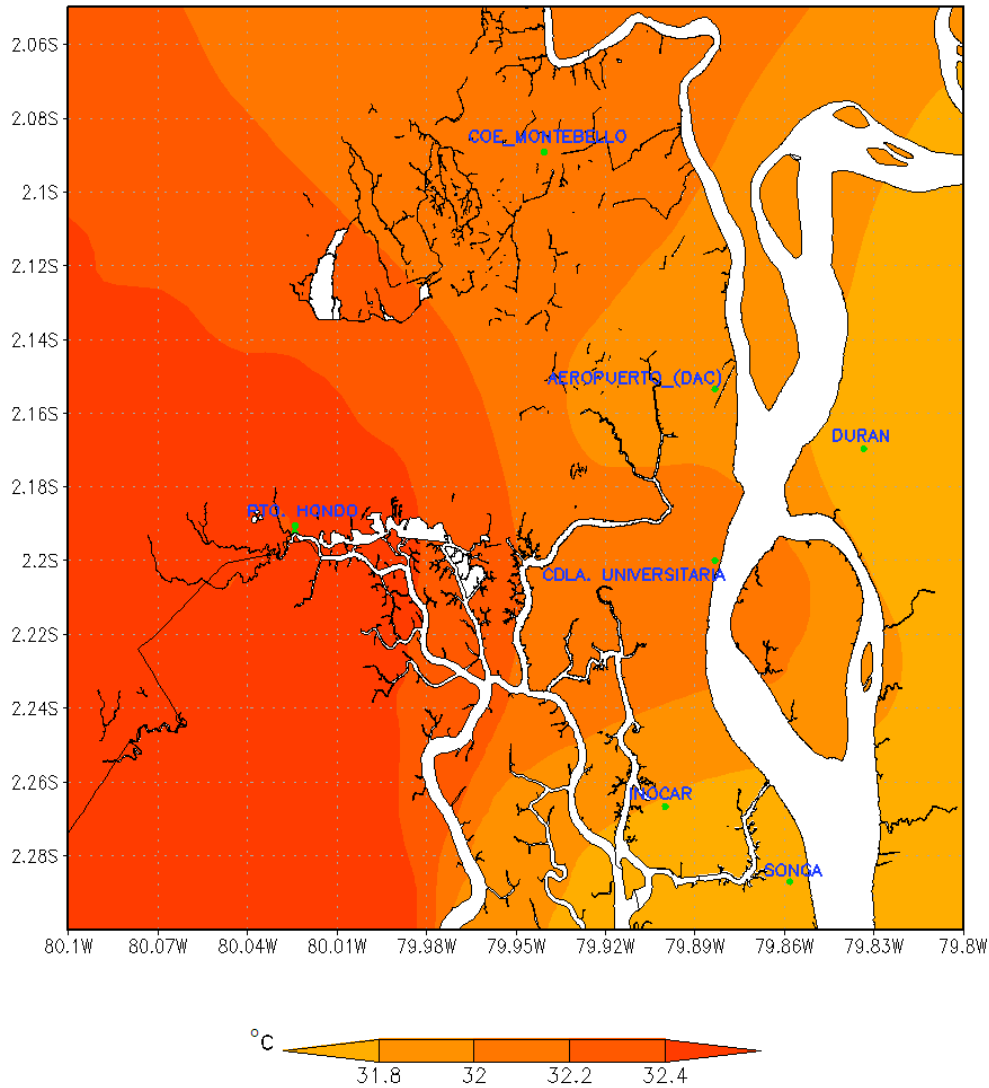


Figura 8. Temperatura Máxima Media Guayaquil.

En el mes de Enero los valores más elevados de temperaturas máximas medias se registraron al oeste de la ciudad, en Puerto Hondo con un valor de 32.4°C (Figura 8).

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Temperatura Mínima Media Registrada Guayaquil (°C)
Enero 2015

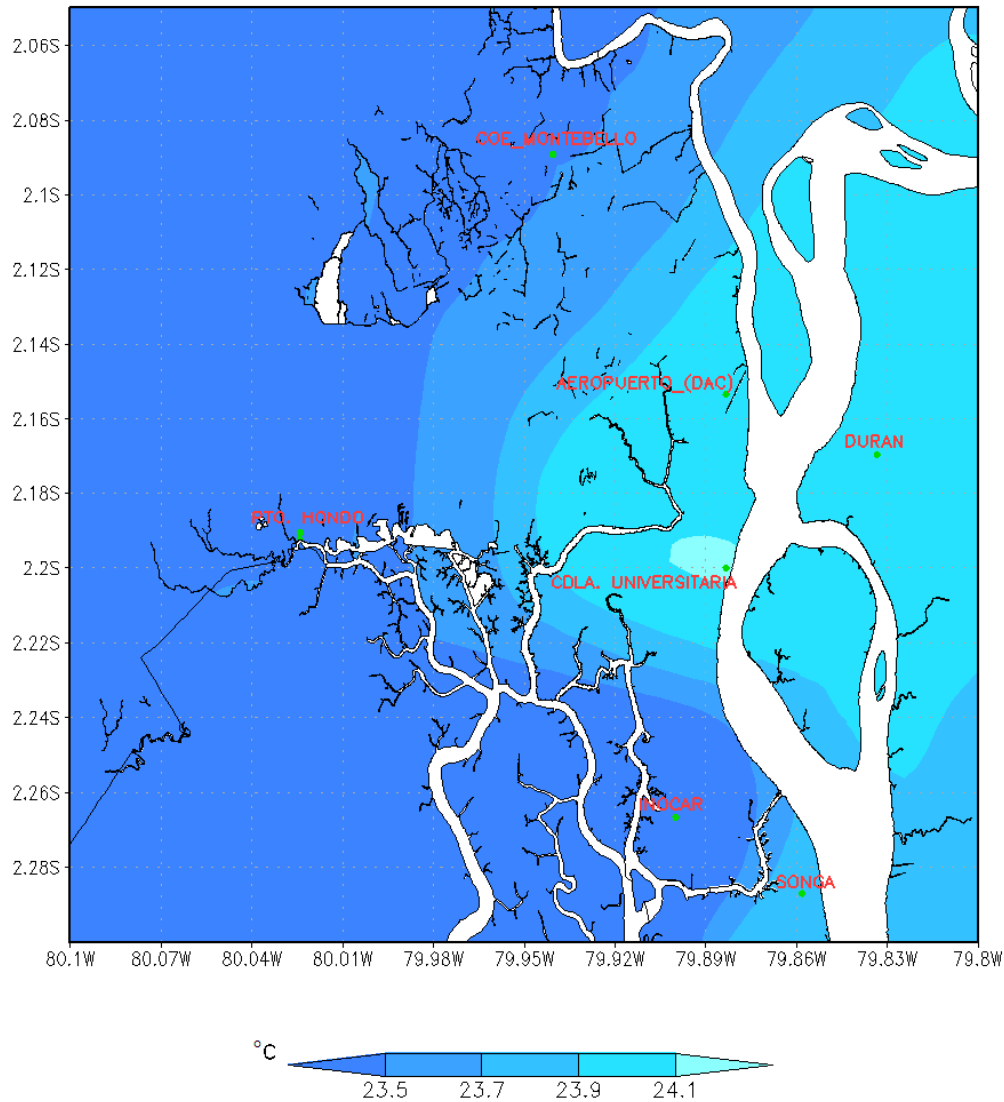


Figura 9. Temperatura Mínima Media Guayaquil.

En el mes de Enero los valores más bajos de temperaturas mínimas medias se registraron al norte de la ciudad, en Montebello con un valor de 23.5 °C (Figura 9).

3. INDICE DE CONFORT.

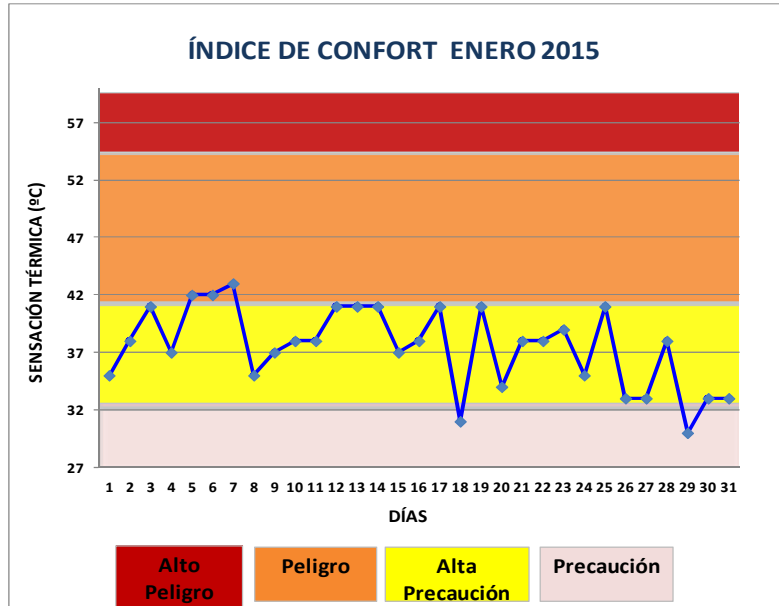


Figura 10. Índice de Confort Enero 2015.

Durante la mayor parte del mes de Enero el índice de confort estuvo en el rango de **Alta precaución**, excepto en los días 5, 6 y 7 que estuvo en el rango de **Peligro** (Figura 10).

4. VIENTO.

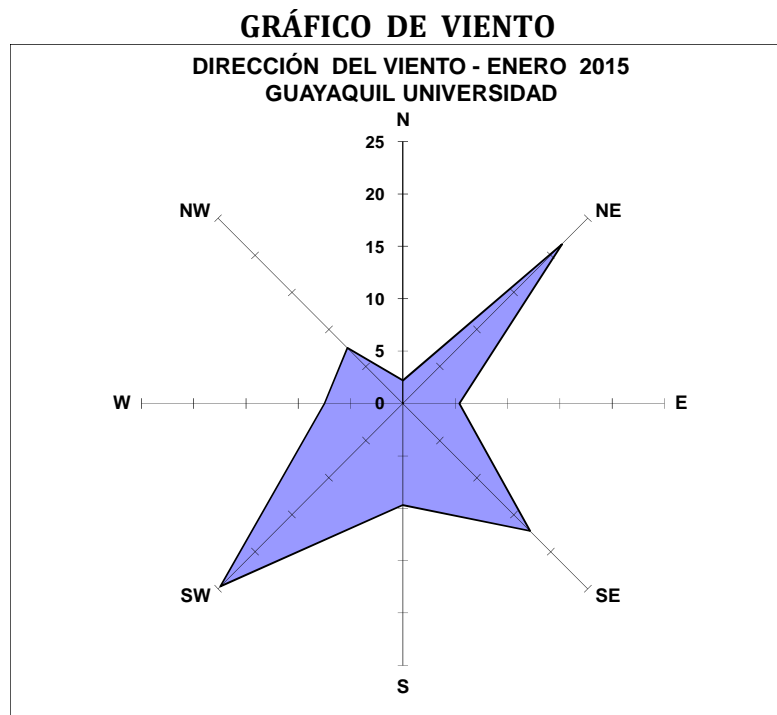


Figura 11. Dirección del viento

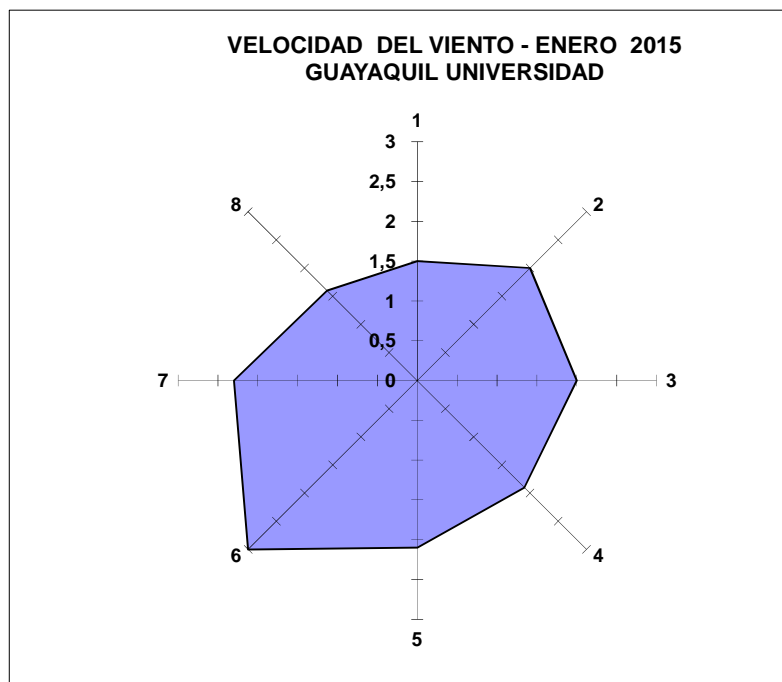


Figura 12. Velocidad del viento

La dirección predominante del viento en el mes de Enero en la estación Ciudadela Universitaria (UG) fue del Suroeste (SW) (24.7 %), con una velocidad media de 3 m/s. La velocidad media mensual fue 2.1 m/s (Figuras 11 y 12).

Elaborado por: Ing. Carlos Naranjo S.

Revisado por: Ing. Raúl Mejía MSc.

El Boletín Climático Mensual de Guayaquil se realiza gracias a la colaboración de:

- Dirección de Aviación Civil (DAC)
- Universidad de Guayaquil (UG)
- Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR)
- GEOSERVICIOS
- COE MONTEBELLO – SGR
- SONGA
- Indulac
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Durán.
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guayaquil.

Pag.web: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>

Telef: 2532315 ext 106

Email: guayaquil@inamhi.gob.ec

Proceso Desconcentrado Cuenca del Río Guayas

BOLETÍN CLIMÁTICO MENSUAL DE GUAYAQUIL Y SUS ALREDEDORES

Boletín Mensual Año III- N°2

Guayaquil, Febrero 2015

1. PRECIPITACIÓN

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Precipitación Acumulada Mensual Guayaquil (mm)
Febrero 2015

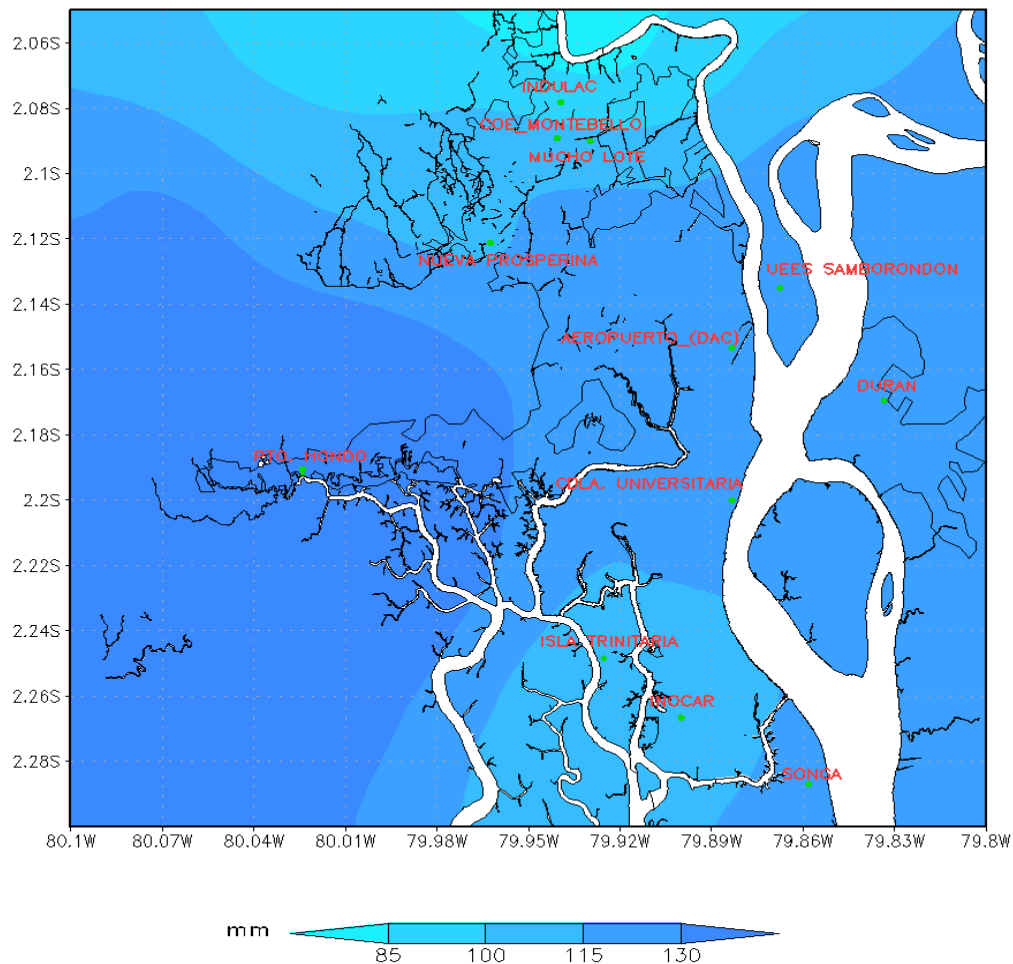


Figura 1. Precipitación acumulada Febrero 2015

Durante el mes de Febrero 2015, se registraron precipitaciones de intensidad variable en toda la ciudad, siendo las más importantes hacia el oeste de la ciudad (Puerto Hondo) con un valor acumulado de 139.6 mm. El menor valor se registró en Indulac con un valor acumulado de 73.2 mm (Figura 1).

PROCESO DESCONCENTRADO CUENCA DEL RÍO GUAYAS

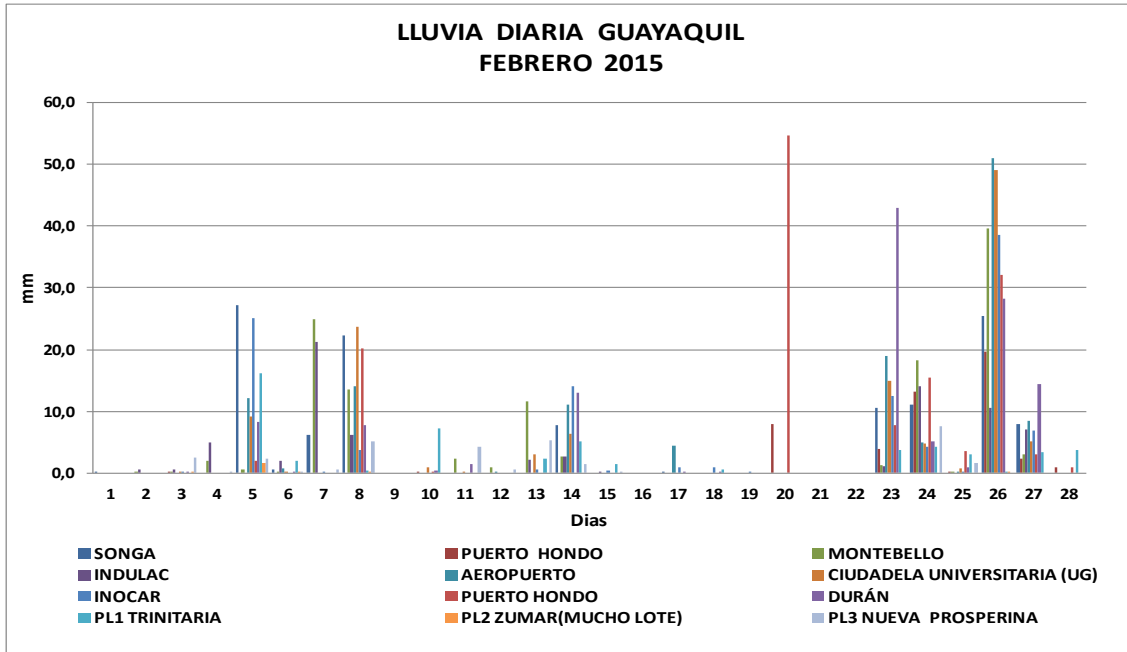


Figura 2. Lluvia Diaria Guayaquil

Se presentaron lluvias dispersas de intensidad débil a moderado los días 5, 7, 8, 24 y 27; lluvias moderadas a fuertes los días 23 y 26; lluvias muy fuertes asiladas el día 20; y lloviznas el resto de los días, excepto los días 9, 16, 19 y 22 donde las precipitaciones fueron nulas. La máxima precipitación en 24 horas se registró en la estación de Puerto Hondo el día 20 con 54.7 mm. (Figura 2).

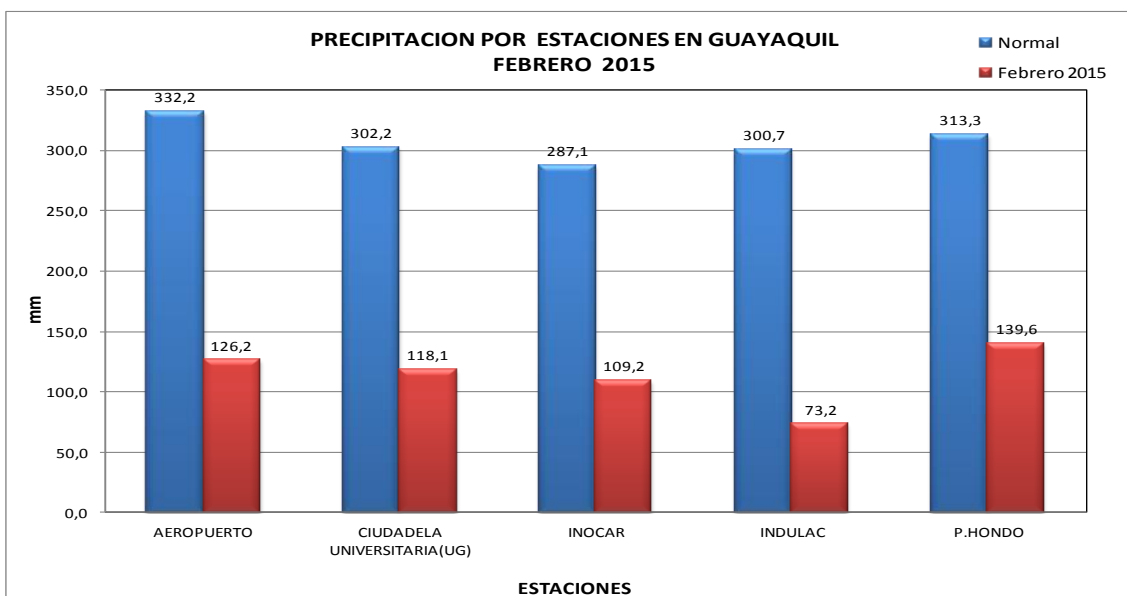


Figura 3. Comparación de totales mensuales de precipitación en relación a sus promedios.

Las precipitaciones acumuladas en el mes de Febrero 2015, fueron inferiores a los valores promedios históricos en todas las estaciones. (Figura 3).

PRECIPITACIÓN HISTÓRICA

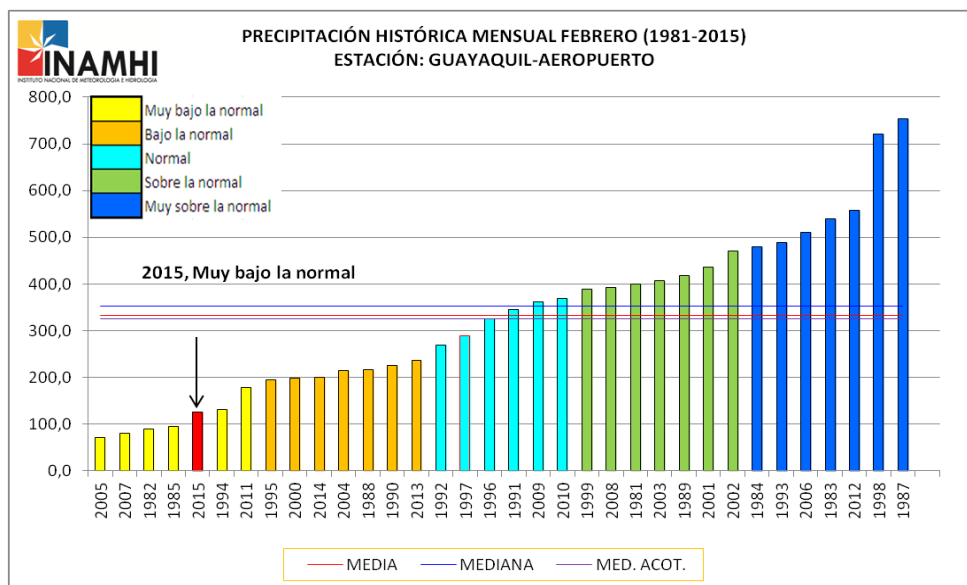


Figura 4. Precipitación histórica mensual de Febrero (1981-2015) de la estación Guayaquil (Aeropuerto)

Considerandola clasificación por quintiles, en la estación Guayaquil Aeropuerto, las precipitaciones del mes de Febrero 2015 se ubicaron en el rango de **Muy Bajo la normal** (Figura 4).

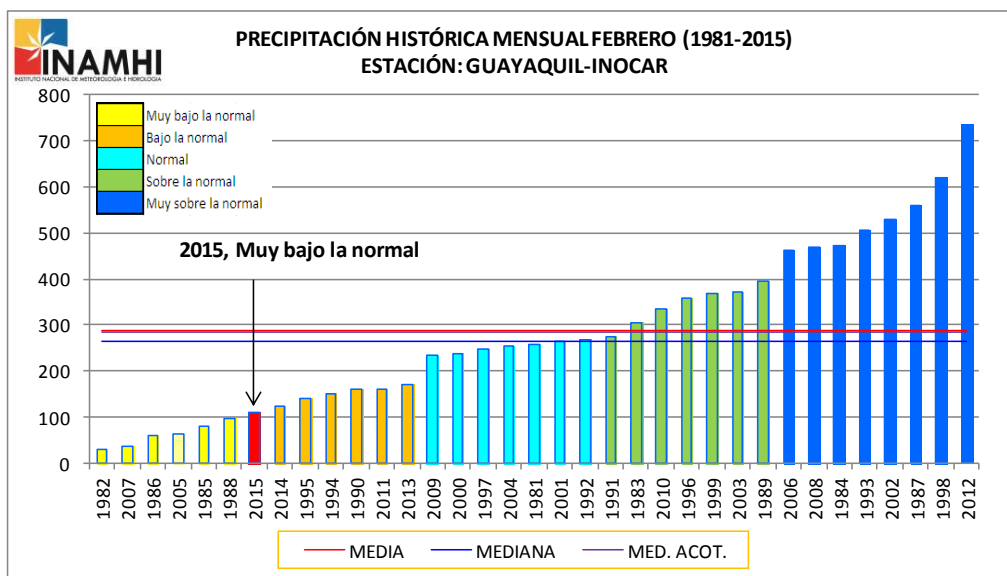


Figura 5. Precipitación histórica mensual de Febrero (1981-2015) de la estación Guayaquil (INOCAR).

Y en la estación Guayaquil INOCAR, las precipitaciones del mes de Febrero 2015 también se ubicaron en el rango de **Muy bajo la normal** (Figura 5).

2. TEMPERATURAS.

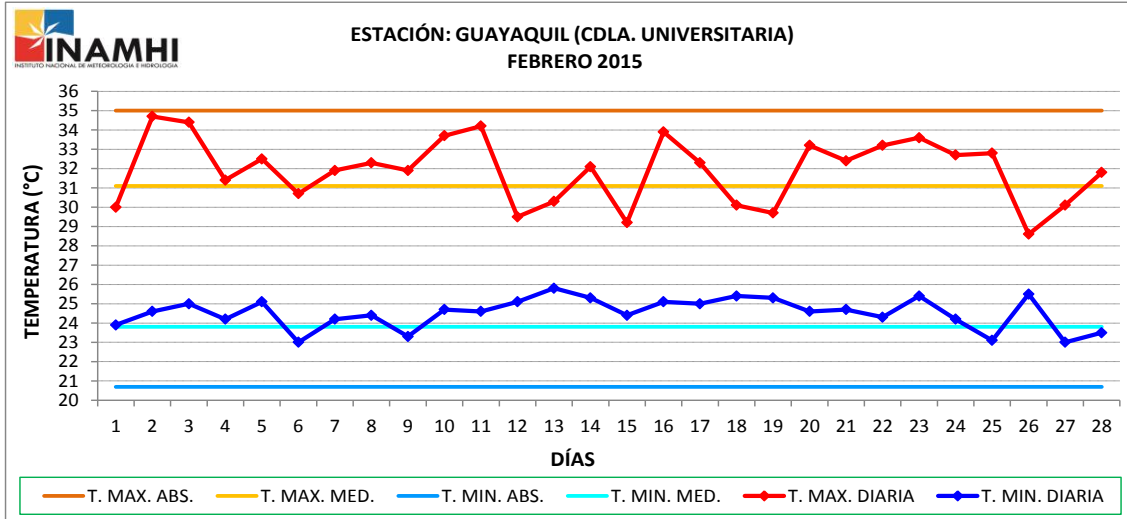


Figura 6. Temperatura diaria Ciudadela Universitaria.

En la Ciudadela Universitaria, las temperaturas máximas diarias registradas presentaron un comportamiento irregular y sobre la normal la mayor parte del mes, siendo la máxima del mes 34.7°C registrado el día 2. Por su parte, las temperaturas mínimas diarias fluctuaron sobre la normal mayor parte del mes, siendo la mínima de 23.0°C los días 6 y 27(Figura 6).

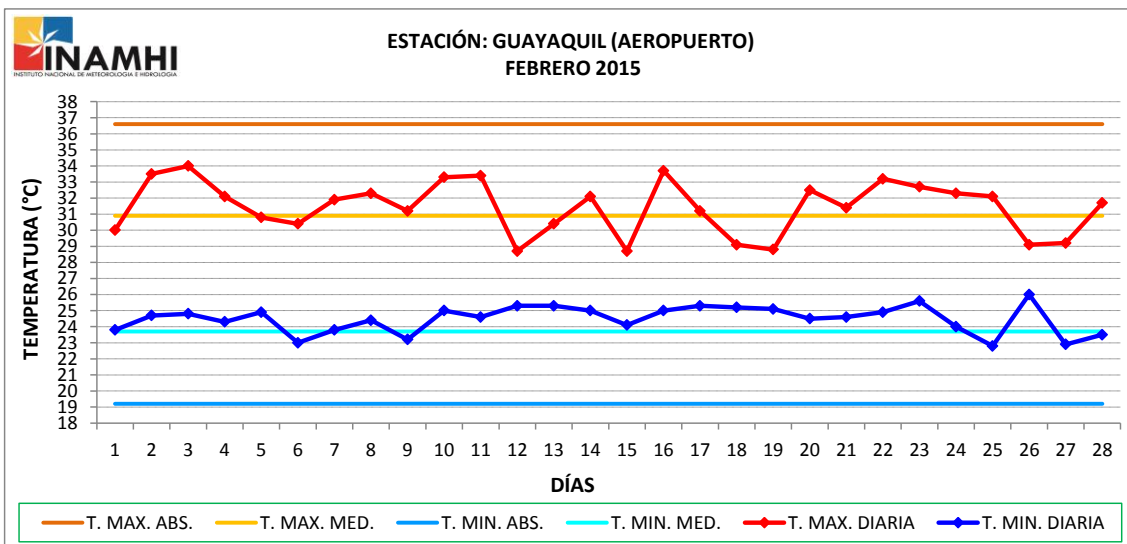


Figura 7. Temperatura diaria Guayaquil Aeropuerto.

En la estación del Aeropuerto, las temperaturas máximas diarias fluctuaron sobre la normal y de manera irregular la mayor parte del mes, siendo la máxima del mes 34.0°C registrado el día 3. Por otro lado, las temperaturas mínimas diarias fluctuaron sobre de la normal en su mayoría, siendo la mínima del mes de 22.8 °C el día 25 (Figura 7).

REPÚBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Temperatura Máxima Media Mensual Guayaquil (C)
Febrero 2015

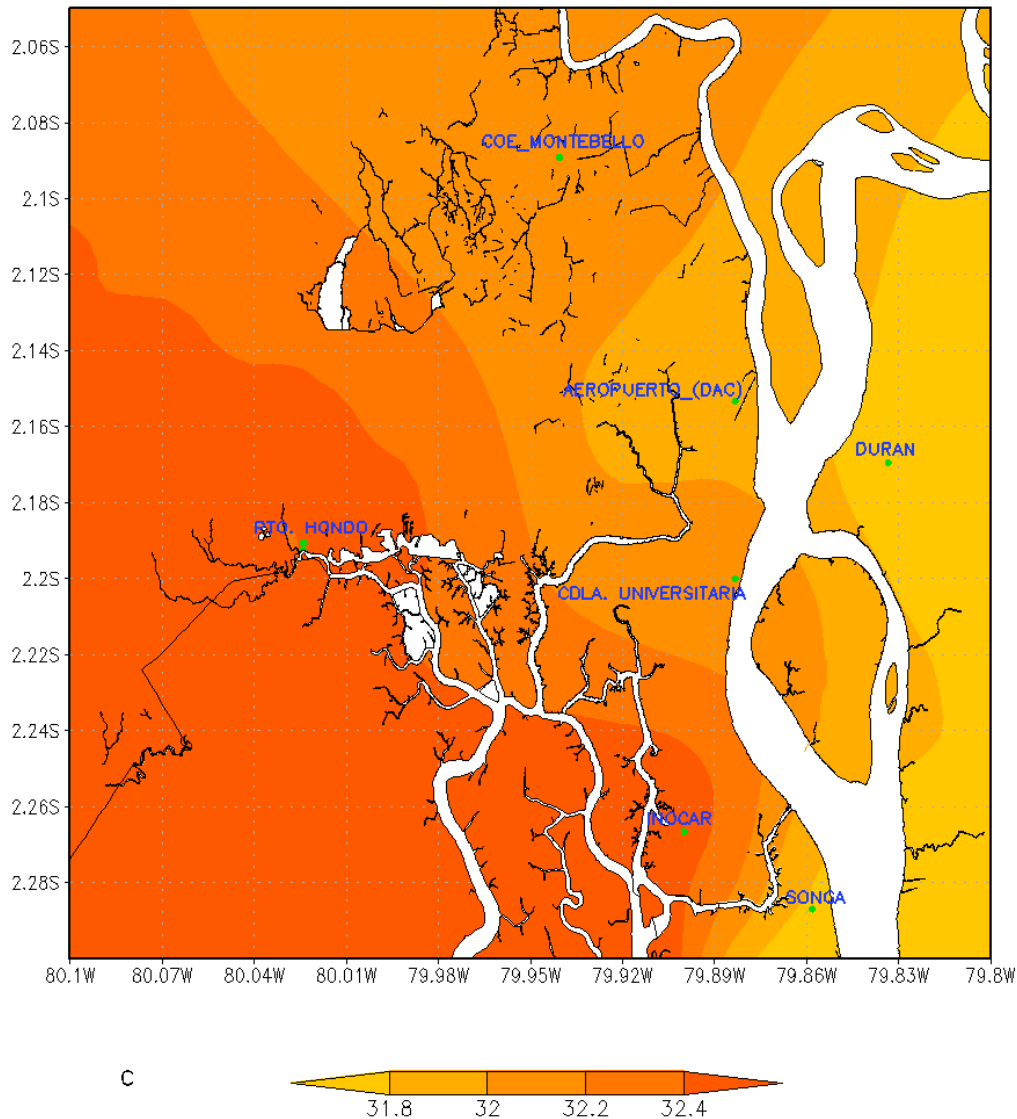


Figura 8. Temperatura Máxima Media Guayaquil.

En el mes de Febrero los valores más elevados de temperatura máxima media se registraron al oeste de la ciudad, en Puerto Hondo con un valor promedio de 32.5°C (Figura 8).

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Temperatura Mínima Media Mensual Guayaquil (°C)
Febrero 2015

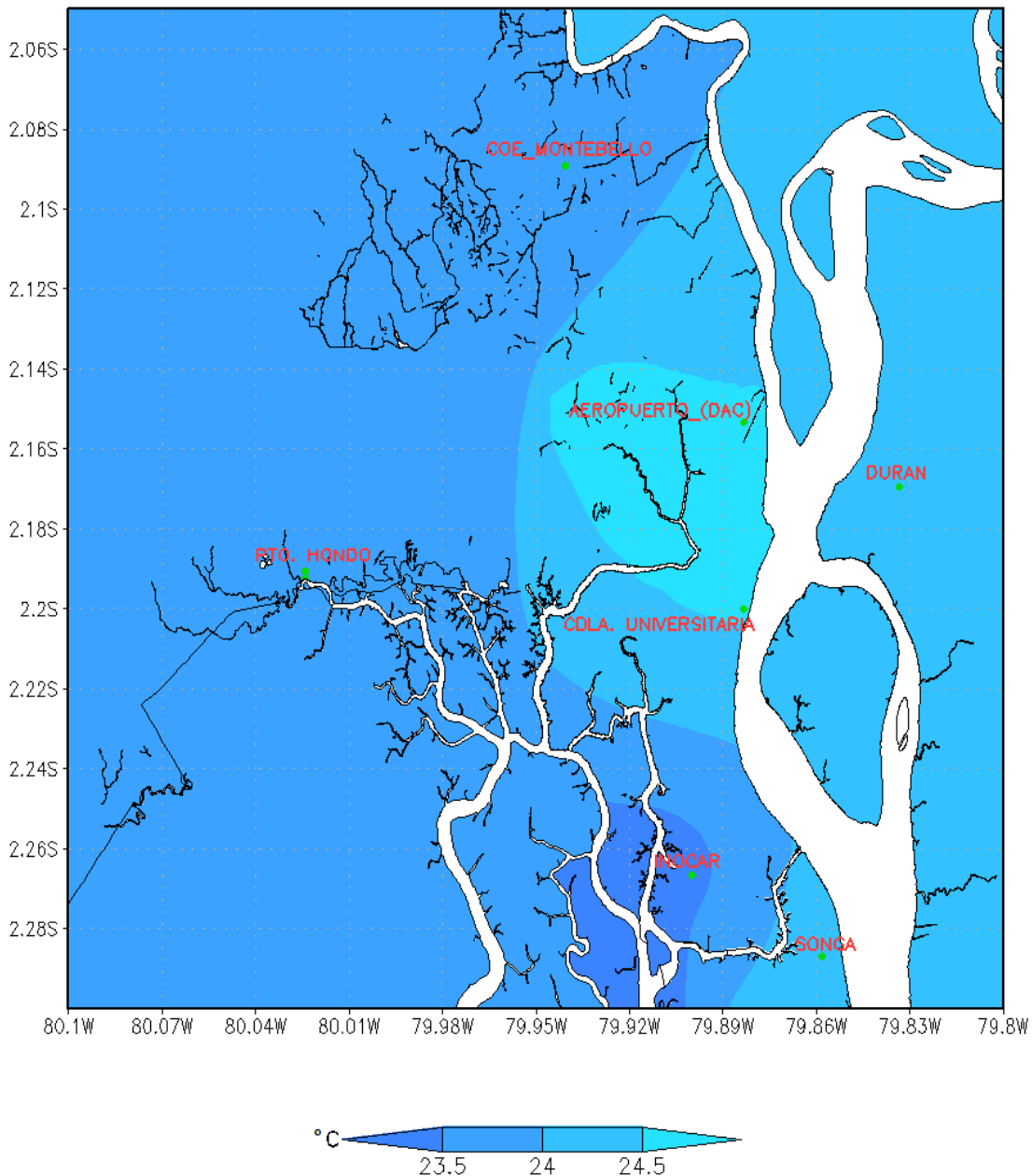


Figura 9. Temperatura Mínima Media Guayaquil.

En el mes de Febrero los valores más bajos de temperatura mínima media se registraron hacia el sur de la ciudad, en INOCAR con un valor de 23.4 °C (Figura 9).

2. INDICE DE CONFORT.

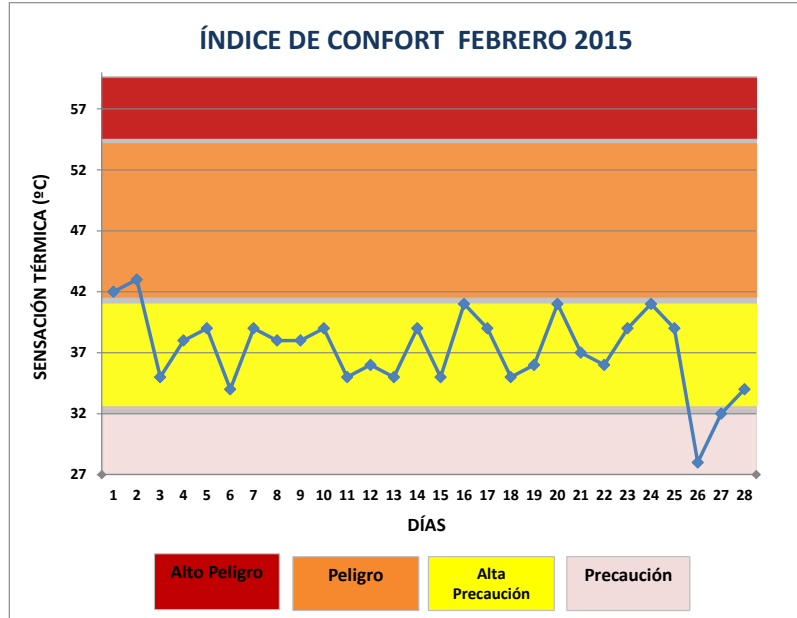


Figura 10. Índice de Confort Febrero 2015.

Durante la mayor parte del mes de Febrero el índice de confort estuvo en el rango de **Alta precaución**, excepto en los días 1 y 2 que estuvo en el rango de **Peligro** y el día 26 y 27 que se encontró en el rango de **Precaución** (Figura 10).

4. VIENTO.

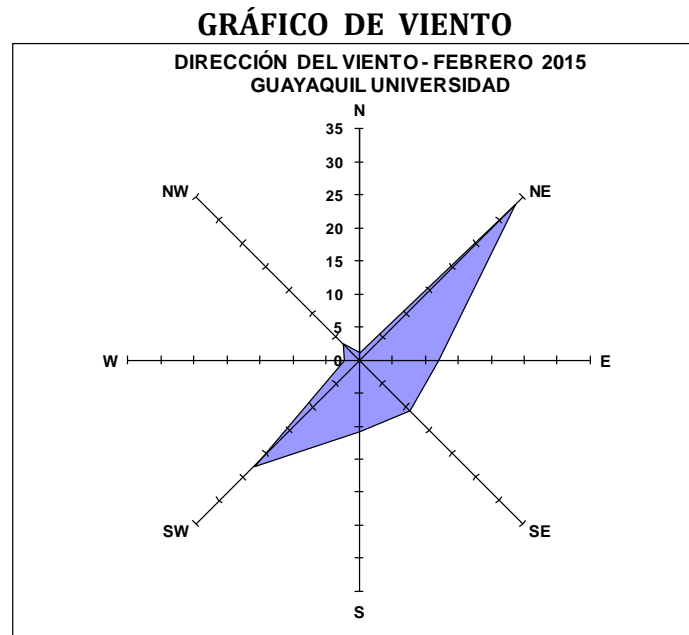


Figura 11. Dirección del viento

PROCESO DESCONCENTRADO CUENCA DEL RÍO GUAYAS

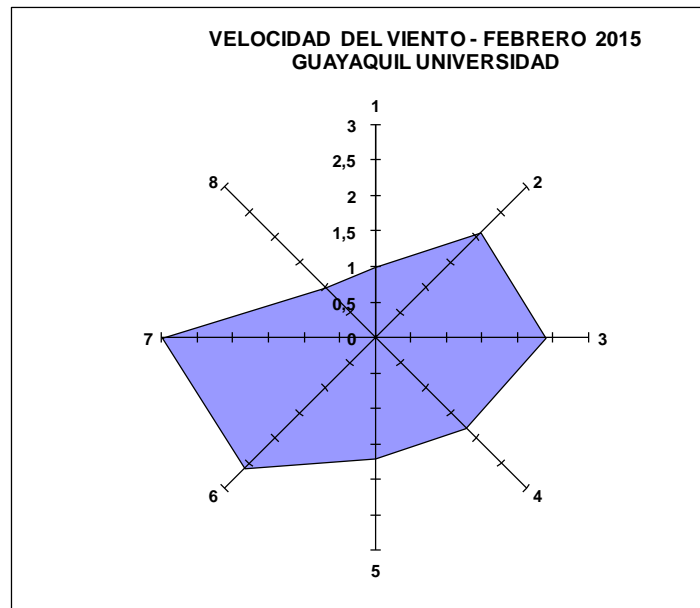


Figura 12. Velocidad del viento

La dirección predominante del viento en el mes de Febrero en la estación Ciudadela Universitaria (UG) fue del Suroeste (NE) (33.3 %), con una velocidad media de 2.1 m/s. La velocidad media mensual fue 2.0 m/s (Figuras 11 y 12).

Elaborado por: Ing. Boris Malavé R.- Ing. Germania Montalvo.
Revisado por: Ing. José González R.

El Boletín Climático Mensual de Guayaquil se realiza gracias a la colaboración de:

- Dirección de Aviación Civil (DAC)
- Universidad de Guayaquil (UG)
- Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR)
- GEOSERVICIOS
- COE MONTEBELLO – SGR
- SONGA
- Indulac
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Durán.
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guayaquil.

Pag.web: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>

Telef: 2532315 ext 106

Email: guayaquil@inamhi.gob.ec

Proceso Desconcentrado Cuenca del Río Guayas

BOLETÍN CLIMÁTICO MENSUAL DE GUAYAQUIL Y SUS ALREDEDORES

Boletín Mensual Año III- N°3

Guayaquil, Marzo 2015

1. PRECIPITACIÓN

REPÚBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Precipitación Acumulada Mensual de Guayaquil (mm)
Marzo 2015

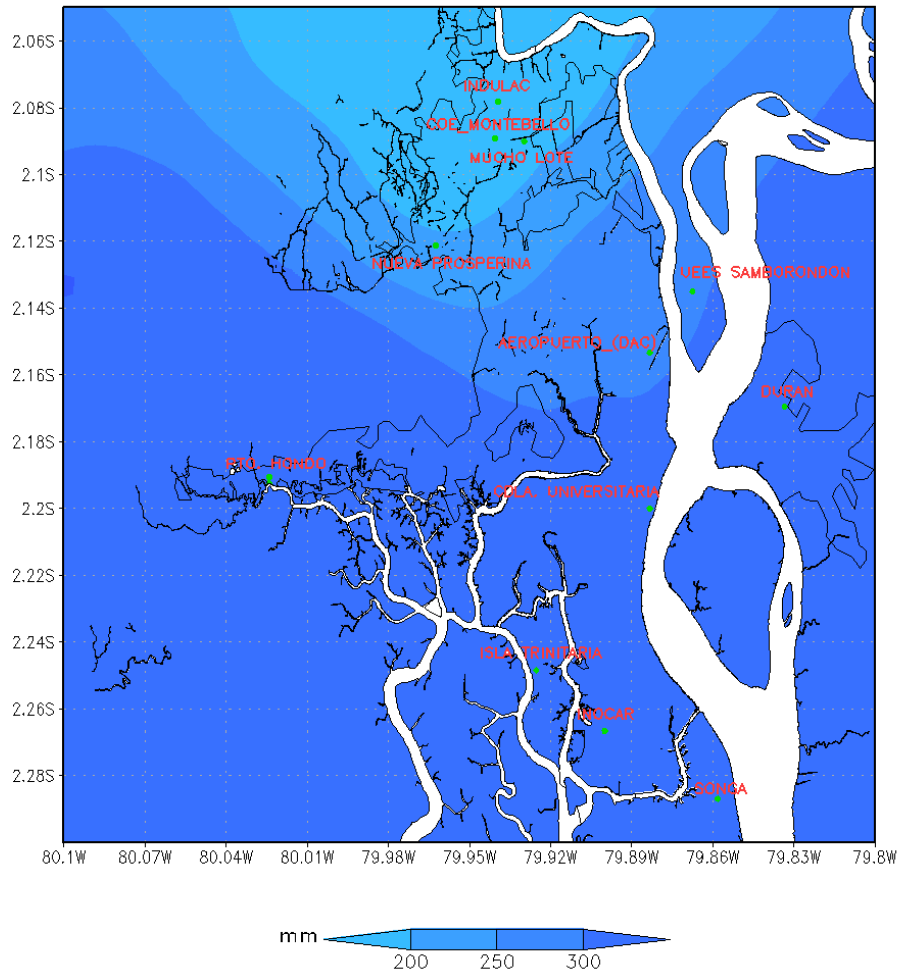


Figura 1. Precipitación acumulada Marzo 2015

Durante el mes de Marzo 2015, se registraron precipitaciones de intensidad moderada a fuerte en especial en la segunda quincena del mes, siendo las más importantes hacia el centro (Ciudadela Universitaria con 341.3 mm) y oeste de la ciudad (Puerto Hondo con 340.0 mm.) (Figura 1).

PROCESO DESCONCENTRADO CUENCA DEL RÍO GUAYAS

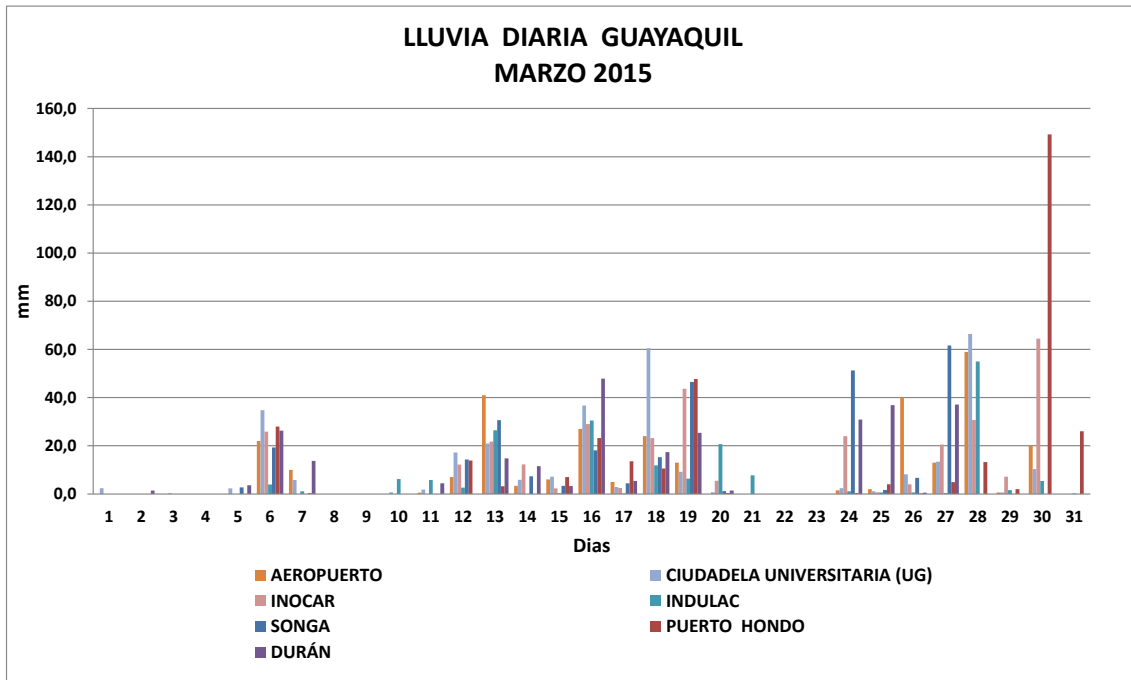


Figura 2. Lluvia Diaria Guayaquil

Se presentaron lluvias dispersas de intensidad débil a moderado los días 4 al 7; lluvias moderadas a fuertes en el transcurso de la segunda década; lluvias fuertes con algunas tormentas eléctricas desde el día 24 hasta fin de mes. La máxima precipitación en 24 horas se registró en la estación de Puerto Hondo el día 30 con 149.3 mm (Figura 2).

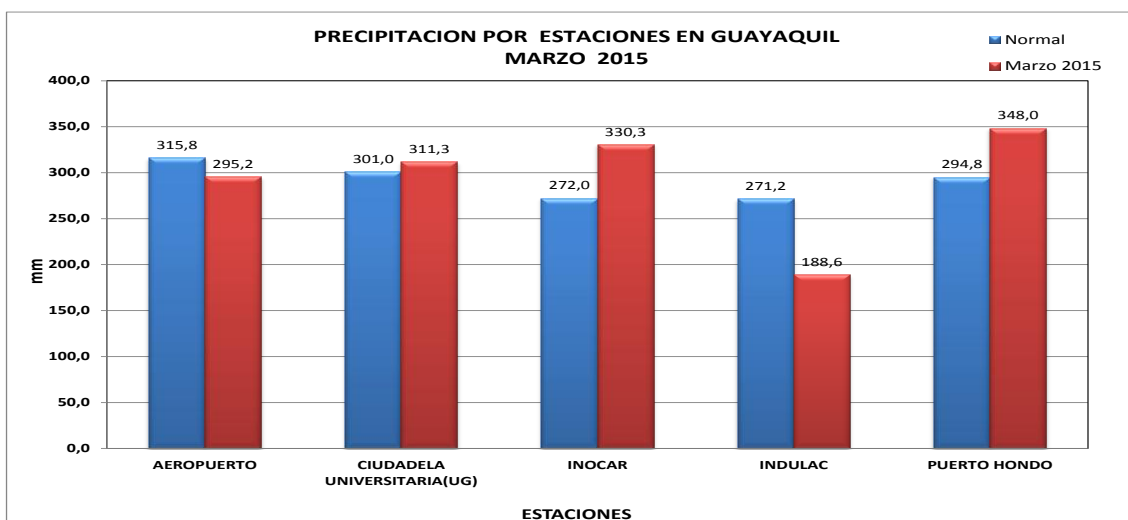


Figura 3. Comparación de totales mensuales de precipitación en relación a sus promedios.

Las precipitaciones acumuladas en el mes de Marzo 2015 en el Aeropuerto y la Ciudadela Universitaria estuvieron muy cerca de la normal, mientras que Inocar y Puerto Hondo estuvieron ligeramente por encima de la normal e Indulac fue inferior a los valores promedios históricos.(Figura 3).

PRECIPITACIÓN HISTÓRICA

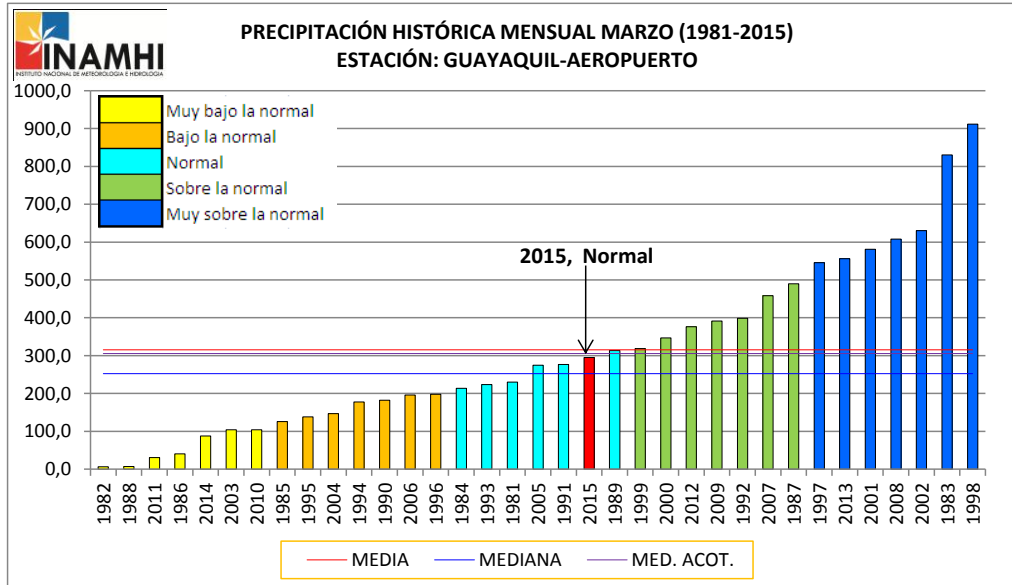


Figura 4. Precipitación histórica mensual de Marzo (1981-2015) de la estación Guayaquil (Aeropuerto)

Considerando la clasificación por quintiles, en la estación Guayaquil Aeropuerto, las precipitaciones del mes de Marzo 2015 se ubicaron en el rango de **normal** (Figura 4).

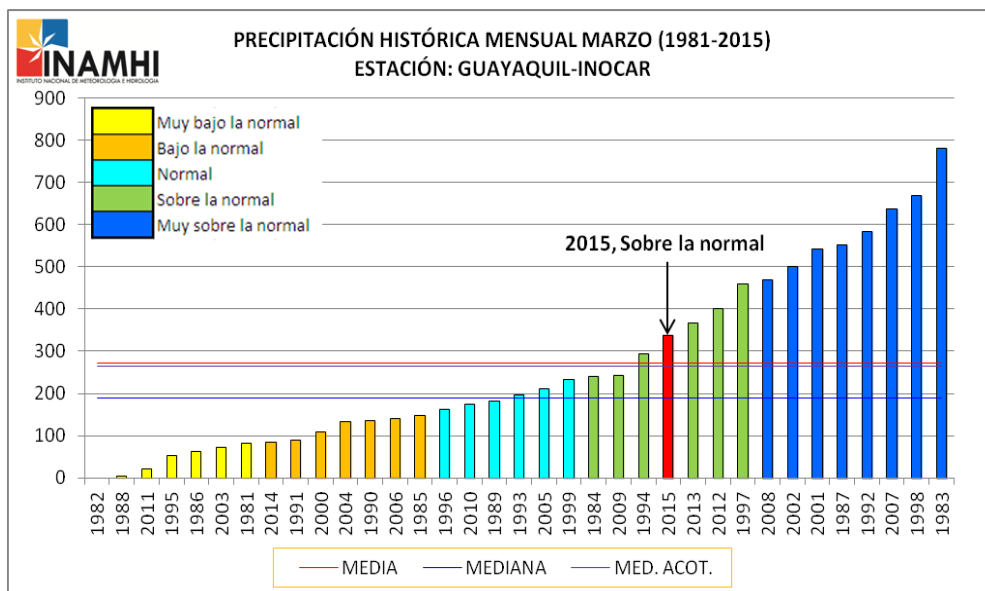


Figura 5. Precipitación histórica mensual de Marzo (1981-2015) de la estación Guayaquil (INOCAR).

Por su parte en la estación Guayaquil INOCAR, las precipitaciones del mes de Marzo 2015 se ubicaron en el rango **sobre la normal** (Figura 5).

2. TEMPERATURAS.

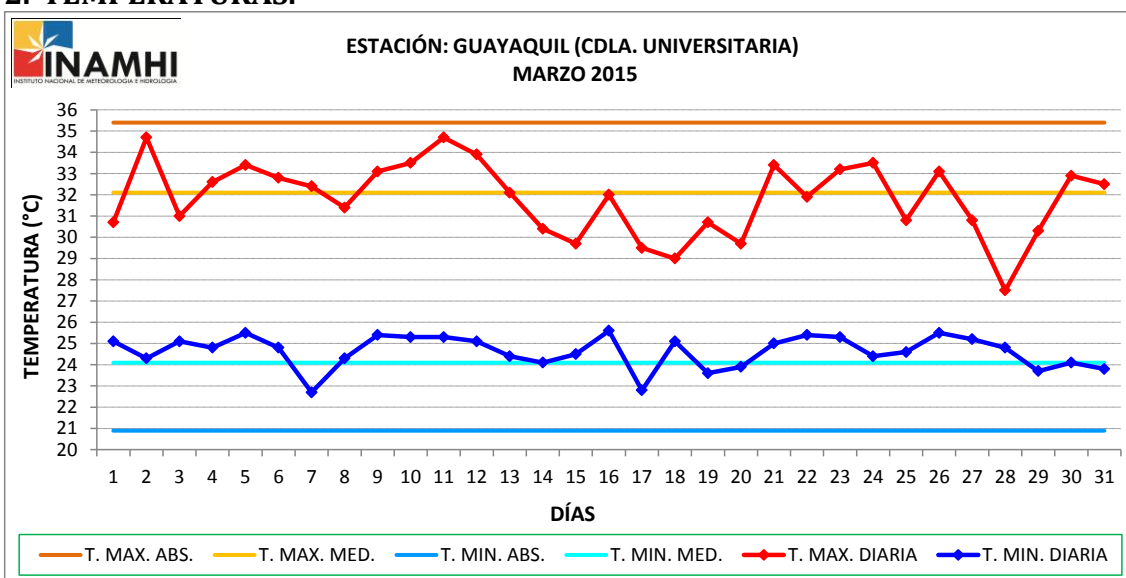


Figura 6. Temperatura diaria Ciudadela Universitaria.

En la Ciudadela Universitaria las temperaturas máximas diarias registradas presentaron un comportamiento sobre la normal en la primera década e irregular y bajo la normal en las dos siguientes décadas, siendo la máxima del mes 34.7 °C registrado los días 2 y 11. Por su parte, las mínimas diarias fluctuaron sobre la normal la mayor parte del mes, siendo la mínima de 22.8 °C el día 7 (Figura 6).

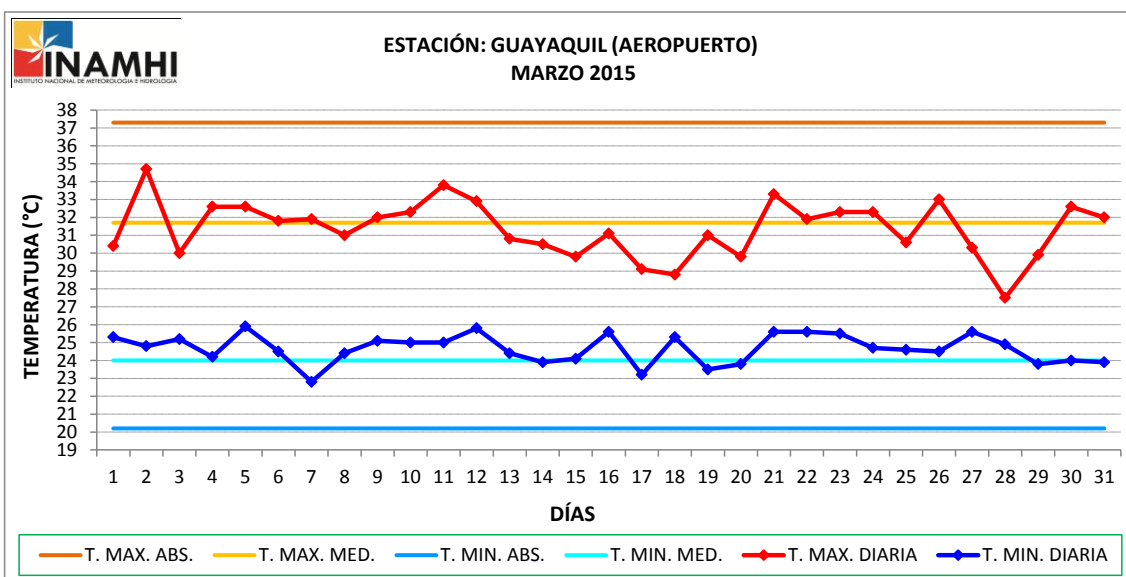


Figura 7. Temperatura diaria Guayaquil Aeropuerto.

En la estación del Aeropuerto las temperaturas máximas diarias registradas se presentaron de manera irregular la mayor parte del mes, siendo la máxima del mes 33.8 °C registrado los días 2 y 11, mientras que las mínimas diarias fluctuaron sobre la normal en su mayoría, siendo la mínima del mes de 22.8 °C el día 7 (Figura 7).

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Temperatura Máxima Media Mensual Guayaquil (C)
Marzo 2015

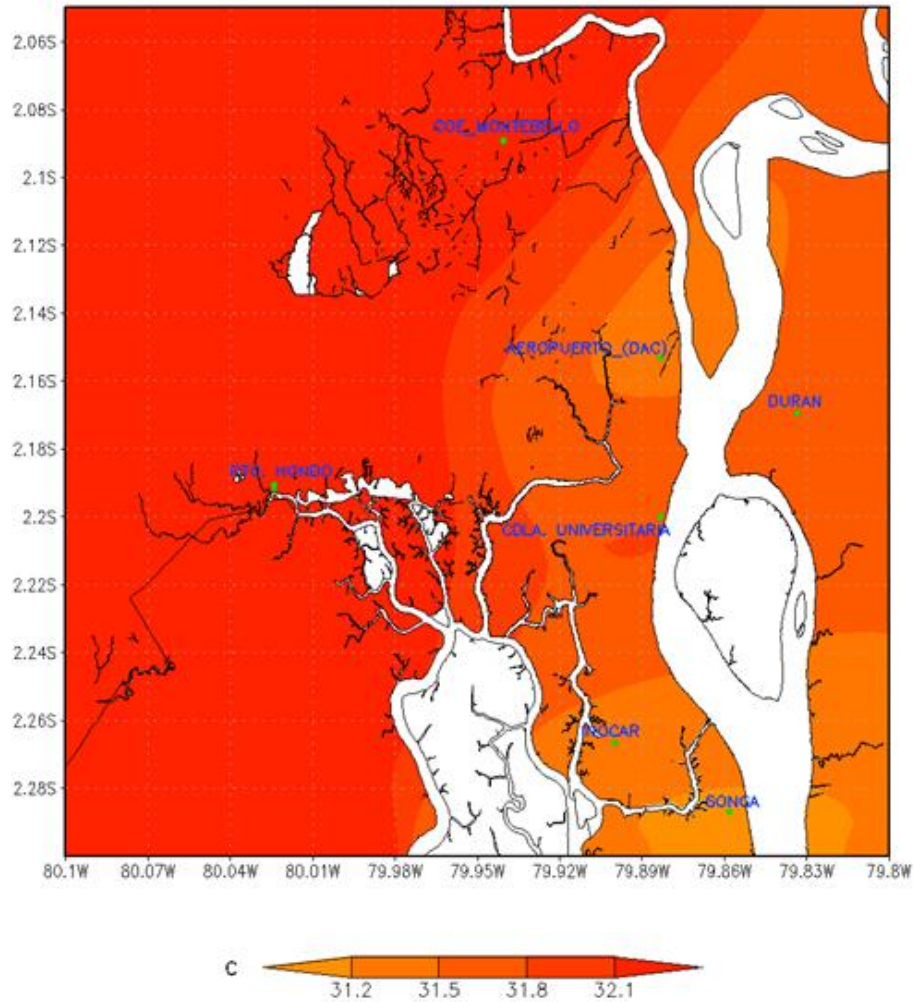


Figura 8. Temperatura Máxima Media Guayaquil.

En el mes de Marzo los valores más elevados de temperatura máxima media se registraron al oeste de la ciudad, en Puerto Hondo con un valor promedio de 32.3 °C (Figura 8).

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Temperatura Mínima Media Mensual Guayaquil (C)
Marzo 2015

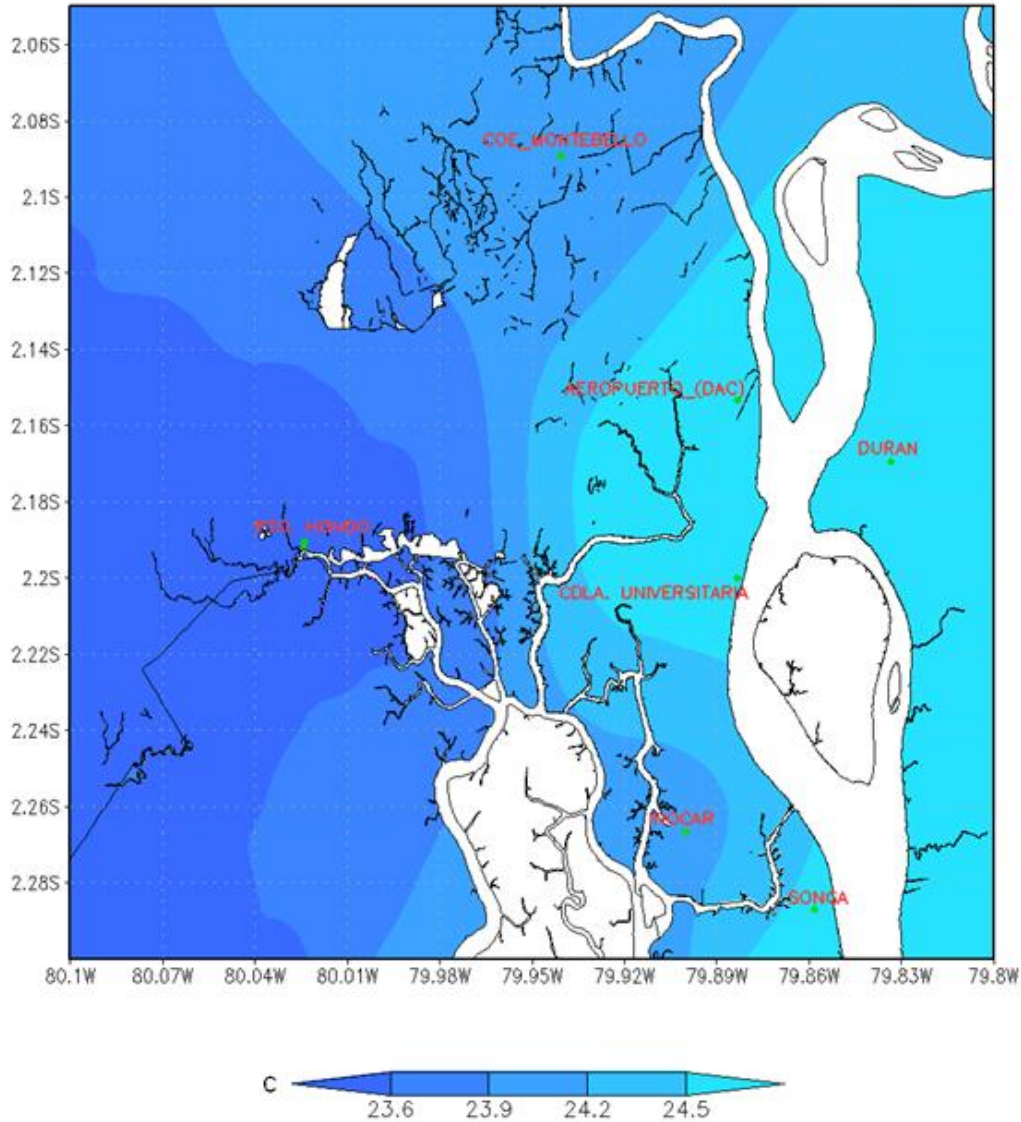


Figura 9. Temperatura Mínima Media Guayaquil.

En el mes de Marzo los valores más bajos de temperatura mínima media se registraron hacia el sur de la ciudad, en Puerto Hondo con un valor de 23.6 °C (Figura 9).

3. INDICE DE CONFORT.

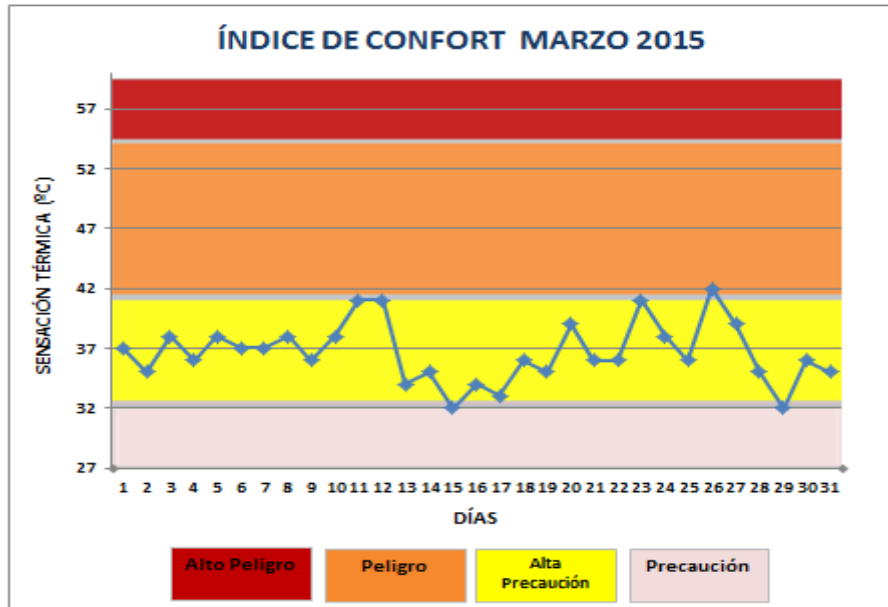


Figura 10. Índice de Confort Marzo 2015.

Durante la mayor parte del mes de Marzo el índice de confort estuvo en el rango de **Alta precaución**, excepto el día 26 que estuvo en el rango de **Peligro** (Figura 10).

4. VIENTO.

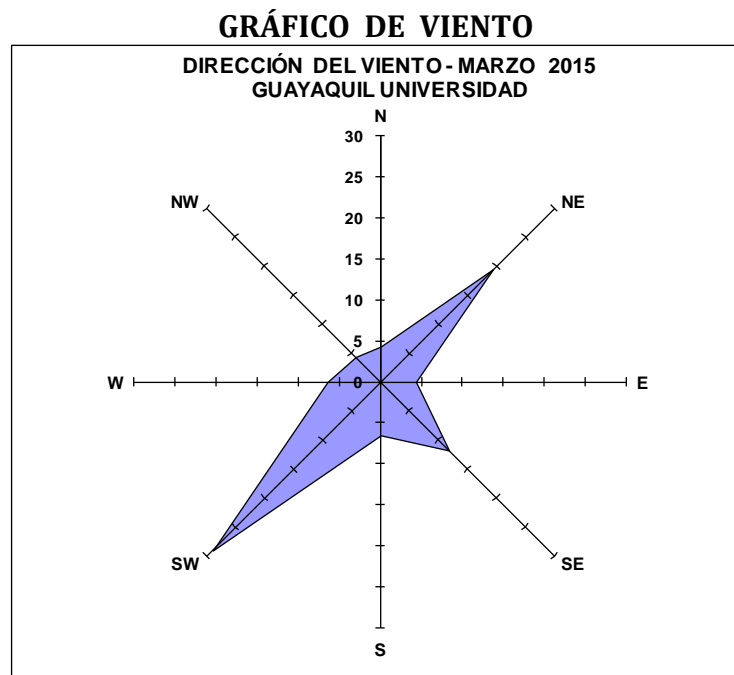


Figura 11. Dirección del viento

PROCESO DESCONCENTRADO CUENCA DEL RÍO GUAYAS

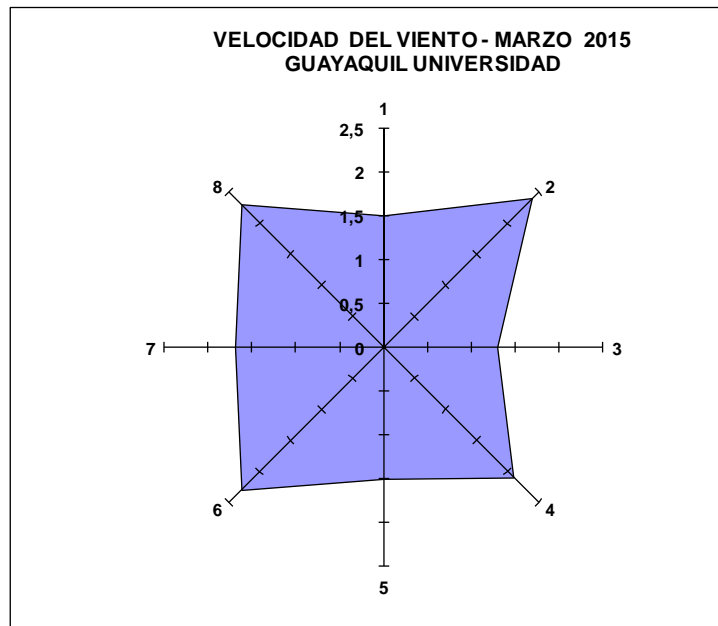


Figura 12. Velocidad del viento

La dirección predominante del viento en el mes de Marzo en la estación Ciudadela Universitaria (UG) fue del Suroeste (SW) (29 %), con una velocidad media de 2.3 m/s. La velocidad media mensual fue 1.9 m/s (Figuras 11 y 12).

Elaborado por: Ing. Carlos Naranjo S.

Revisado por: Ing. Raúl Mejía MSc.

El Boletín Climático Mensual de Guayaquil se realiza gracias a la colaboración de:

- Dirección de Aviación Civil (DAC)
- Universidad de Guayaquil (UG)
- Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR)
- GEOSERVICIOS
- COE MONTEBELLO – SGR
- SONGA
- Indulac
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Durán.
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guayaquil.

Pag.web: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>

Telef: 2532315 ext 106

Email: guayaquil@inamhi.gob.ec

Proceso Desconcentrado Cuenca del Río Guayas

BOLETÍN CLIMÁTICO MENSUAL DE GUAYAQUIL Y SUS ALREDEDORES

Boletín Mensual Año III- N°4

Guayaquil, Abril 2015

1. PRECIPITACIÓN

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Precipitación Acumulada Mensual de Guayaquil (mm)
Abril 2015

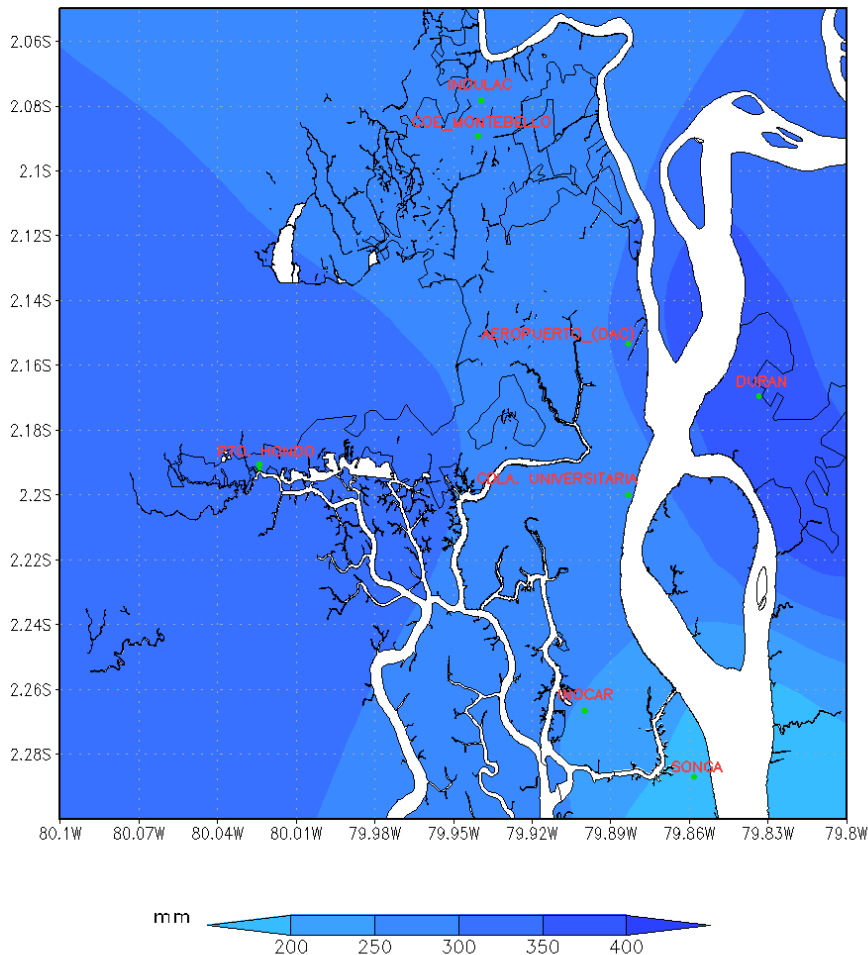


Figura 1. Precipitación acumulada Abril 2015

Durante el mes de Abril 2015, las mayores precipitaciones se concentraron hacia el este y oeste de la ciudad de Guayaquil, siendo la mayor acumulada en Durán con 400.4 mm y Puerto Hondo con 334.7 mm. El menor valor acumulado se dio en Songa con 176.2 mm. (Figura 1).

PROCESO DESCONCENTRADO CUENCA DEL RÍO GUAYAS

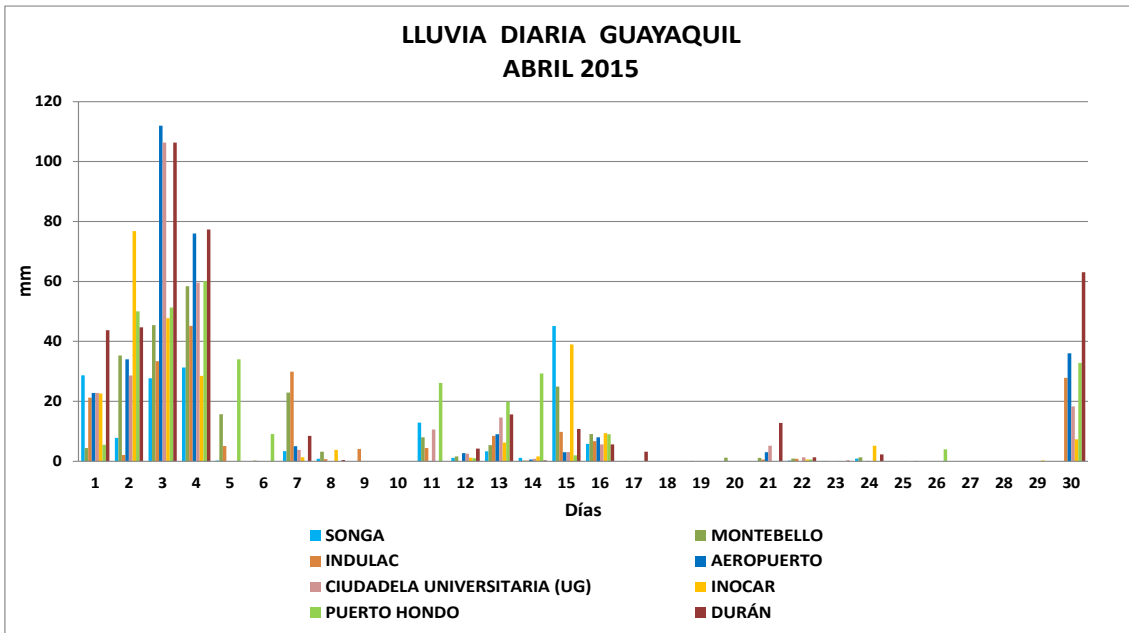


Figura 2. Lluvia Diaria Guayaquil

Se presentaron lluvias de intensidad fuerte con tormentas eléctricas los días 1 al 4 y lluvias débiles el resto de la primera década; lluvias moderadas los primeros días de la segunda década y lluvias débiles puntuales en el resto del mes a excepción del día 30 donde fueron entre moderadas y fuertes. La máxima precipitación en 24 horas se registró en la estación Aeropuerto con 112 mm el día 3 (Figura 2).

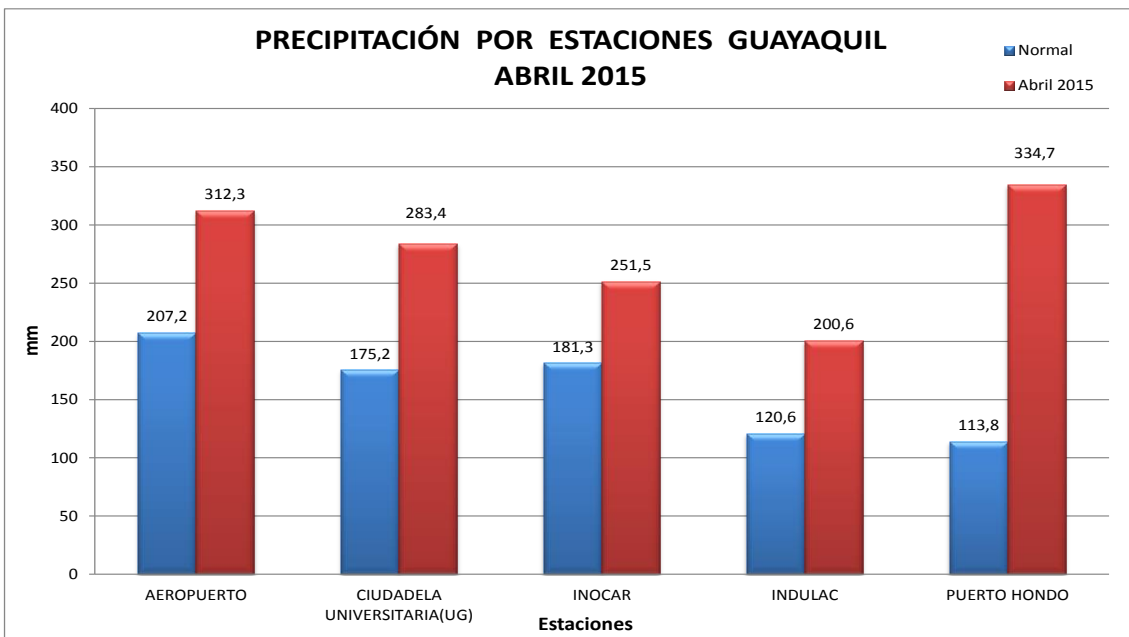


Figura 3. Comparación de totales mensuales de precipitación en relación a sus promedios.

Las precipitaciones acumuladas en el mes de Abril 2015 en todas las estaciones superaron los valores promedios históricos del mes (Figura 3).

PRECIPITACIÓN HISTÓRICA

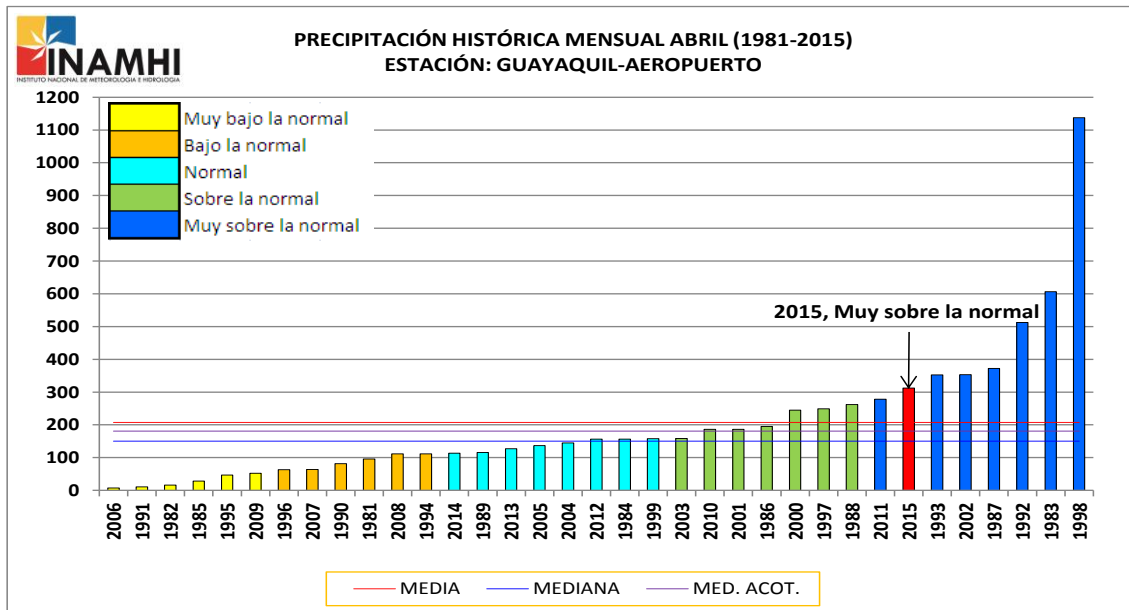


Figura 4. Precipitación histórica mensual de Abril (1981-2015) de la estación Guayaquil (Aeropuerto)

Considerando la clasificación por quintiles, en la estación Guayaquil Aeropuerto, las precipitaciones del mes de Abril 2015 se ubicaron en el rango de **Muy sobre la normal** (Figura 4).

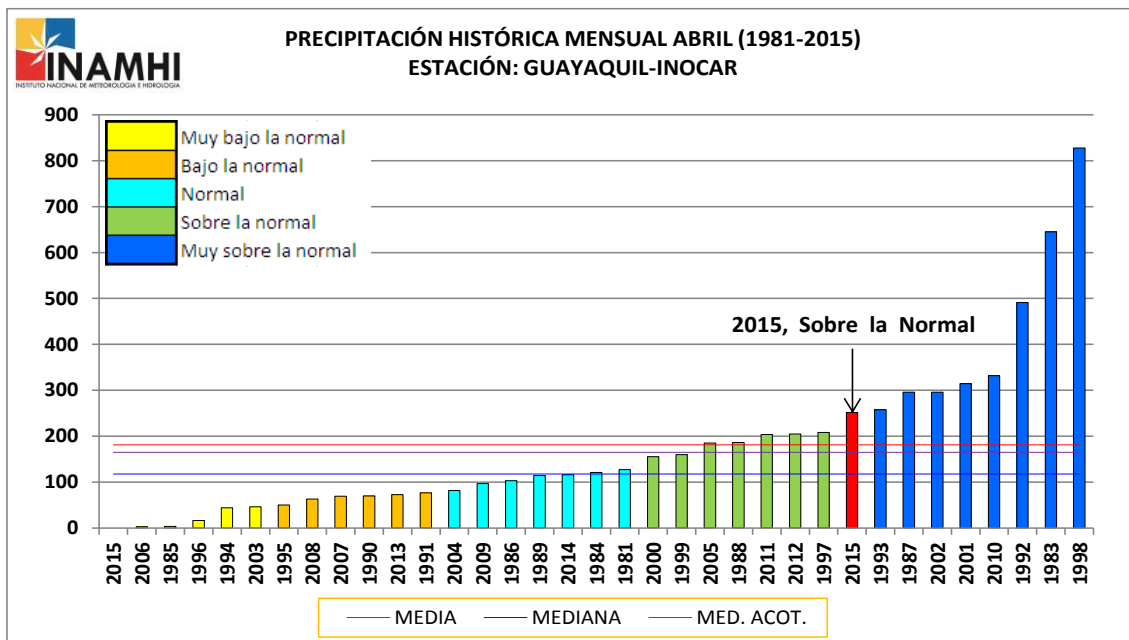


Figura 5. Precipitación histórica mensual de Abril (1981-2015) de la estación Guayaquil (INOCAR).

Por su parte en la estación Guayaquil INOCAR, las precipitaciones del mes de Abril 2015 se ubicaron en el rango **sobre la normal** (Figura 5).

2. TEMPERATURAS.

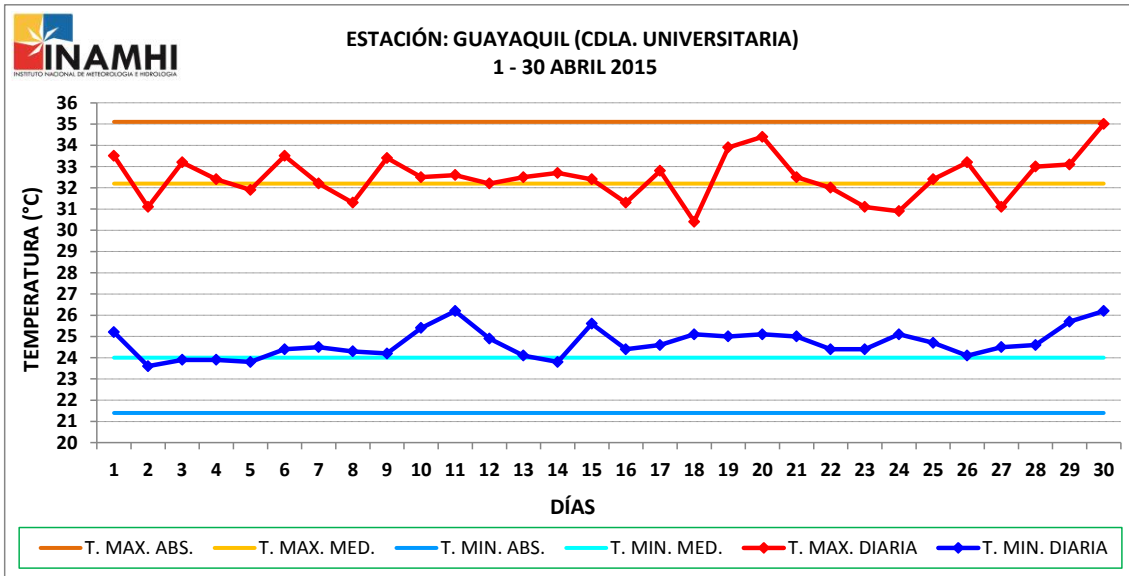


Figura 6. Temperatura diaria Ciudadela Universitaria.

En la Ciudadela Universitaria las temperaturas máximas diarias registradas presentaron un comportamiento sobre la normal en la primera y segunda década e irregular en la tercera década, siendo la máxima del mes 35 °C registrado el día 30. Por su parte, las mínimas diarias fluctuaron sobre la normal la mayor parte del mes, siendo la mínima de 23.6 °C el día 2 (Figura 6).

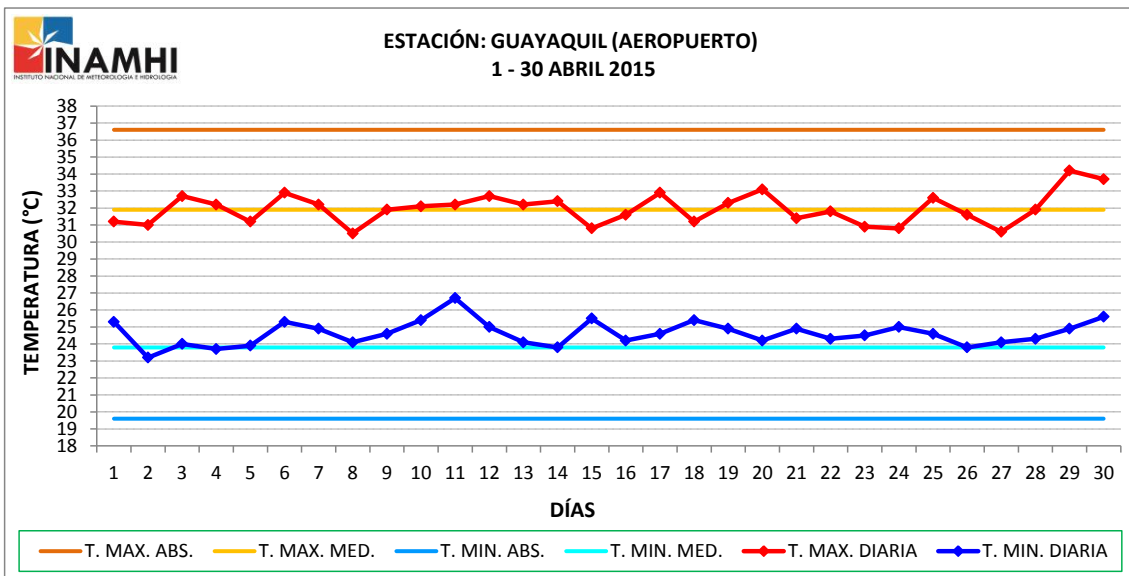


Figura 7. Temperatura diaria Guayaquil Aeropuerto.

En la estación del Aeropuerto las temperaturas máximas diarias registradas fluctuaron alrededor de la normal todo el mes, siendo la máxima del mes 34.2 °C registrado el día 29, mientras que las mínimas diarias fluctuaron sobre la normal en su mayoría, siendo la mínima del mes de 23.2 °C el día 2 (Figura 7).

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Temperatura Maxima Media Guayaquil (°C)
Abril 2015

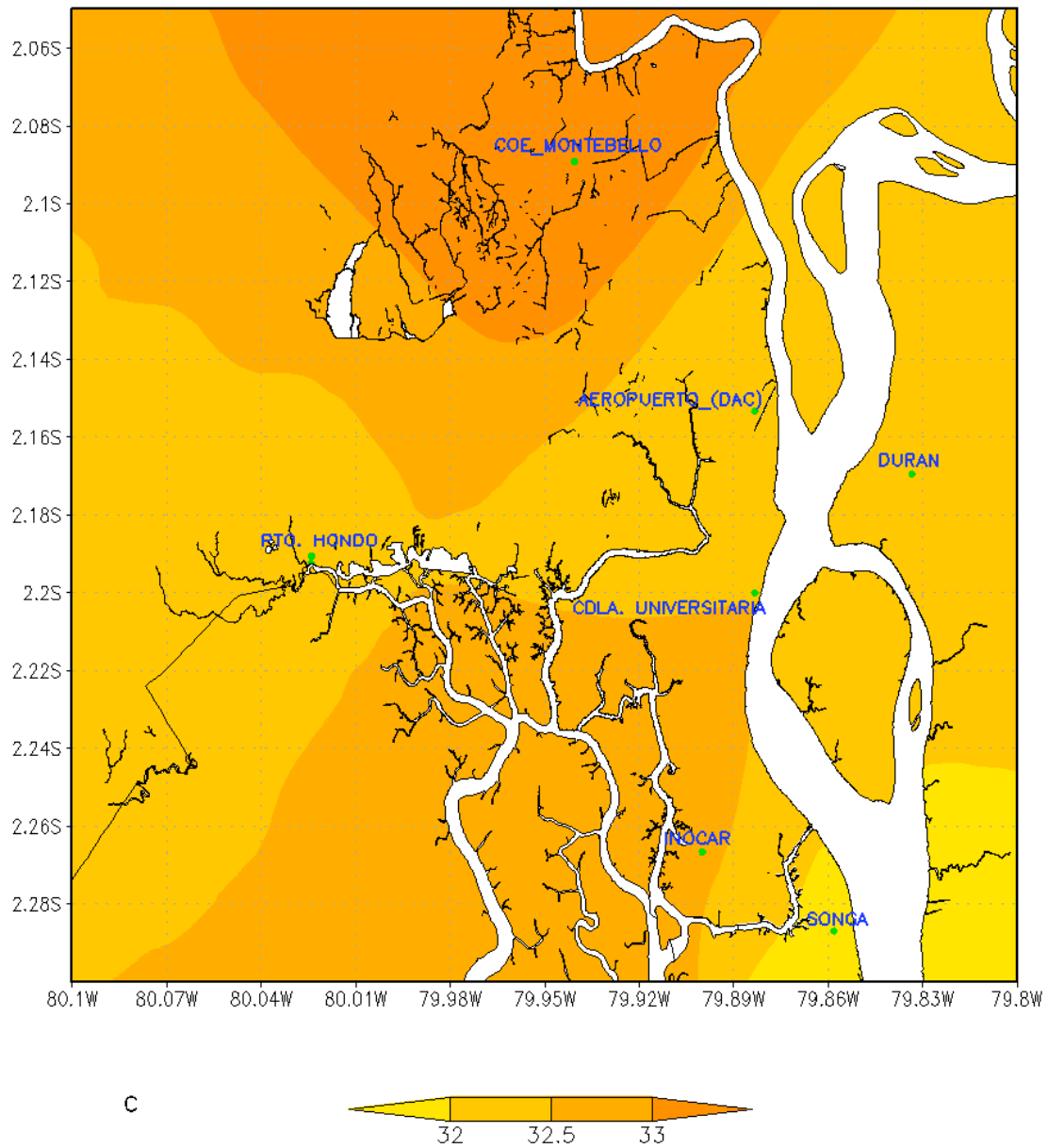


Figura 8. Temperatura Máxima Media Guayaquil.

En el mes de Abril los valores más elevados de temperatura máxima media se registraron al norte de la ciudad, en Montebello con un valor de 33.2 °C (Figura 8).

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Temperatura Mínima Media Guayaquil (°C)
Abril 2015

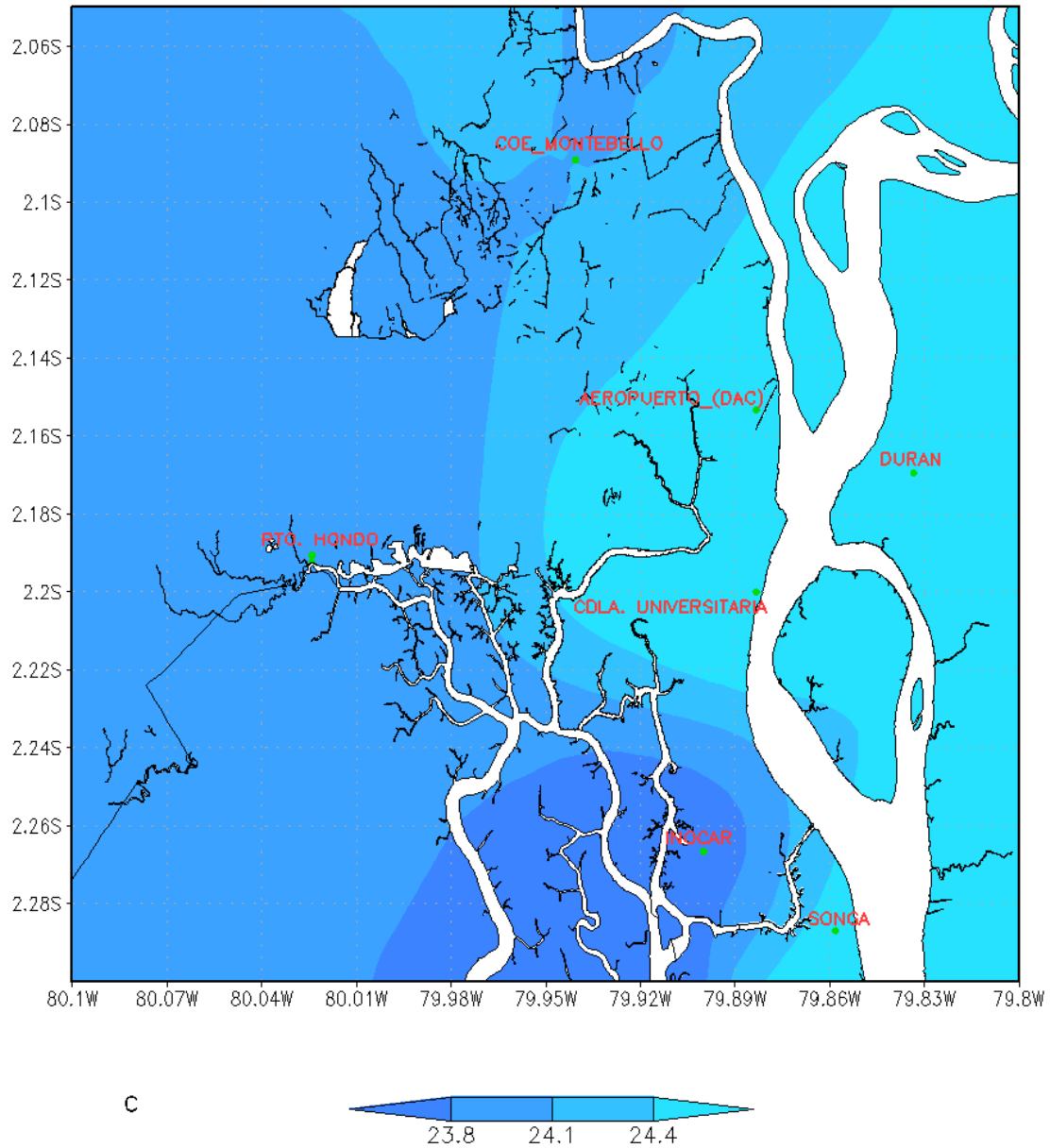


Figura 9. Temperatura Mínima Media Guayaquil.

En el mes de Abril los valores más bajos de temperatura mínima media se registraron hacia el sur de la ciudad, en Inocar con un valor de 23.6 °C (Figura 9).

3. INDICE DE CONFORT.

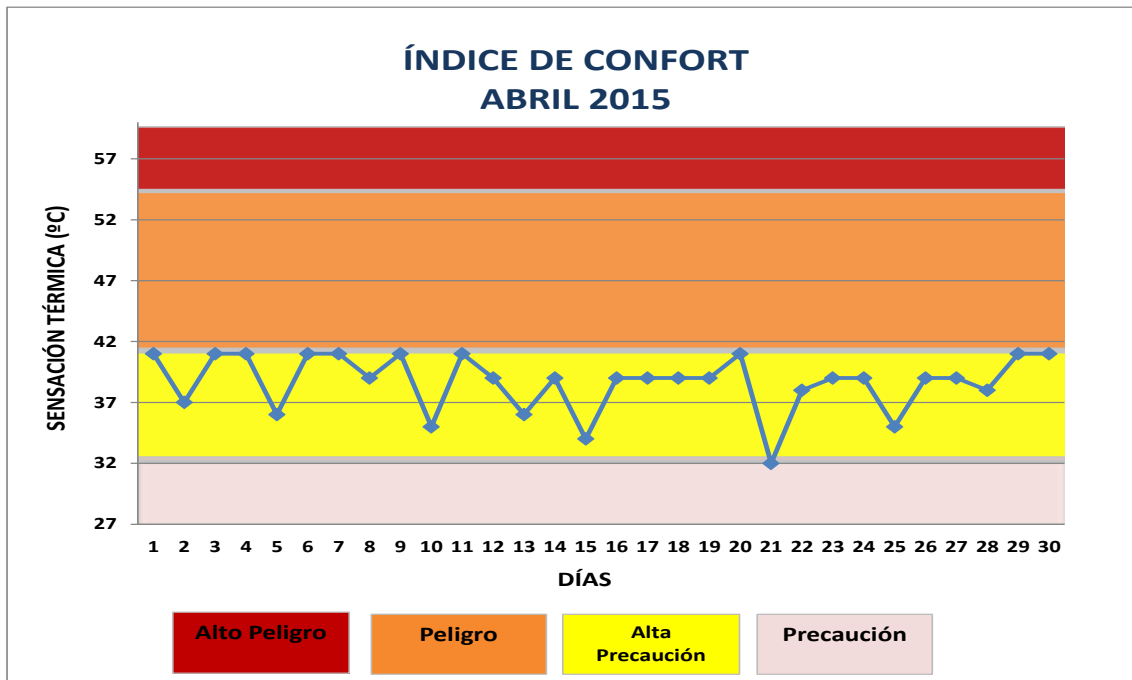


Figura 10. Índice de Confort Abril 2015.

Durante la mayor parte del mes de Abril el índice de confort estuvo en el rango de **Alta precaución**. (Figura 10).

4. VIENTO.

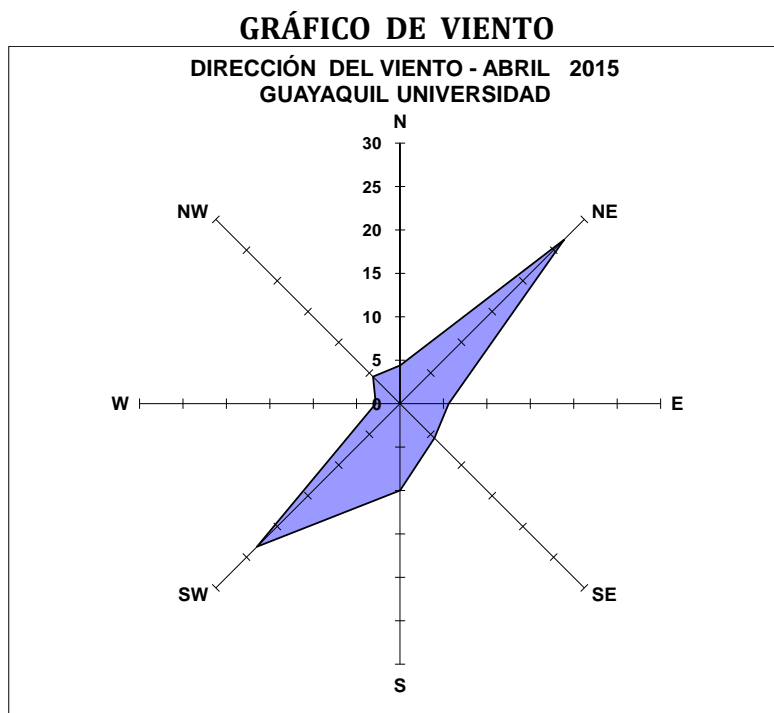


Figura 11. Dirección del viento

PROCESO DESCONCENTRADO CUENCA DEL RÍO GUAYAS

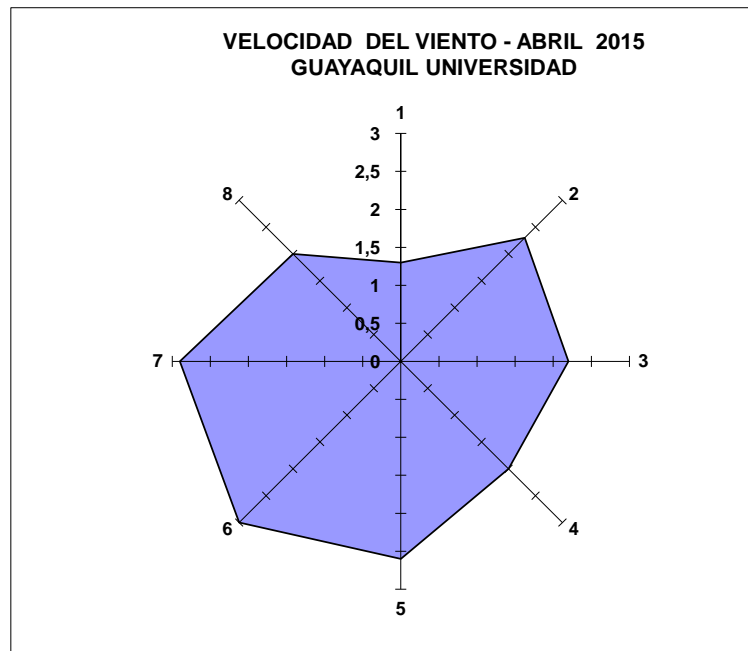


Figura 12. Velocidad del viento

La dirección predominante del viento en el mes de Abril en la estación Ciudadela Universitaria (UG) fue del Noreste (NE) (26.7 %), con una velocidad media de 2.3 m/s. La velocidad media mensual fue 2.1 m/s (Figuras 11 y 12).

Elaborado por: Ing. Carlos Naranjo S.
Revisado por: Ing. Raúl Mejía MSc.

El Boletín Climático Mensual de Guayaquil se realiza gracias a la colaboración de:

- Dirección de Aviación Civil (DAC)
- Universidad de Guayaquil (UG)
- Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR)
- GEOSERVICIOS
- COE MONTEBELLO – SGR
- SONGA
- Indulac
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Durán.
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guayaquil.

Pag.web: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>

Telef: 2532315 ext 106

Email: guayaquil@inamhi.gob.ec

Proceso Desconcentrado Cuenca del Río Guayas

BOLETÍN CLIMÁTICO MENSUAL DE GUAYAQUIL Y SUS ALREDEDORES

Boletín Mensual Año III- N°5

Guayaquil, Mayo 2015

1. PRECIPITACIÓN

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Precipitación Acumulada Mensual de Guayaquil (mm)
Mayo 2015

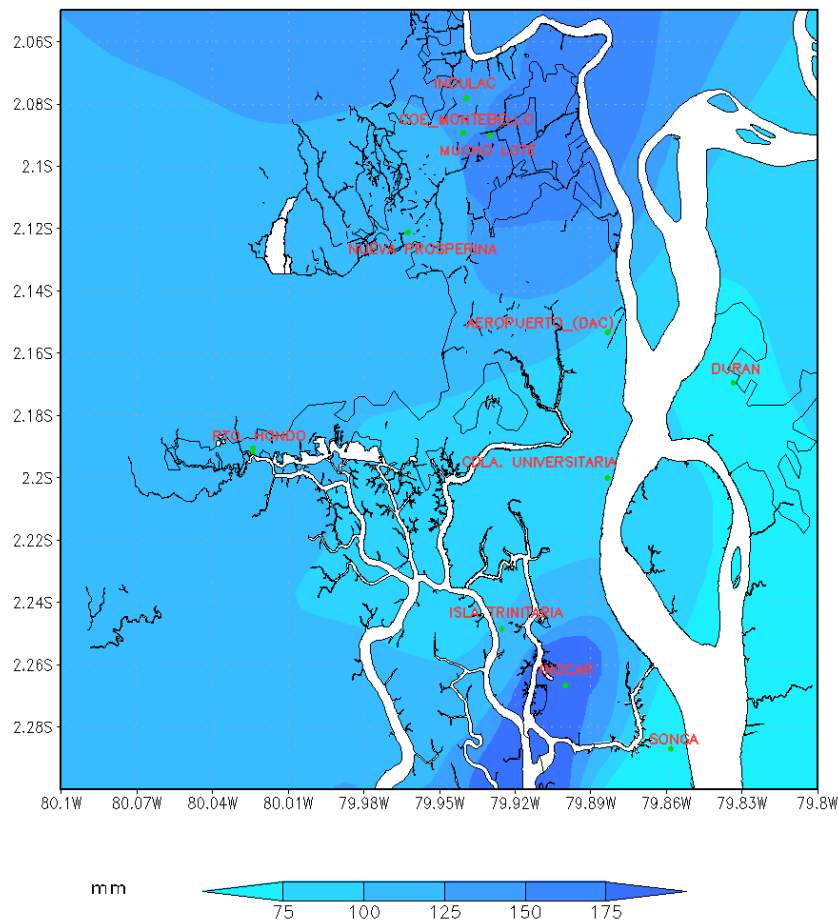


Figura 1. Precipitación acumulada Mayo 2015

Durante el mes de Mayo 2015, las mayores precipitaciones se concentraron hacia el sur de la ciudad de Guayaquil, siendo la mayor acumulada en Inocar con 199.3 mm (Figura 1).

PROCESO DESCONCENTRADO CUENCA DEL RÍO GUAYAS

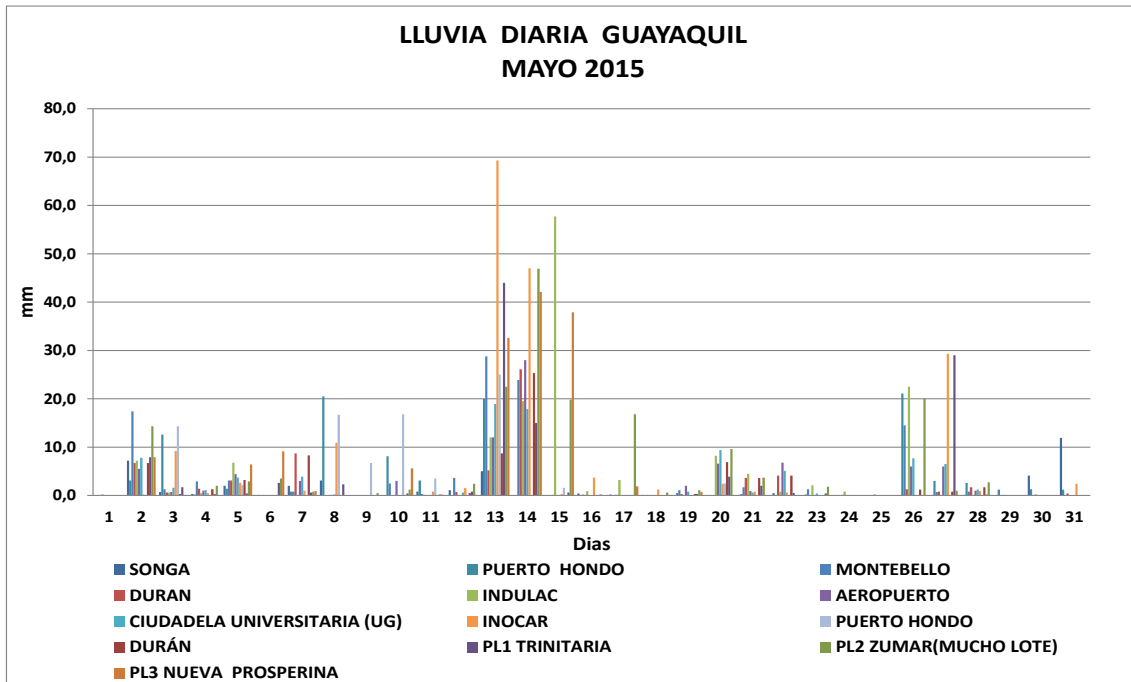


Figura 2. Lluvia Diaria Guayaquil

Se presentaron lluvias de intensidad débil a moderada en la primera y tercera década; lluvias de intensidad variable en la segunda década, algunas de ellas acompañadas de tormentas eléctricas. La máxima precipitación en 24 horas se registró en la estación Aeropuerto DAC con 69.3 mm el día 13 (Figura 2).

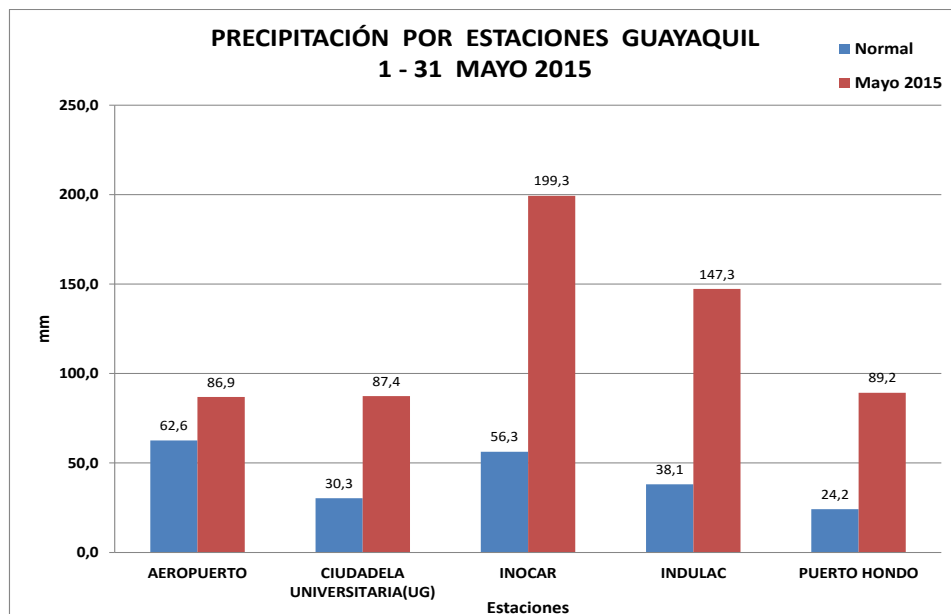


Figura 3. Comparación de totales mensuales de precipitación en relación a sus promedios.

Las precipitaciones acumuladas en el mes de Mayo 2015 en todas las estaciones superaron los valores promedios históricos del mes (Figura 3).

PRECIPITACIÓN HISTÓRICA

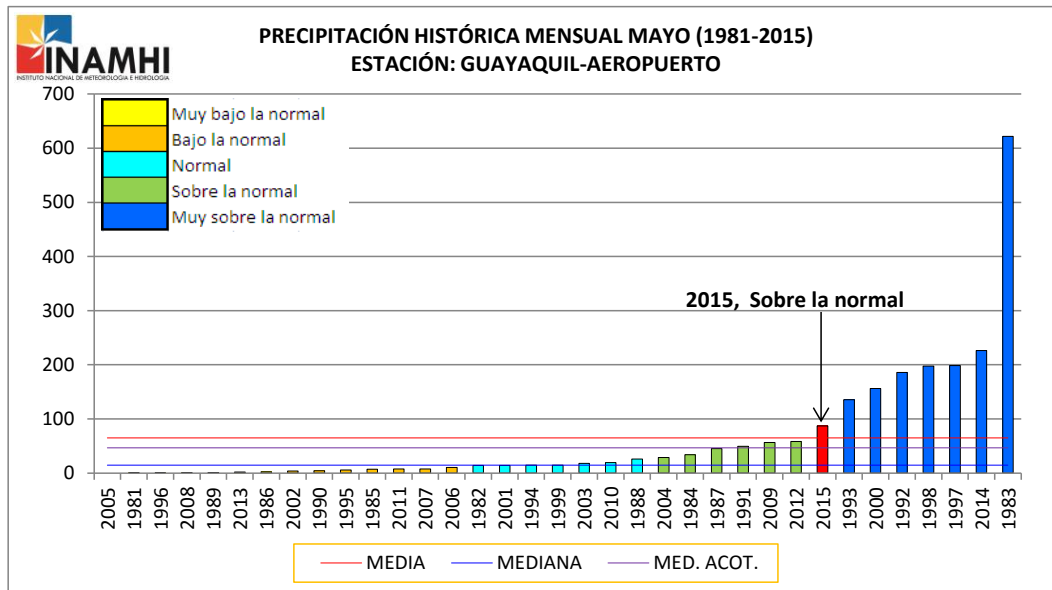


Figura 4. Precipitación histórica mensual de Mayo (1981-2015) de la estación Guayaquil (Aeropuerto)

Considerando la clasificación por quintiles, en la estación Guayaquil Aeropuerto, las precipitaciones del mes de Mayo 2015 se ubicaron en el rango: **Sobre la normal** (Figura 4).

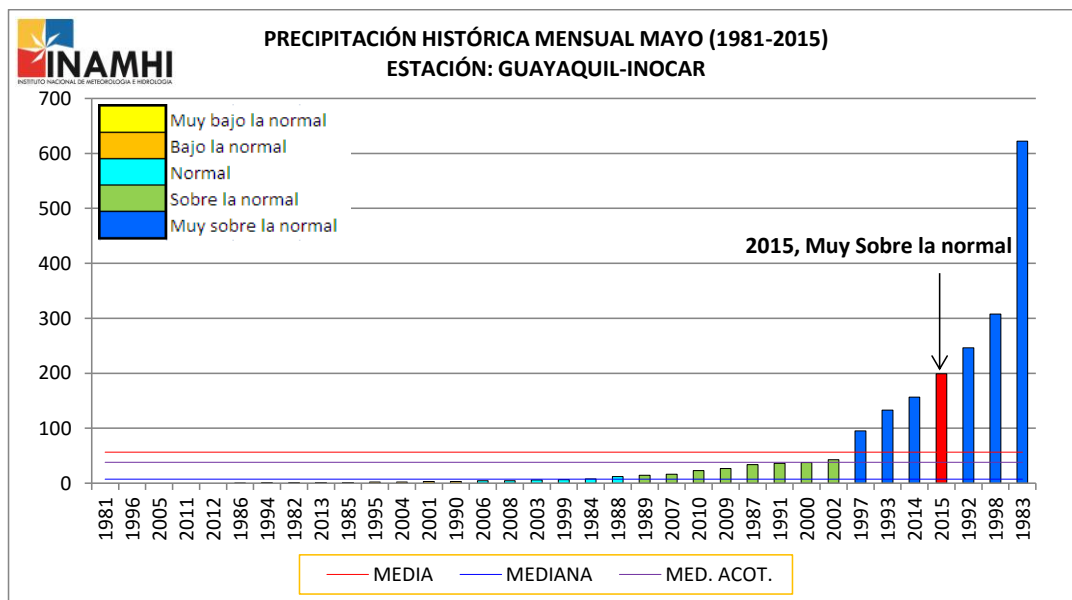


Figura 5. Precipitación histórica mensual de Mayo (1981-2015) de la estación Guayaquil (INOCAR).

Por su parte en la estación Guayaquil INOCAR, las precipitaciones del mes de Mayo 2015 se ubicaron en el rango **Muy sobre la normal** (Figura 5).

2. TEMPERATURAS.

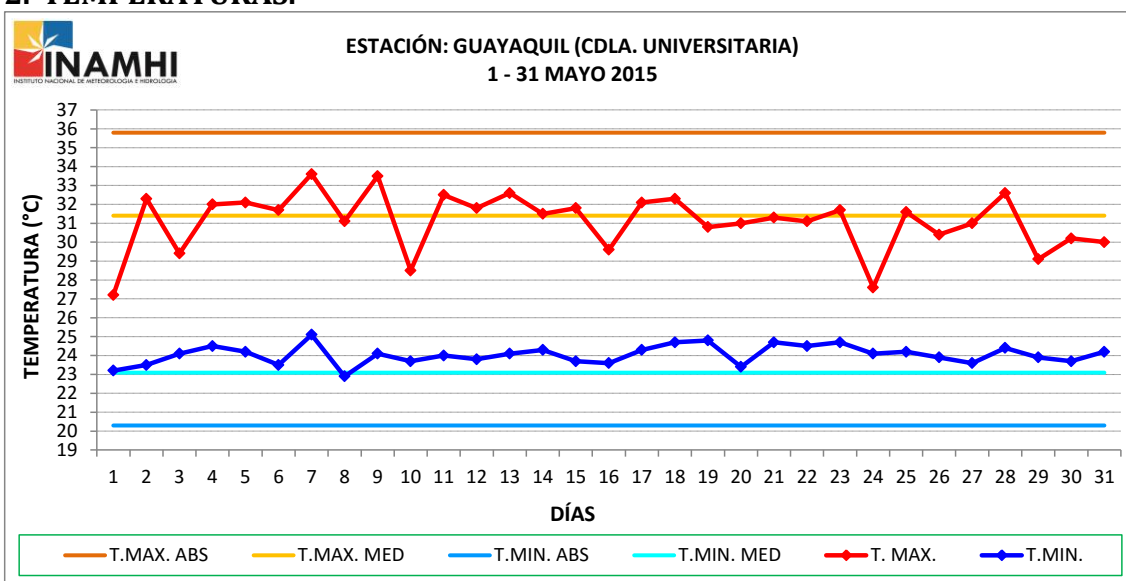


Figura 6. Temperatura diaria Ciudadela Universitaria.

En la Ciudadela Universitaria las temperaturas máximas diarias registradas presentaron un comportamiento sobre la normal en la primera y segunda década e irregular en la tercera década, siendo la máxima del mes 33.6 °C registrado el día 7. Por su parte, las mínimas diarias fluctuaron sobre la normal la mayor parte del mes, siendo la mínima de 22.9 °C el día 8 (Figura 6).

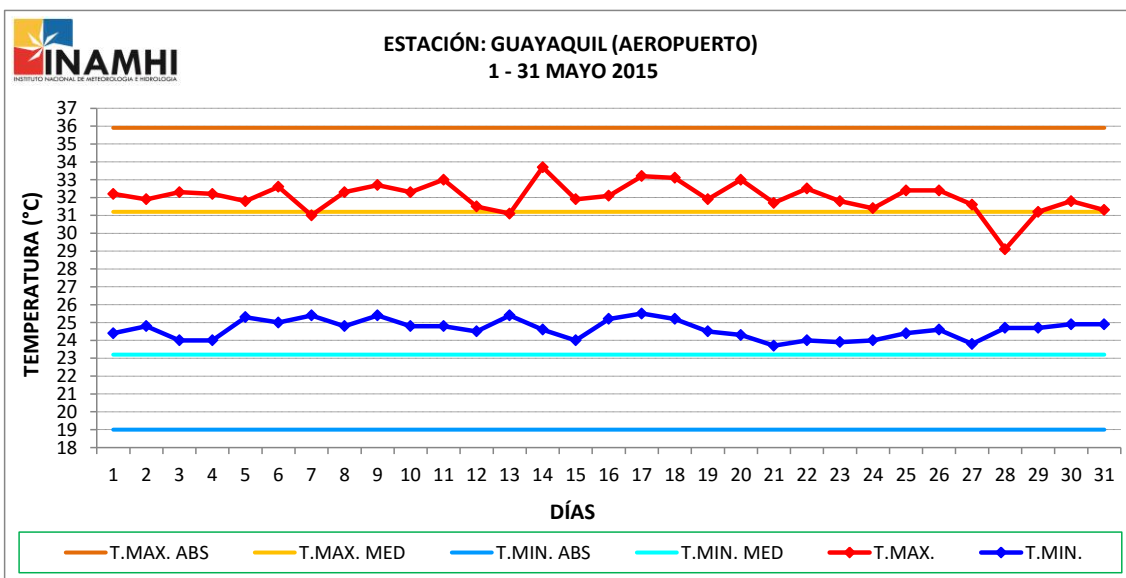


Figura 7. Temperatura diaria Guayaquil Aeropuerto.

En la estación del Aeropuerto las temperaturas máximas diarias registradas fluctuaron alrededor de la normal todo el mes, siendo la máxima del mes 33.7 °C registrado el día 14, mientras que las mínimas diarias fluctuaron sobre la normal, siendo la mínima del mes de 23.7 °C el día 21 (Figura 7).

PROCESO DESCONCENTRADO CUENCA DEL RÍO GUAYAS

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Temperatura Máxima Media Mensual Guayaquil (°C)
Mayo 2015

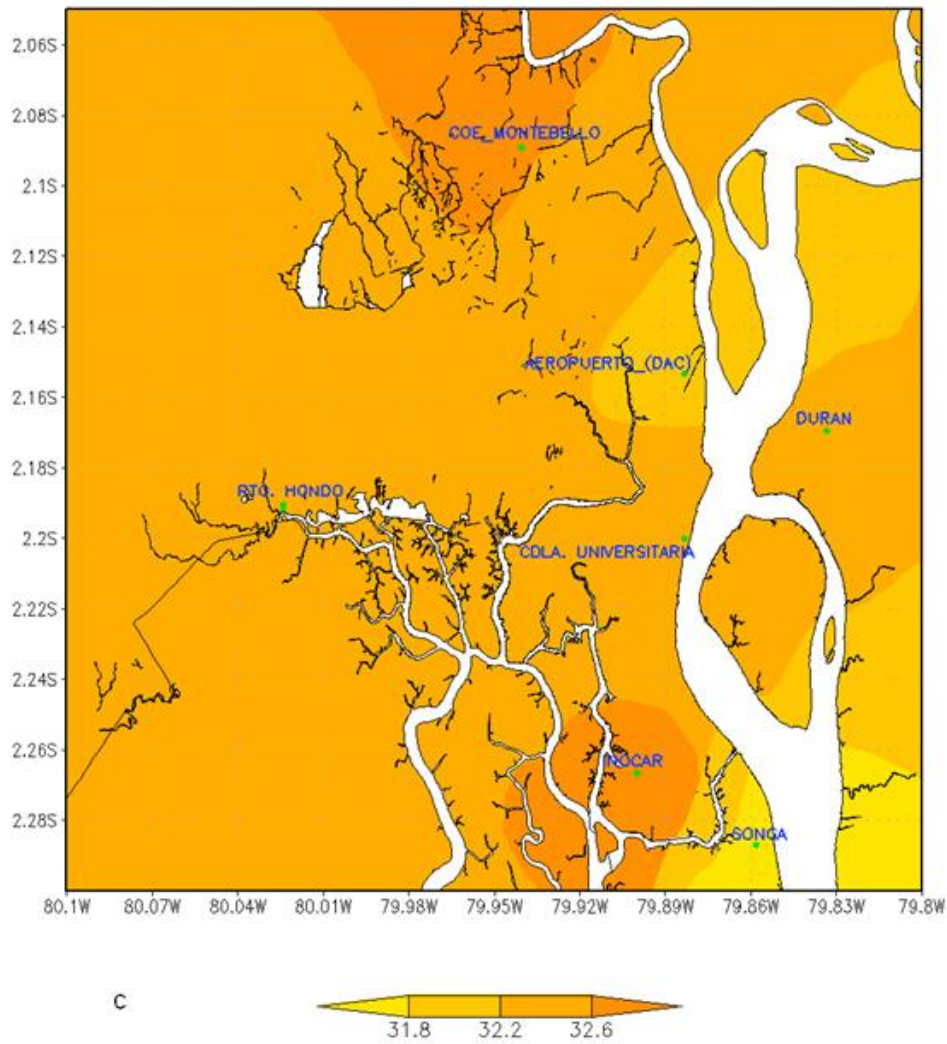


Figura 8. Temperatura Máxima Media Guayaquil.

En el mes de Mayo los valores más elevados de temperatura máxima media se registraron al sur de la ciudad, en Inocar con un valor de 32.7 °C (Figura 8).

PROCESO DESCONCENTRADO CUENCA DEL RÍO GUAYAS

REPUBLICA DEL ECUADOR

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Temperatura Mínima Media Mensual Guayaquil (C)

Mayo 2015

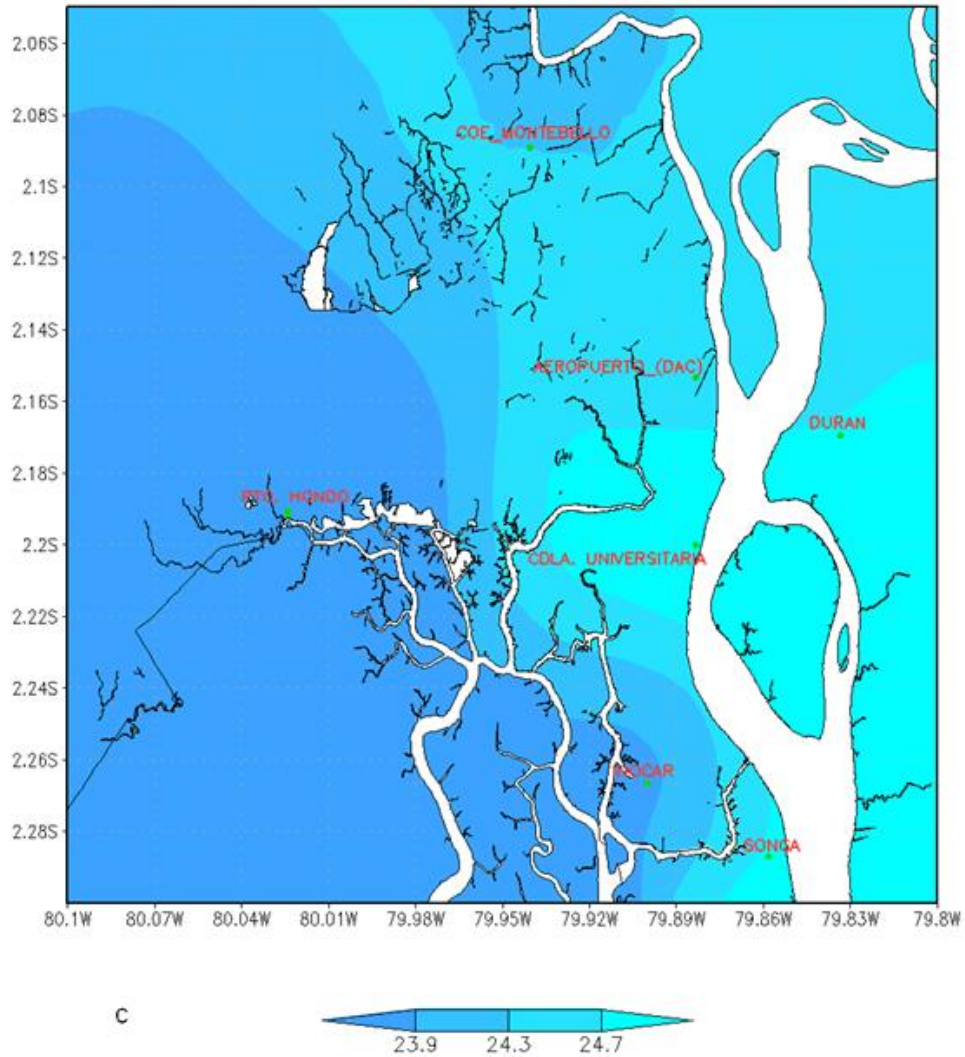


Figura 9. Temperatura Mínima Media Guayaquil.

En el mes de Mayo los valores más bajos de temperatura mínima media se registraron hacia el sur y oeste de la ciudad, en Inocar y Puerto Hondo con un valor de 23.8°C (Figura 9).

3. ÍNDICE DE CONFORT.

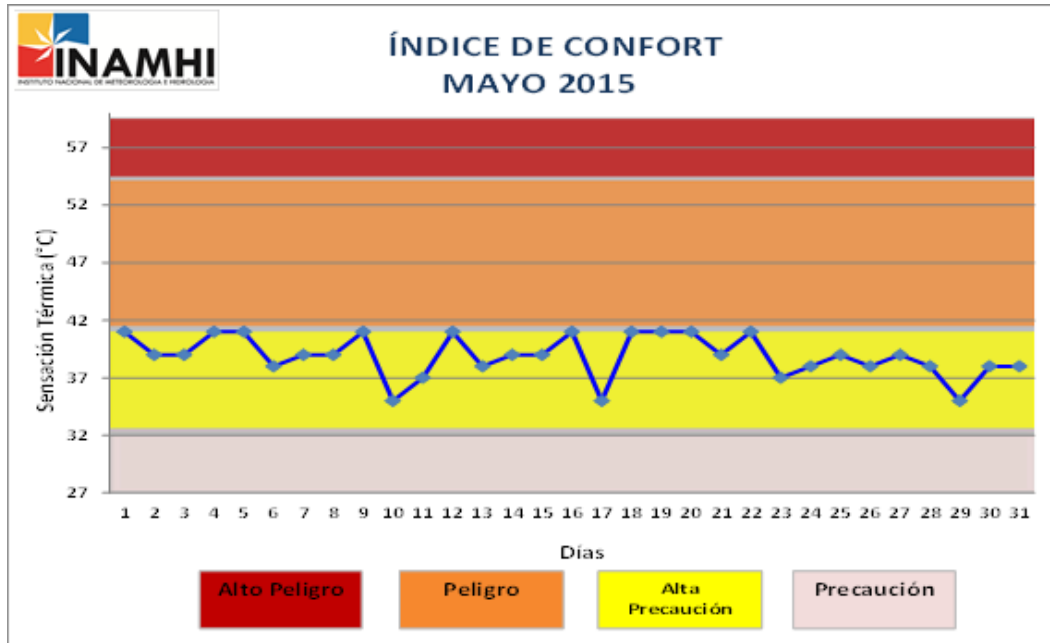


Figura 10. Índice de Confort Mayo 2015.

Durante la mayor parte del mes de Mayo el índice de confort estuvo en el rango de **Alta precaución**. (Figura 10).

4. VIENTO.

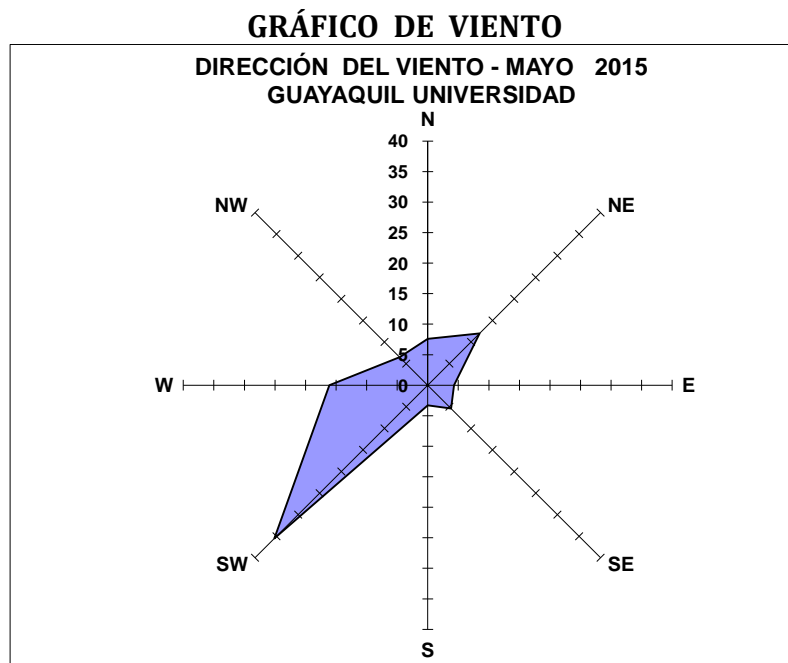


Figura 11. Dirección del viento

PROCESO DESCONCENTRADO CUENCA DEL RÍO GUAYAS

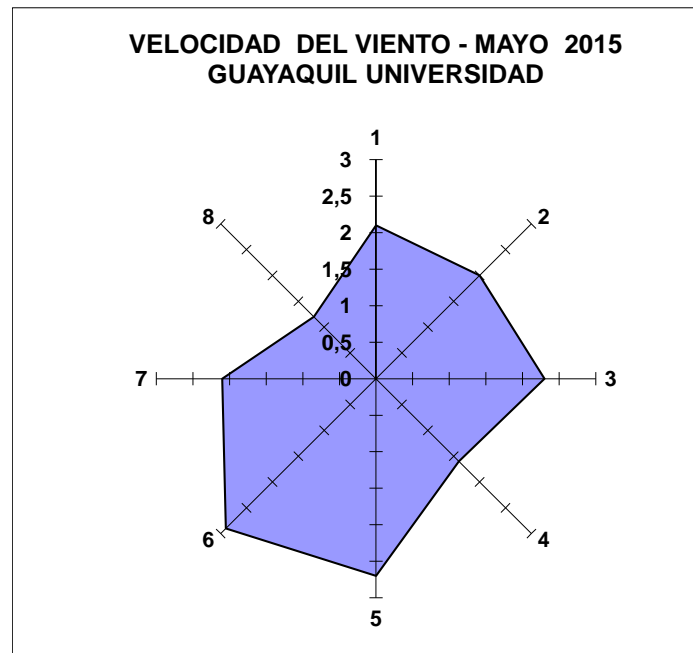


Figura 12. Velocidad del viento

La dirección predominante del viento en el mes de Mayo en la estación Ciudadela Universitaria (UG) fue del Suroeste (SW) (35.5 %), con una velocidad media de 2.9 m/s. La velocidad media mensual fue 2.1 m/s (Figuras 11 y 12).

Elaborado por: Ing. Carlos Naranjo S.
Revisado por: Ing. Raúl Mejía MSc.

El Boletín Climático Mensual de Guayaquil se realiza gracias a la colaboración de:

- Dirección de Aviación Civil (DAC)
- Universidad de Guayaquil (UG)
- Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR)
- GEOSERVICIOS
- COE MONTEBELLO – SGR
- SONGA
- Indulac
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Durán.
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guayaquil.

Pag.web: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>

Telef: 2532315 ext 106

Email: guayaquil@inamhi.gob.ec

Proceso Desconcentrado Cuenca del Río Guayas

BOLETÍN CLIMÁTICO MENSUAL DE GUAYAQUIL Y SUS ALREDEDORES

Boletín Mensual Año III- N°6

Guayaquil, Junio 2015

1. PRECIPITACIÓN

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Precipitación Acumulada Mensual de Guayaquil (mm)
Junio 2015

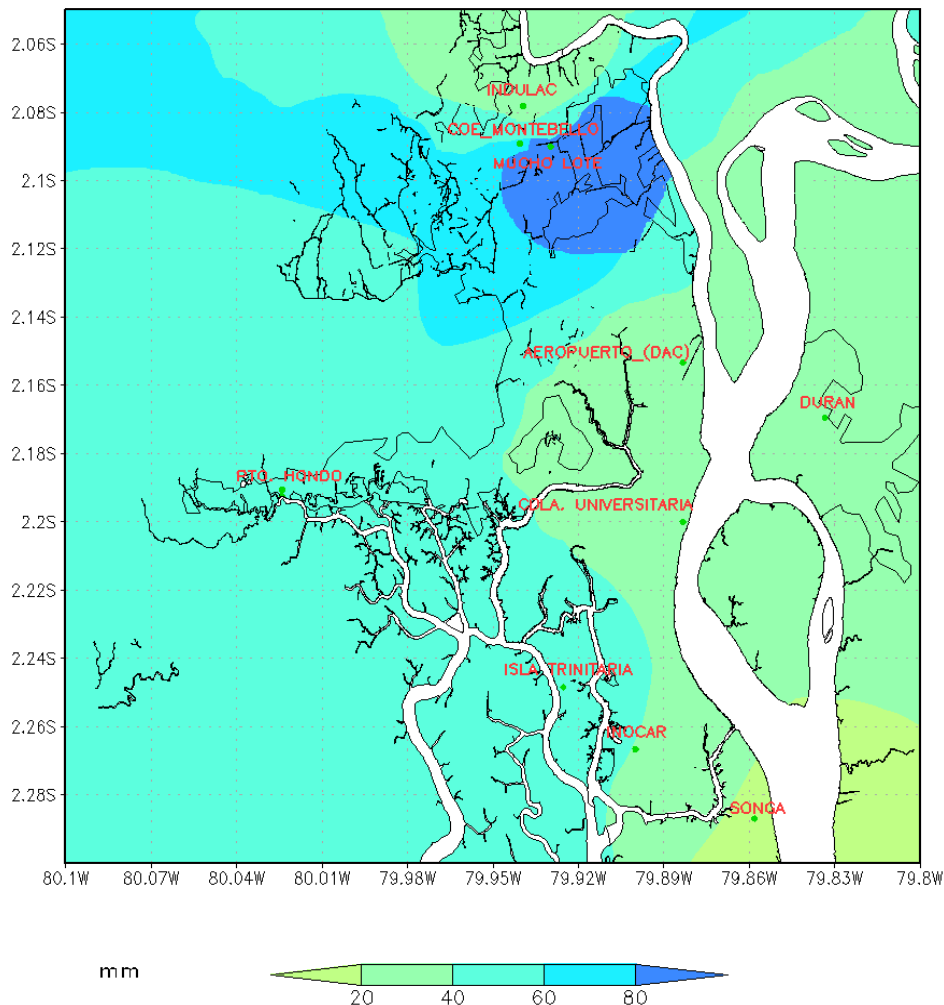


Figura 1. Precipitación acumulada Junio 2015

Durante el mes de Junio 2015, las mayores precipitaciones se concentraron hacia el norte de la ciudad de Guayaquil, siendo la mayor acumulada en Mucho Lote con 109.4 mm. (Figura 1).

PROCESO DESCONCENTRADO CUENCA DEL RÍO GUAYAS

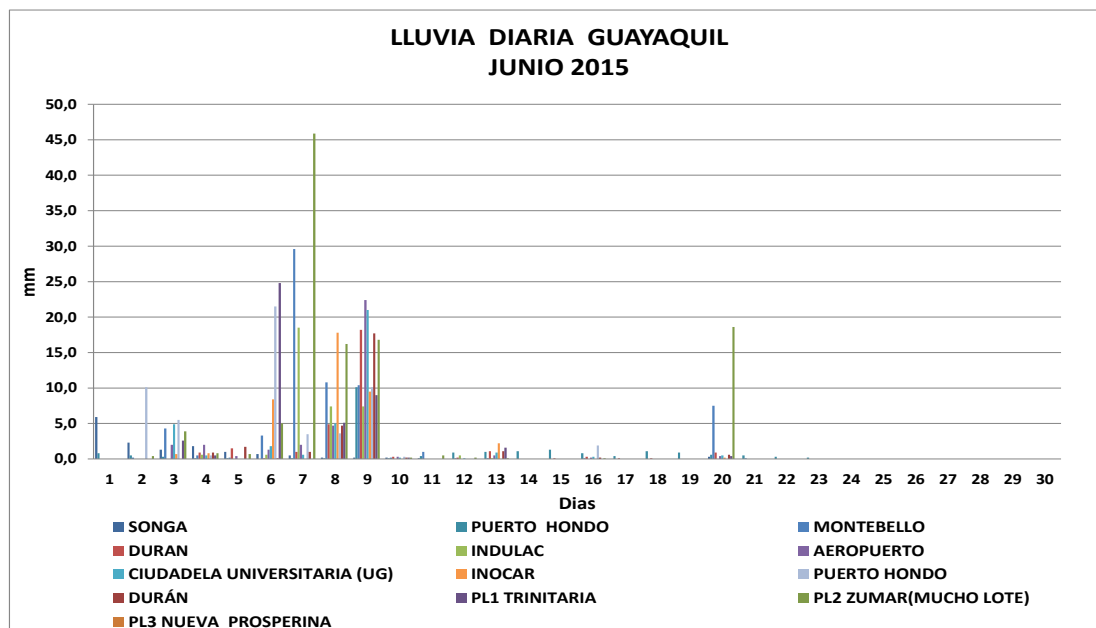


Figura 2. Lluvia Diaria Guayaquil

Se presentaron lluvias de intensidad variable en la primera década; lluvias débiles en la segunda década y nulas en la tercera. La máxima precipitación en 24 horas se registró en la estación Mucho Lote con 45.9 mm el día 7 (Figura 2).

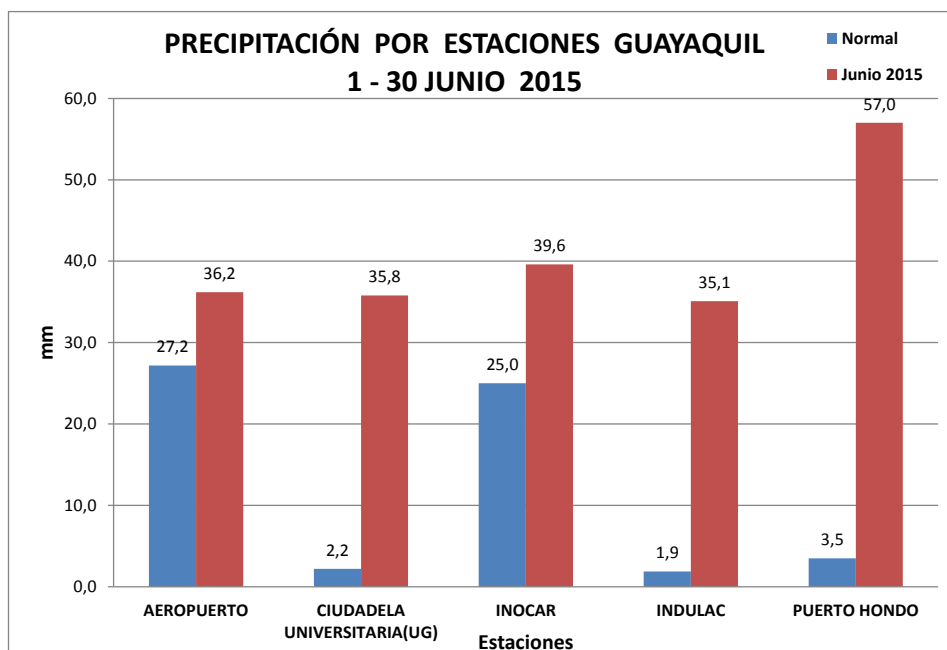


Figura 3. Comparación de totales mensuales de precipitación en relación a sus promedios.

Las precipitaciones acumuladas en el mes de Junio 2015 en todas las estaciones superaron los valores promedios históricos del mes (Figura 3).

PRECIPITACIÓN HISTÓRICA

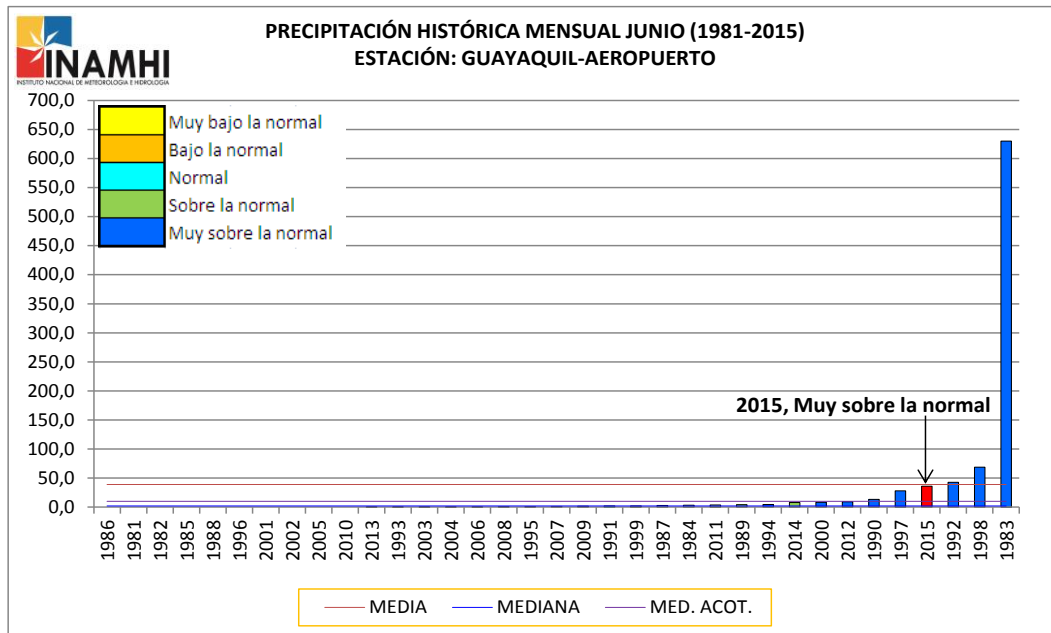


Figura 4. Precipitación histórica mensual de Junio (1981-2015) de la estación Guayaquil (Aeropuerto)

Considerando la clasificación por quintiles, en la estación Guayaquil Aeropuerto, las precipitaciones del mes de Junio 2015 se ubicaron en el rango: **Muy sobre la normal** (Figura 4).

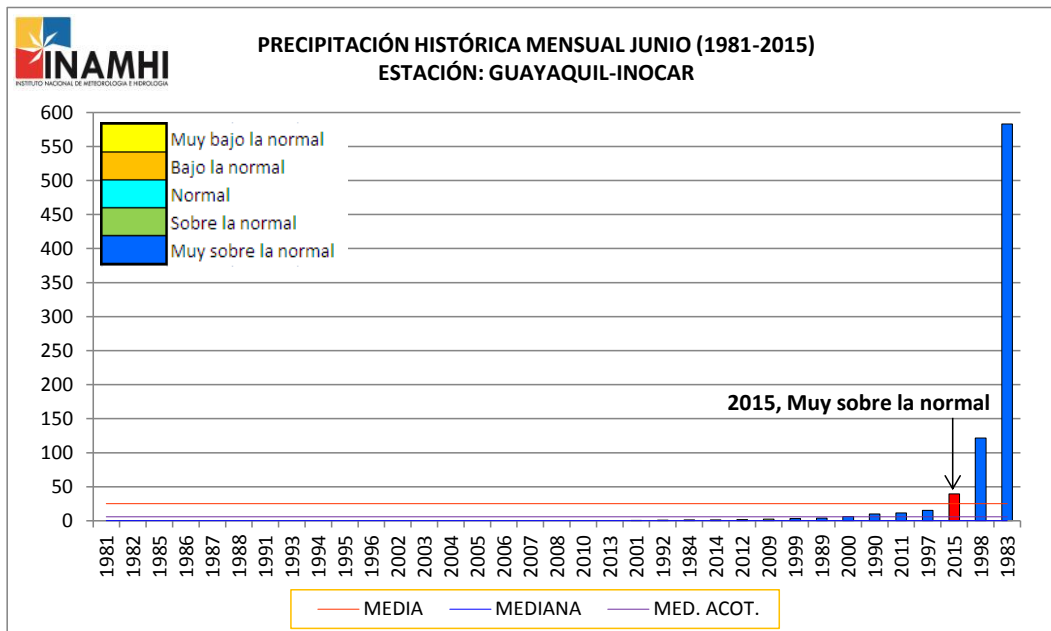


Figura 5. Precipitación histórica mensual de Junio (1981-2015) de la estación Guayaquil (INOCAR).

Por su parte en la estación Guayaquil INOCAR, las precipitaciones del mes de Junio 2015 se ubicaron en el rango **Muy sobre la normal** (Figura 5).

2. TEMPERATURAS.

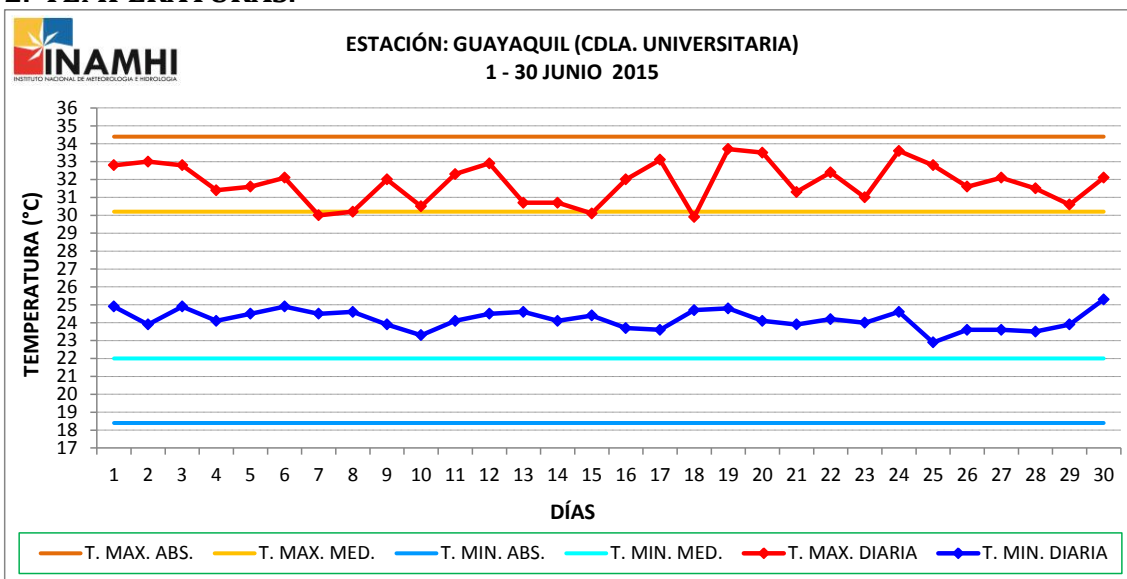


Figura 6. Temperatura diaria Ciudadela Universitaria.

En la Ciudadela Universitaria las temperaturas máximas diarias registradas presentaron un comportamiento sobre la normal en todo el mes, siendo la máxima del mes 33.7 °C registrado el día 19. Por su parte, las mínimas diarias fluctuaron sobre la normal todo el mes, siendo la mínima de 22.9 °C el día 25 (Figura 6).

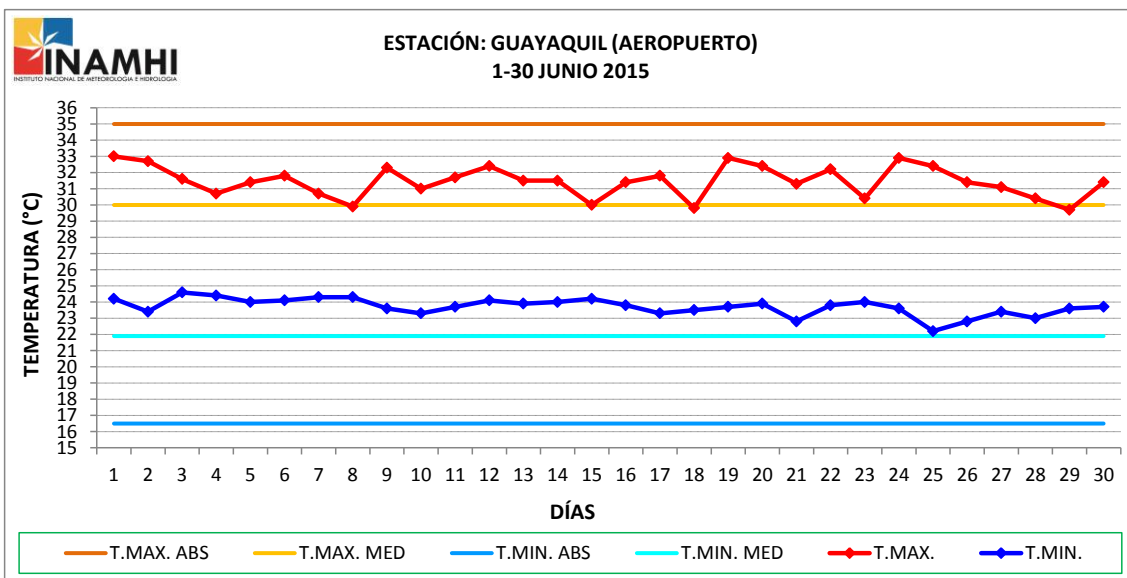


Figura 7. Temperatura diaria Guayaquil Aeropuerto.

En la estación del Aeropuerto las temperaturas máximas diarias registradas fluctuaron sobre la normal todo el mes, siendo la máxima del mes 33.0 °C registrado el día 1. Por su parte las mínimas diarias fluctuaron sobre la normal todo el mes, siendo la mínima del mes de 22.2 °C el día 25 (Figura 7).

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Temperatura Máxima Media Mensual Guayaquil (C)
Junio 2015

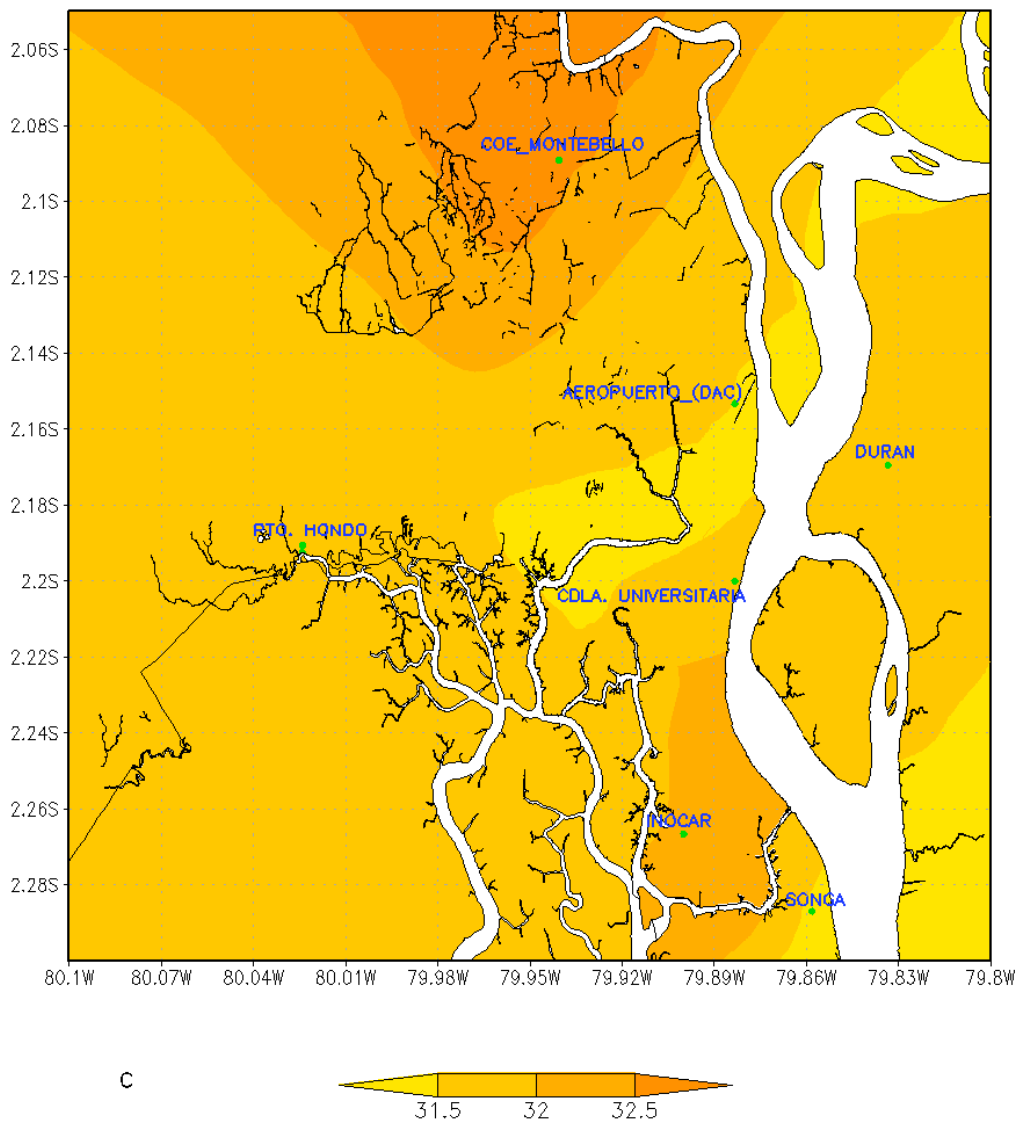


Figura 8. Temperatura Máxima Media Guayaquil.

En el mes de Junio los valores más elevados de temperatura máxima media se registraron al norte de la ciudad, en Montebello con un valor de 32.7 °C (Figura 8).

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Temperatura Mínima Media Mensual Guayaquil (C)
Junio 2015

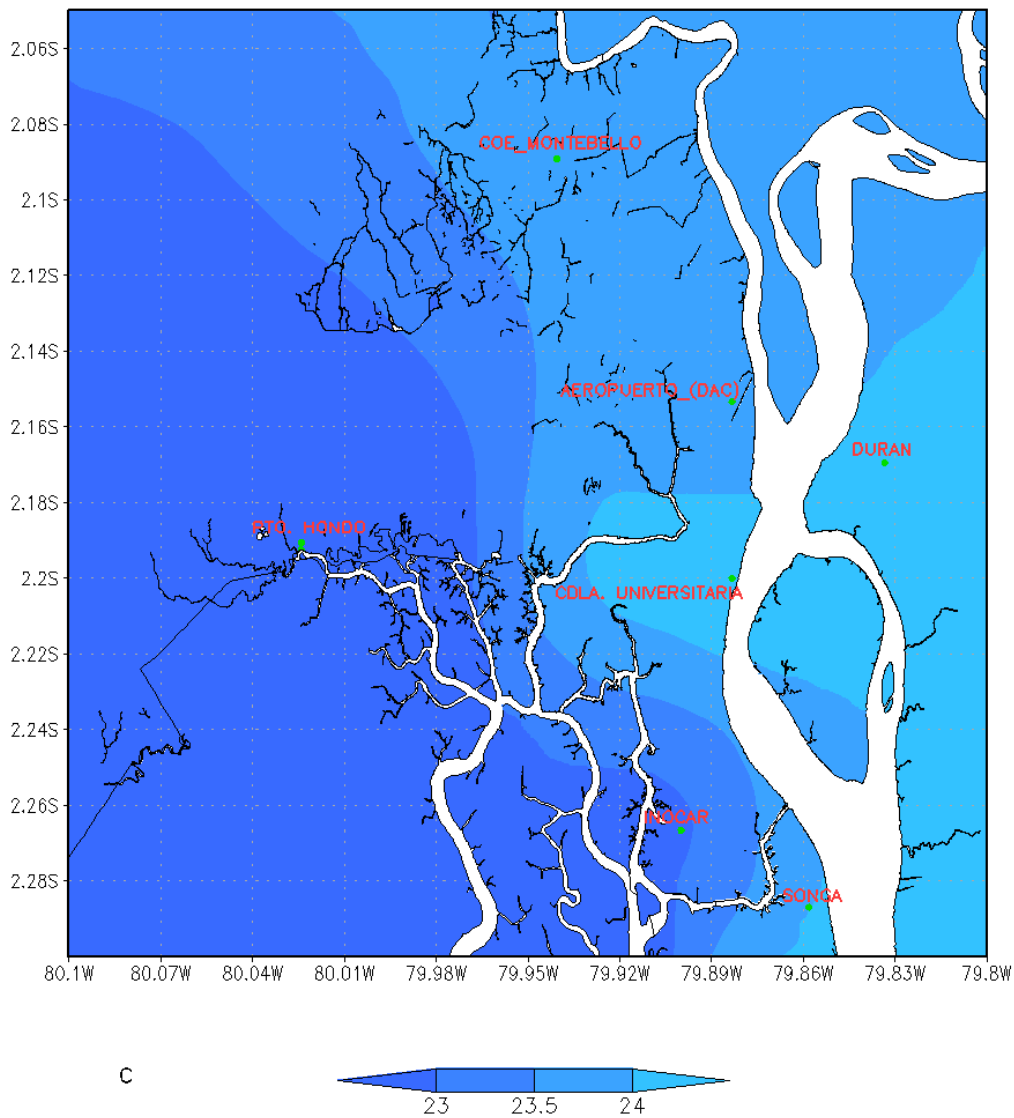


Figura 9. Temperatura Mínima Media Guayaquil.

En el mes de Junio los valores más bajos de temperatura mínima media se registraron hacia el oeste de la ciudad Puerto Hondo con un valor de 22.7°C (Figura 9).

3. INDICE DE CONFORT.

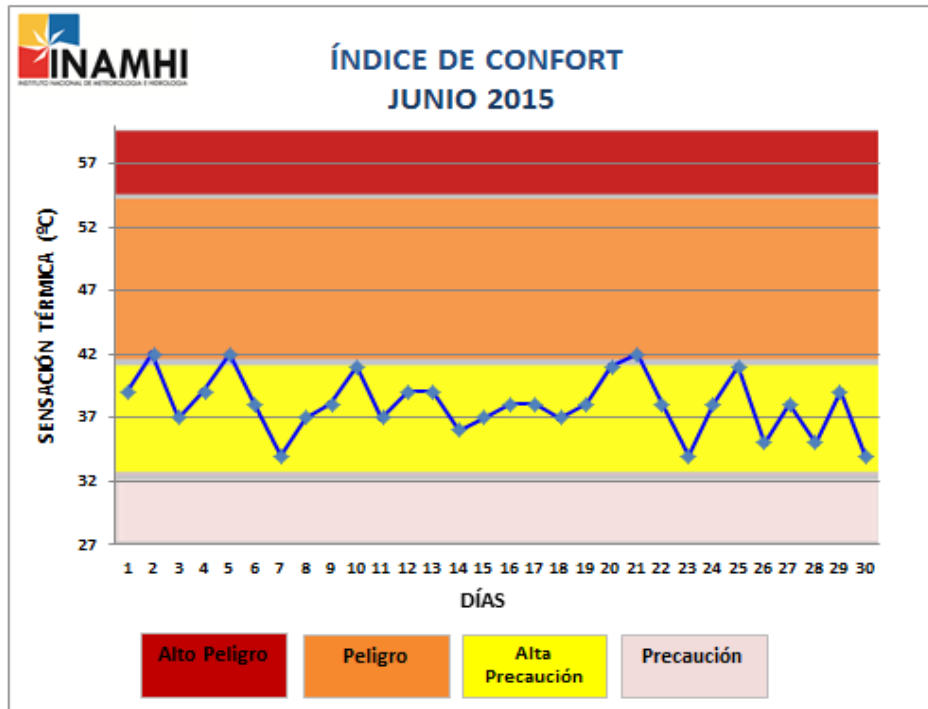


Figura 10. Índice de Confort Junio 2015.

Durante todo el mes de Junio el índice de confort estuvo en el rango de **Alta precaución**. (Figura 10).

4. VIENTO.

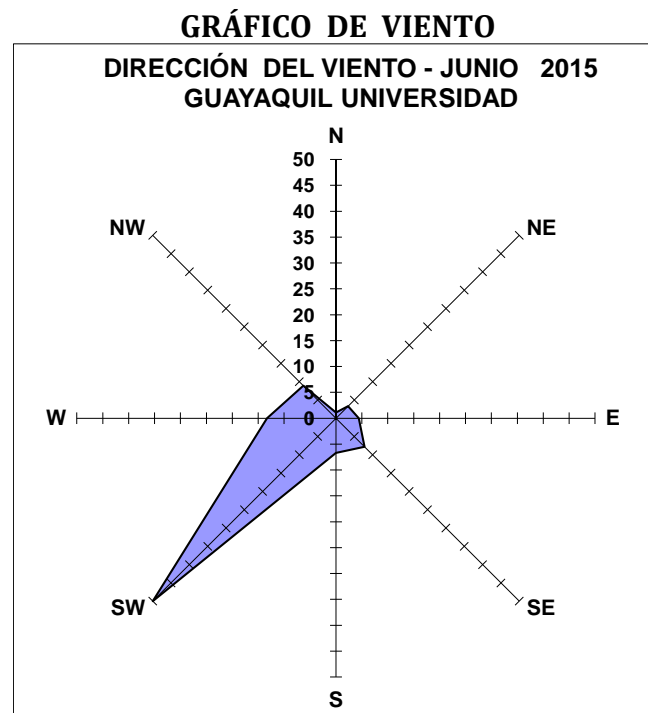


Figura 11. Dirección del viento

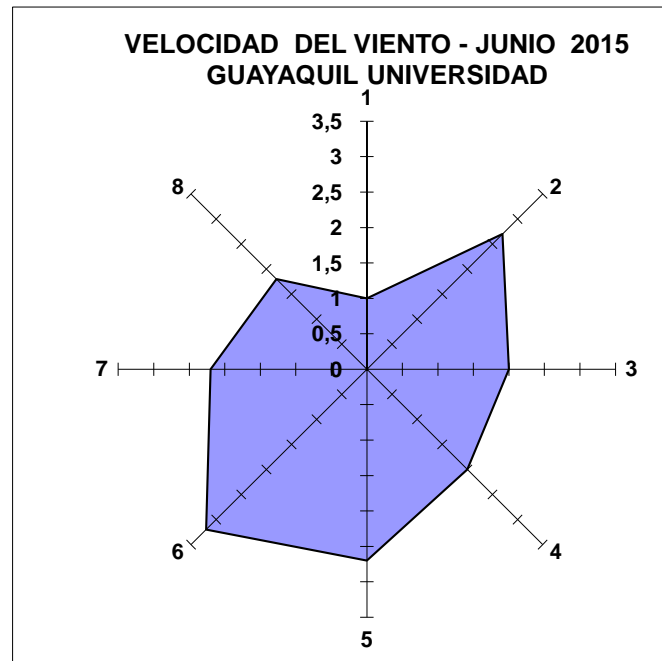


Figura 12. Velocidad del viento

La dirección predominante del viento en el mes de Junio en la estación Ciudadela Universitaria (UG) fue del Suroeste (SW) (50.0 %), con una velocidad media de 3.2 m/s. La velocidad media mensual fue 2.2 m/s (Figuras 11 y 12).

Elaborado por: Ing. Carlos Naranjo S. e Ing. Boris Malavé

Revisado por: Ing. Raúl Mejía MSc.

El Boletín Climático Mensual de Guayaquil se realiza gracias a la colaboración de:

- Dirección de Aviación Civil (DAC)
- Universidad de Guayaquil (UG)
- Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR)
- GEOSERVICIOS
- COE MONTEBELLO – SGR
- SONGA
- Indulac
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Durán.
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guayaquil.

Pag.web: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>

Telef: 2532315 ext 106

Email: guayaquil@inamhi.gob.ec

Proceso Desconcentrado Cuenca del Río Guayas

BOLETÍN CLIMÁTICO MENSUAL DE GUAYAQUIL Y SUS ALREDEDORES

Boletín Mensual Año III- N°7

Guayaquil, Julio 2015

1. PRECIPITACIÓN

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Precipitación Acumulada Mensual de Guayaquil (mm)
Julio 2015

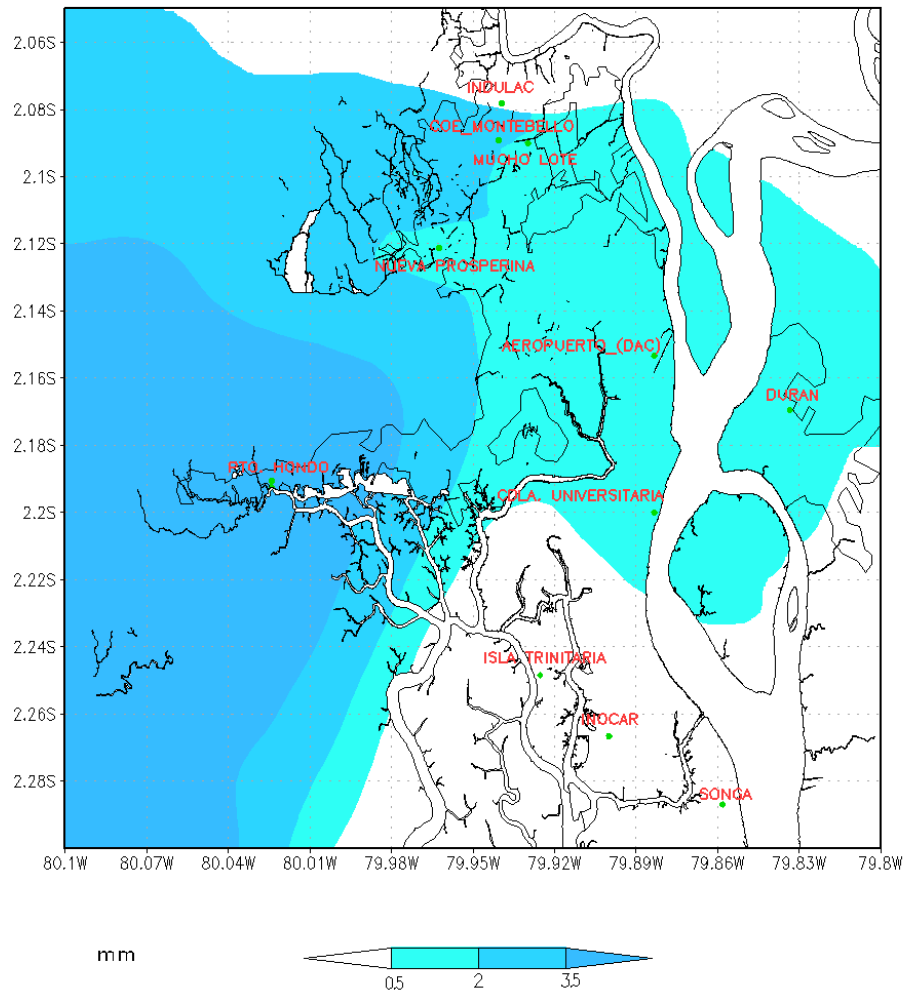


Figura 1. Precipitación acumulada Julio 2015

Durante el mes de Julio 2015, las mayores precipitaciones se concentraron hacia el oeste de la ciudad de Guayaquil, siendo la mayor acumulada en Puerto Hondo con 3.2 mm. (Figura 1).

PROCESO DESCONCENTRADO CUENCA DEL RÍO GUAYAS

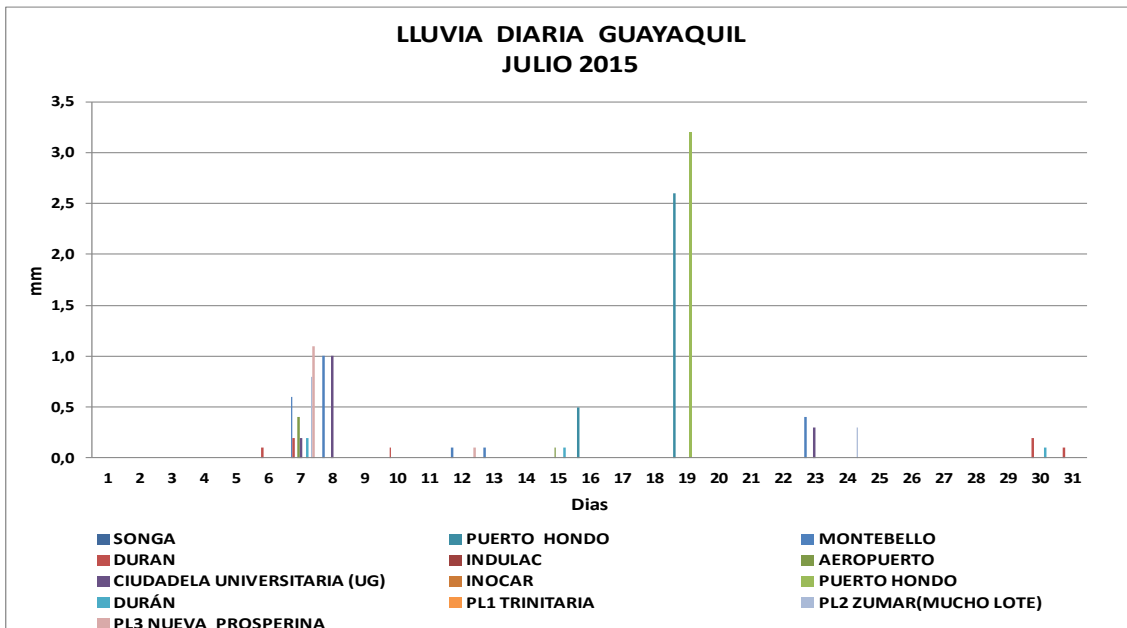


Figura 2. Lluvia Diaria Guayaquil

Se presentaron precipitaciones débiles y aisladas en el mes de Julio. La máxima precipitación en 24 horas se registró en la estación Puerto Hondo con 3.2 mm el día 19 (Figura 2).

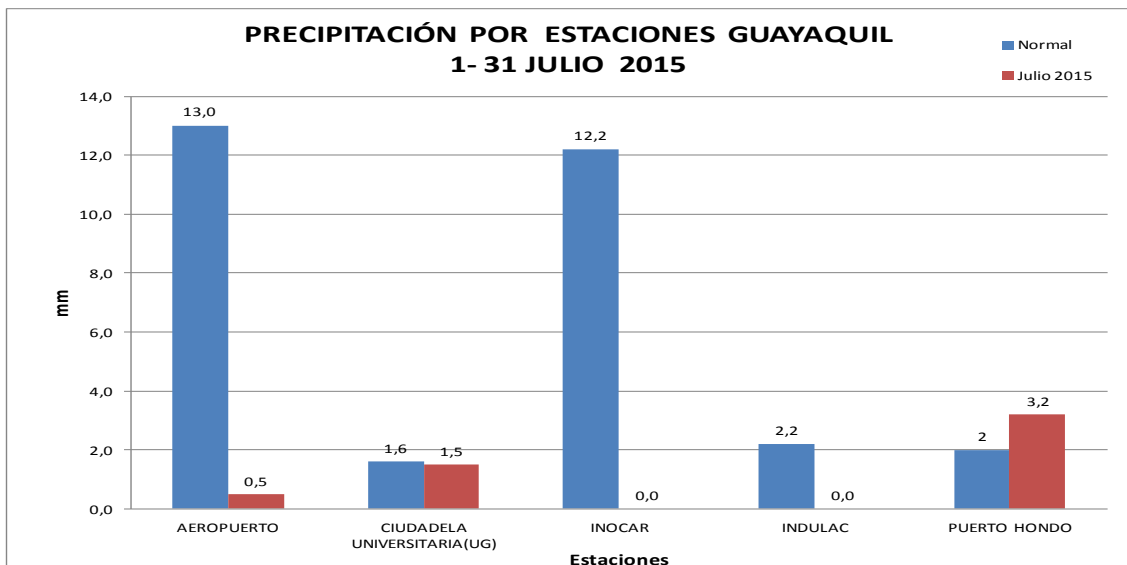


Figura 3. Normales correspondientes a Aeropuerto 1981 – 2010, Ciudadela Universitaria 2002- 2014, Inocar 1981 – 2010, INDULAC 2008-2014, Puerto Hondo 2008-2014.

Las precipitaciones acumuladas en el mes de Julio 2015 en las estaciones Aeropuerto, Inocar e Indulac estuvieron bajo la normal, en la Ciudadela Universitaria alrededor de la normal y Puerto Hondo supero los valores promedios históricos del mes, considerando que en las esaciones de Indulac y Puerto Hondo, el promedio corresponde al período 2008-2014 (Figura 3).

PRECIPITACIÓN HISTÓRICA

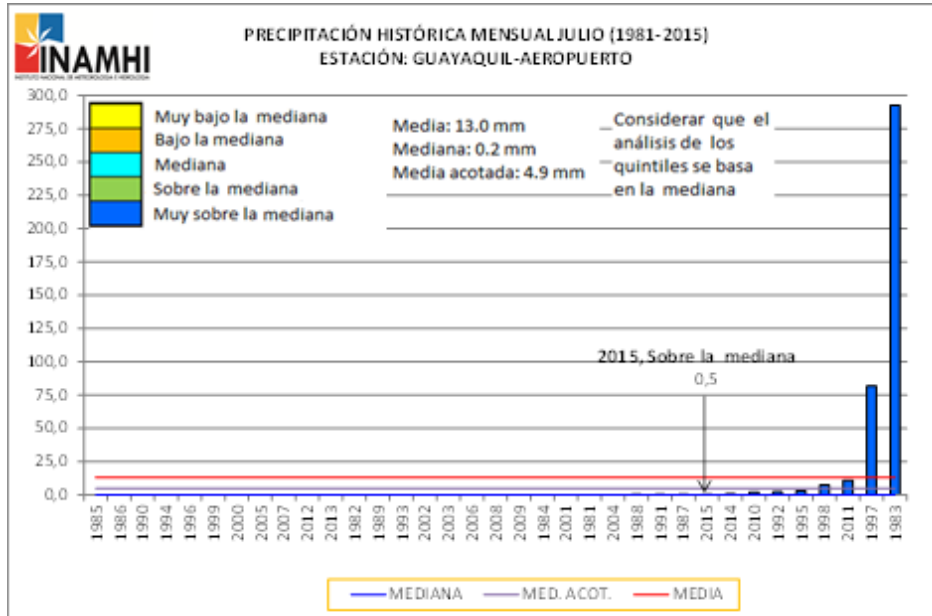


Figura 4. Precipitación histórica mensual de Julio (1981-2015) de la estación Guayaquil (Aeropuerto)

Considerando la clasificación por quintiles, en la estación Guayaquil Aeropuerto, las precipitaciones del mes de Julio 2015 se ubicaron en el rango: **sobre la mediana** (Figura 4).

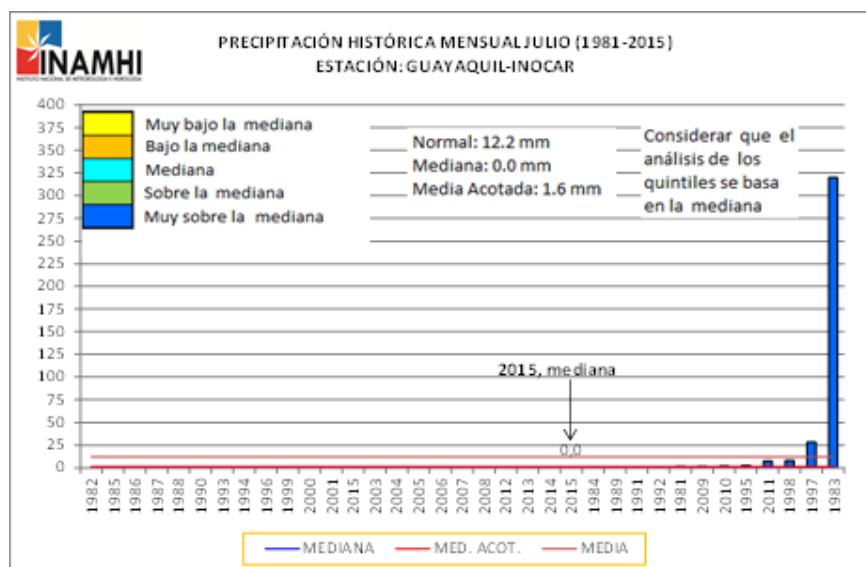


Figura 5. Precipitación histórica mensual de Julio (1981-2015) de la estación Guayaquil (INOCAR).

Por su parte en la estación Guayaquil INOCAR, las precipitaciones del mes de Julio 2015 se ubicaron en el rango **mediana** (Figura 5).

2. TEMPERATURAS.

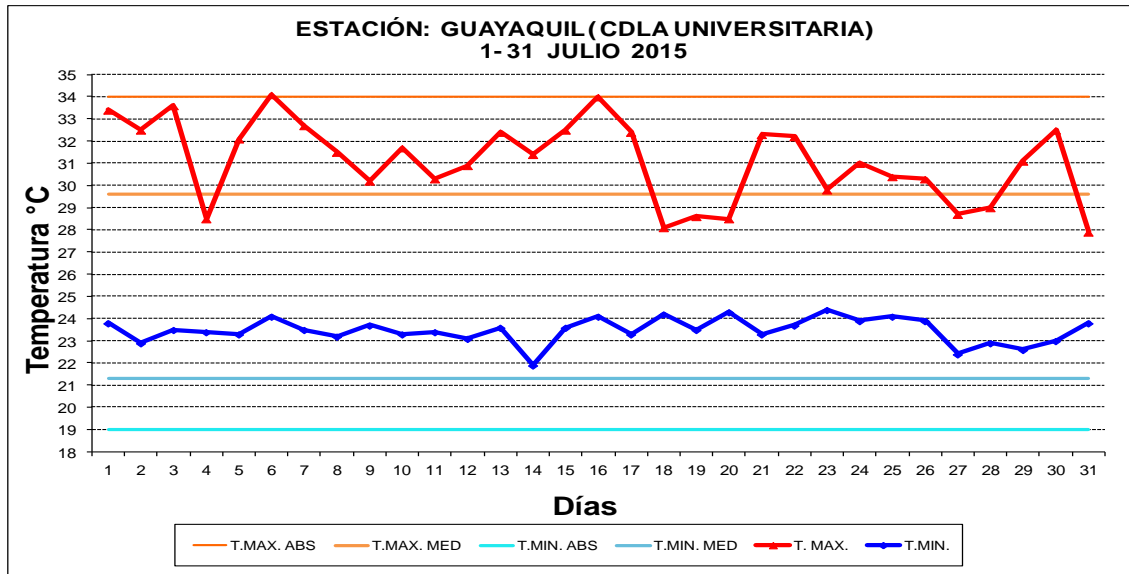


Figura 6. Temperatura diaria Ciudadela Universitaria.

En la Ciudadela Universitaria, las temperaturas máximas registradas oscilaron, en su mayoría, sobre la normal, siendo la máxima del mes 34.1 °C registrado el día 6, la cual además es un record histórico para Julio en esta estación. Por su parte las mínimas diarias fluctuaron sobre la normal todo el mes, siendo la mínima de 21.9 °C el día 14. (Figura 6).

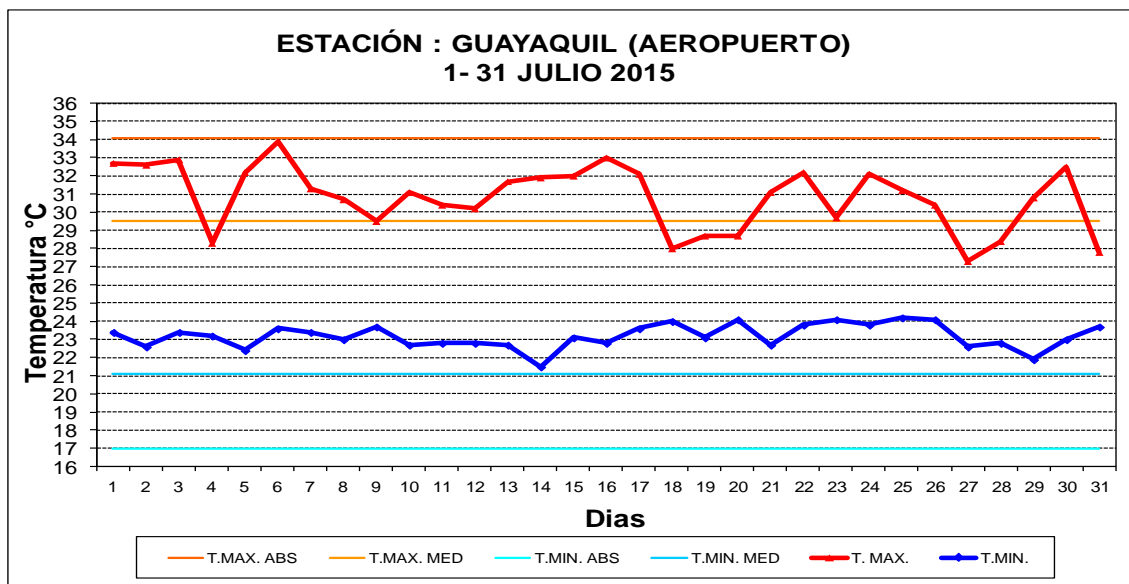


Figura 7. Temperatura diaria Guayaquil Aeropuerto.

En la estación del Aeropuerto las temperaturas máximas diarias registradas fluctuaron sobre la normal en gran parte del mes, siendo la máxima del mes 33.9 °C registrado el día 6. Por su parte las mínimas diarias fluctuaron sobre la normal todo el mes, siendo la mínima del mes de 21.6 °C el día 14 (Figura 7).

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Temperatura Máxima Media Mensual Guayaquil (°C)
Julio 2015

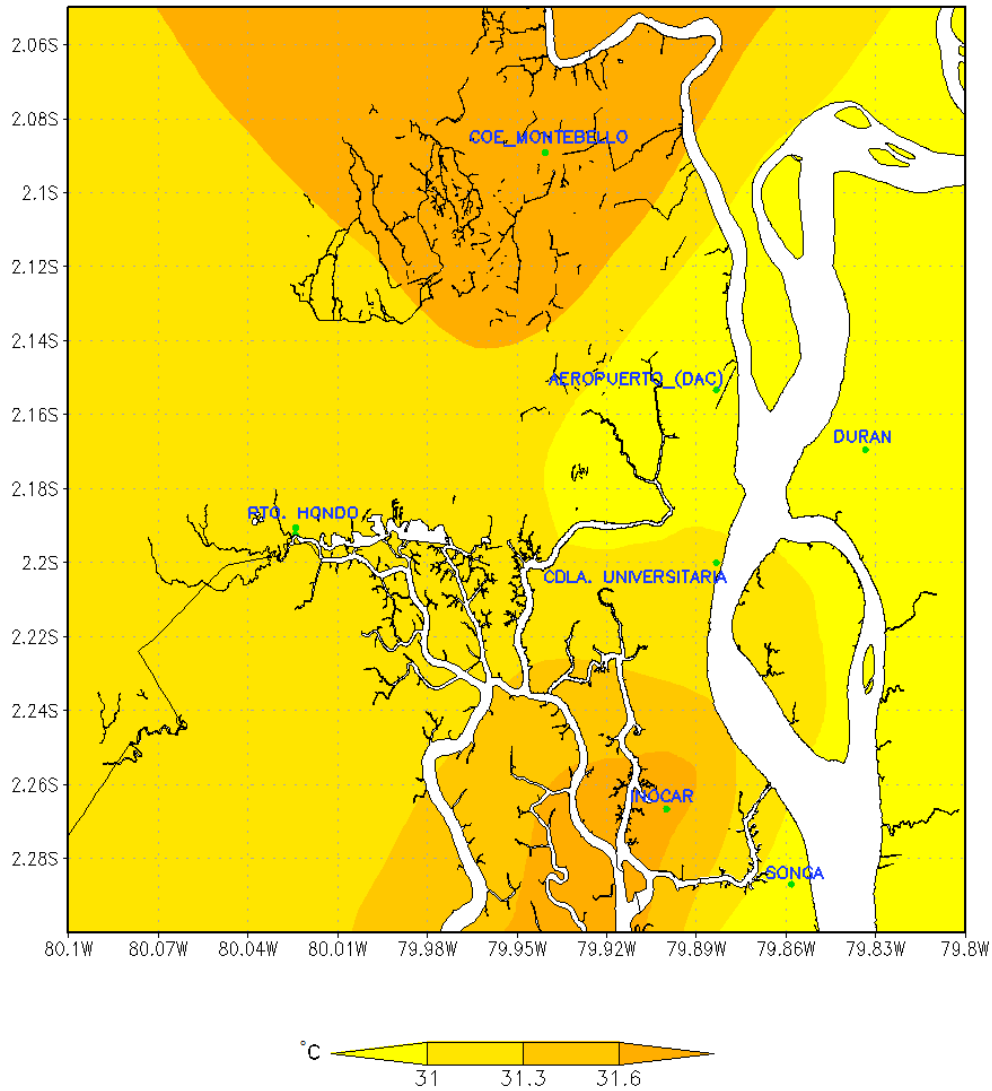


Figura 8. Temperatura Máxima Media Guayaquil.

En el mes de Julio los valores más elevados de temperatura máxima media se registraron en el norte de la ciudad, en Montebello con un valor de 31.7 °C (Figura 8).

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Temperatura Mínima Media Mensual Guayaquil (°C)
Julio 2015

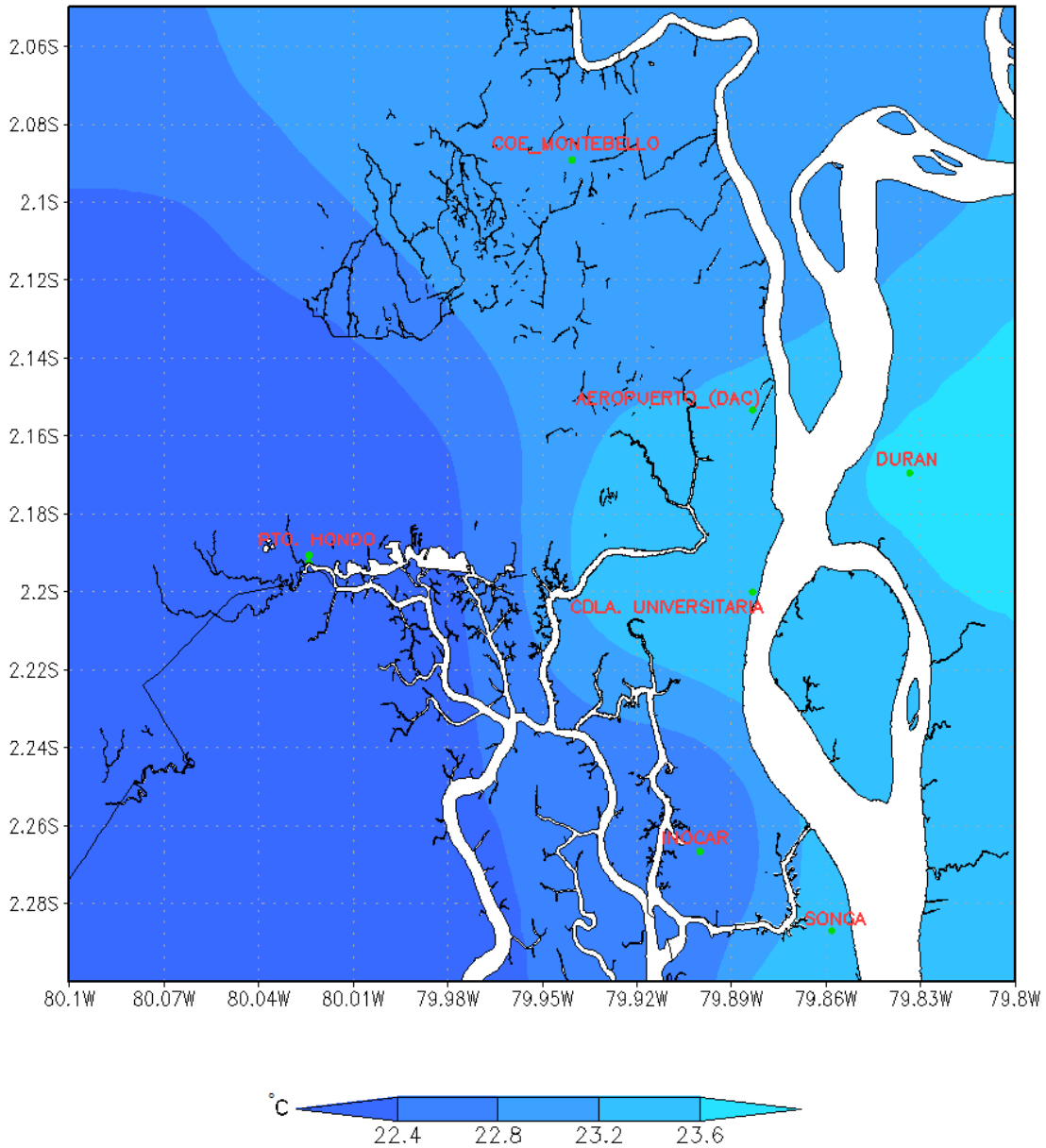


Figura 9. Temperatura Mínima Media Guayaquil.

En el mes de Julio los valores más bajos de temperatura mínima media se registraron en Puerto Hondo con un valor de 22.2°C (Figura 9).

3. INDICE DE CONFORT.

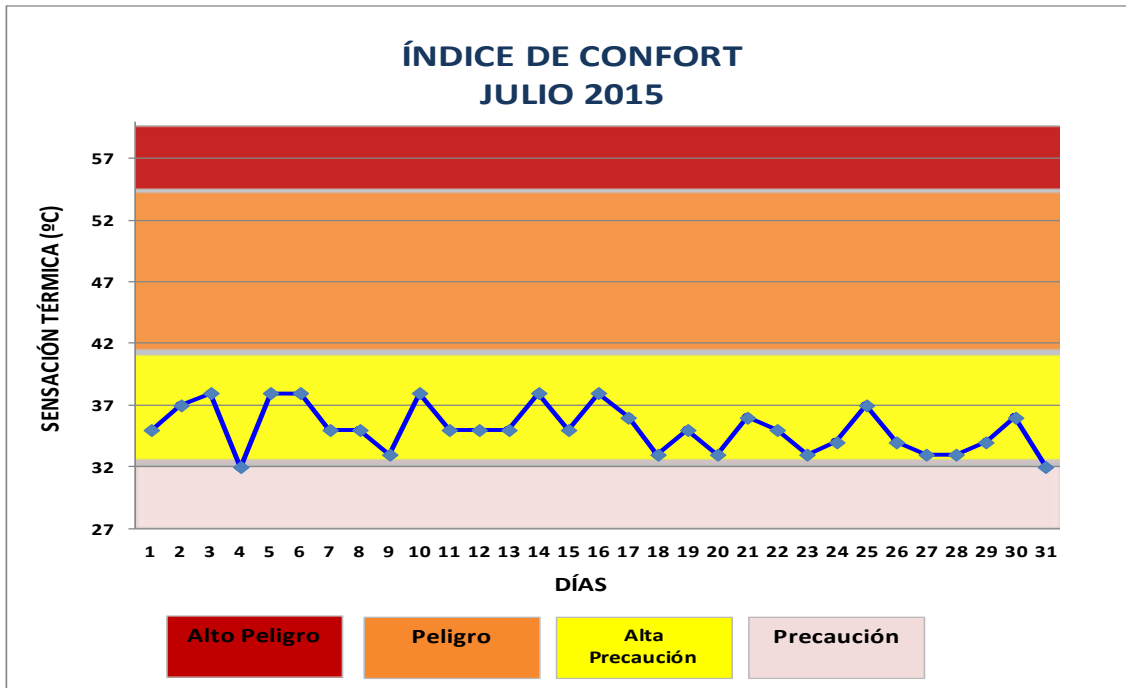


Figura 10. Índice de Confort Julio 2015.

Durante el mes de Julio el índice de confort estuvo en el rango de **Alta precaución**, a excepción de los días 4 y 31, que estuvieron en el rango precaución (Figura 10).

4. VIENTO.

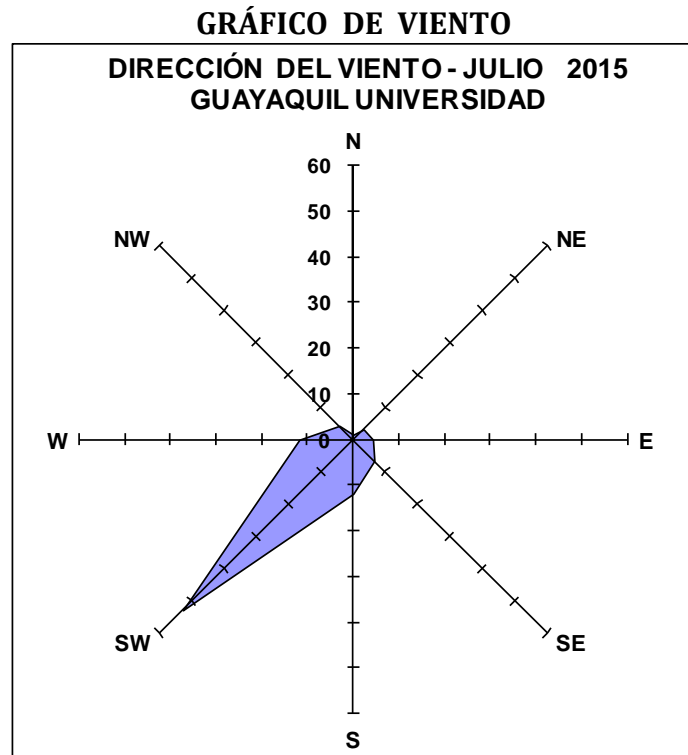


Figura 11. Dirección del viento

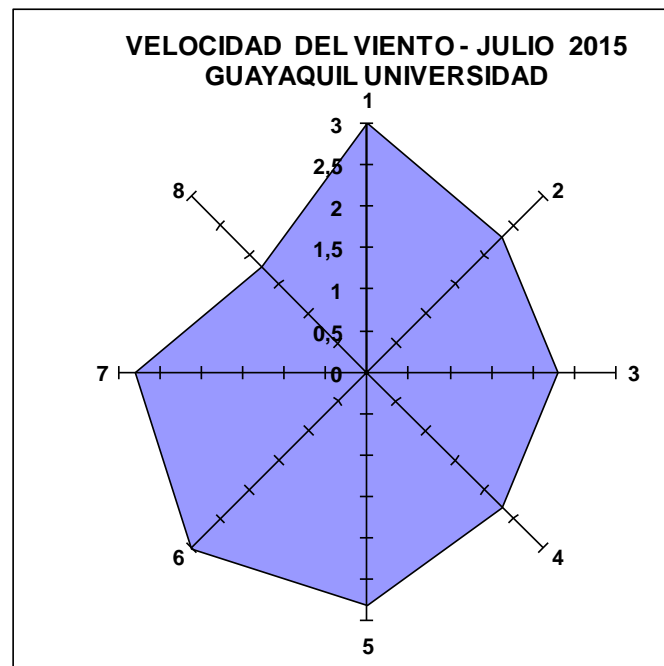


Figura 12. Velocidad del viento

La dirección predominante del viento en el mes de Julio en la estación Ciudadela Universitaria (UG) fue del Suroeste (SW) (52.7 %), con una velocidad media de 3.0 m/s. La velocidad media mensual fue 2.5 m/s (Figuras 11 y 12).

Elaborado por: Ing. Boris Malavé – Ing. Carlos Naranjo S.
Revisado por: Ing. Raúl Mejía MSc.

El Boletín Climático Mensual de Guayaquil se realiza gracias a la colaboración de:

- Dirección de Aviación Civil (DAC)
- Universidad de Guayaquil (UG)
- Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR)
- GEOSERVICIOS
- COE MONTEBELLO – SGR
- SONGA
- Indulac
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Durán.
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guayaquil.

Pag.web: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>

Telef: 2532315 ext 106

Email: guayaquil@inamhi.gob.ec

Proceso Desconcentrado Cuenca del Río Guayas BOLETÍN CLIMÁTICO MENSUAL DE GUAYAQUIL Y SUS ALREDEDORES

Boletín Mensual Año III- N°8
Guayaquil, Agosto 2015

1. PRECIPITACIÓN

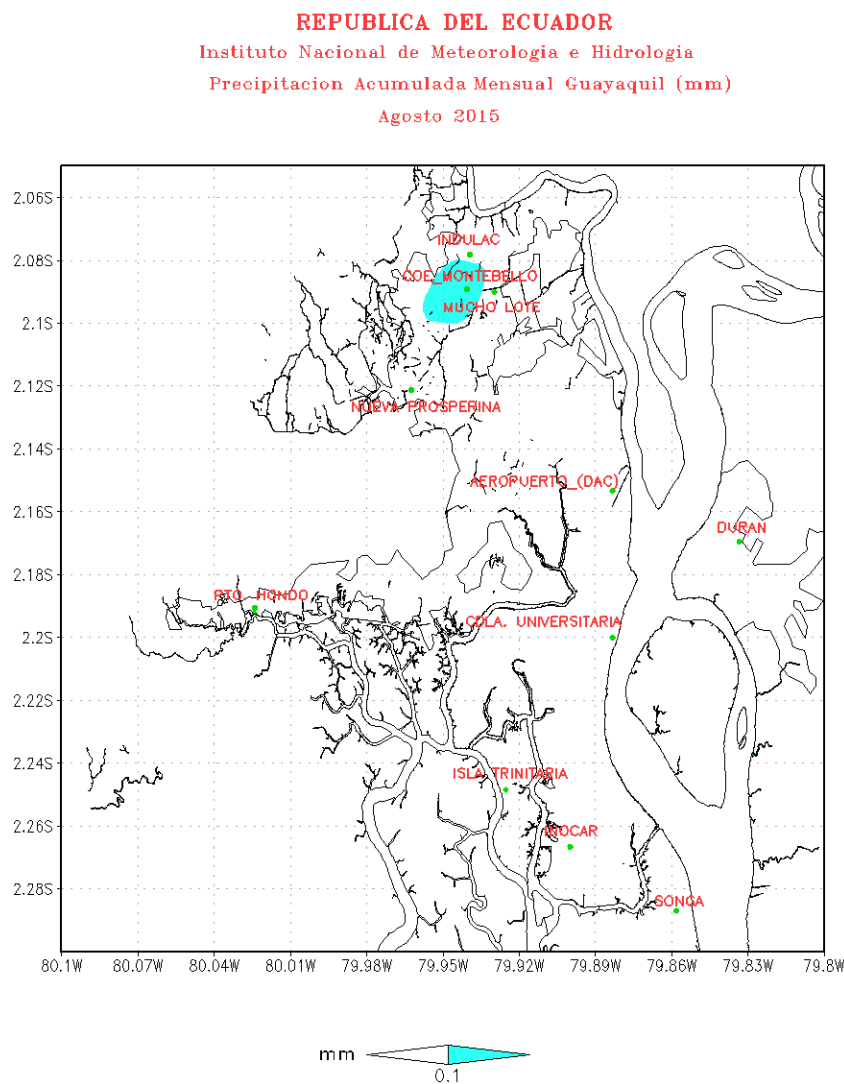


Figura 1. Precipitación acumulada Agosto 2015

Durante el mes de Agosto 2015, se registró una llovizna puntual en el sector de Montebello con 0.1 mm. (Figura 1).

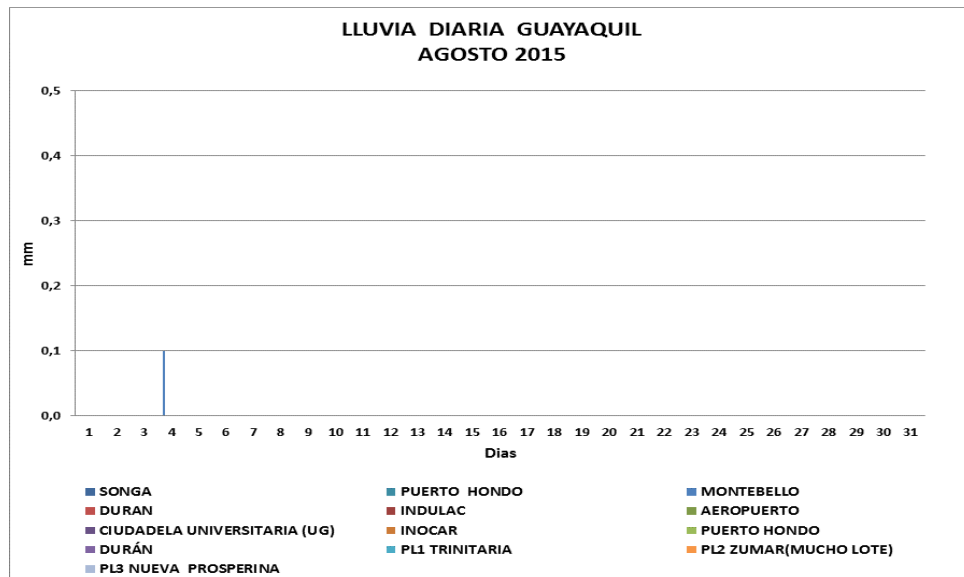


Figura 2. Lluvia Diaria Guayaquil

Se presentó una llovizna puntual en el mes de Agosto. La máxima precipitación en 24 horas se registró en la estación COE- Montebello con 0.1 mm el día 4 (Figura 2).

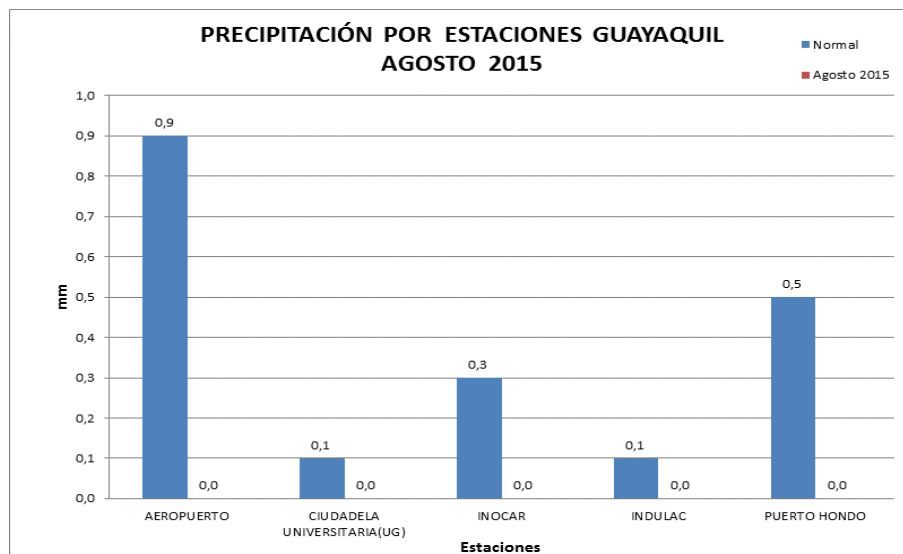


Figura 3. Normales correspondientes a Aeropuerto 1981 – 2010, Ciudadela Universitaria 2002- 2014, INOCAR 1981 – 2010, INDULAC 2008-2014, Puerto Hondo 2008-2014.

Las precipitaciones acumuladas en el mes de Agosto 2015 al ser en su mayoría nulas (0.0 mm.) estuvieron bajo la normal del mes (Figura 3).

PRECIPITACIÓN HISTÓRICA

PROCESO DESCONCENTRADO CUENCA DEL RÍO GUAYAS

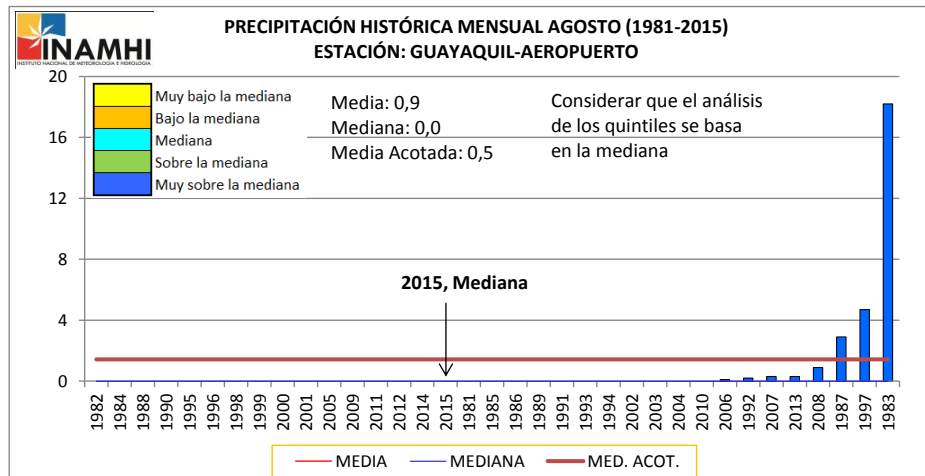


Figura 4. Precipitación histórica mensual de Agosto (1981-2015) de la estación Guayaquil (Aeropuerto)

Considerando la clasificación por quintiles, en la estación Guayaquil Aeropuerto, las precipitaciones del mes de Agosto 2015 se ubicaron en el rango: **mediana** (Figura 4).

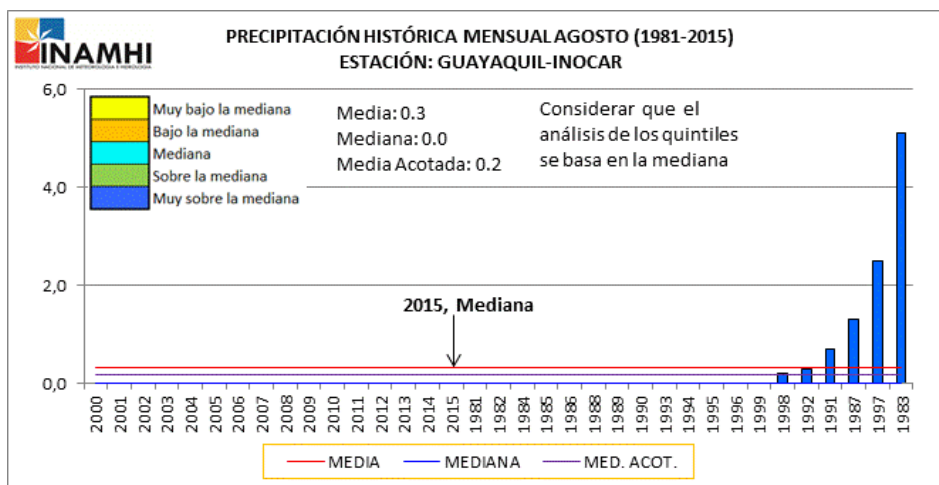


Figura 5. Precipitación histórica mensual de Agosto (1981-2015) de la estación Guayaquil (INOCAR).

Por su parte en la estación Guayaquil INOCAR, las precipitaciones del mes de Agosto 2015 se ubicaron en el rango **mediana** (Figura 5).

PROCESO DESCONCENTRADO CUENCA DEL RÍO GUAYAS

2. TEMPERATURAS.

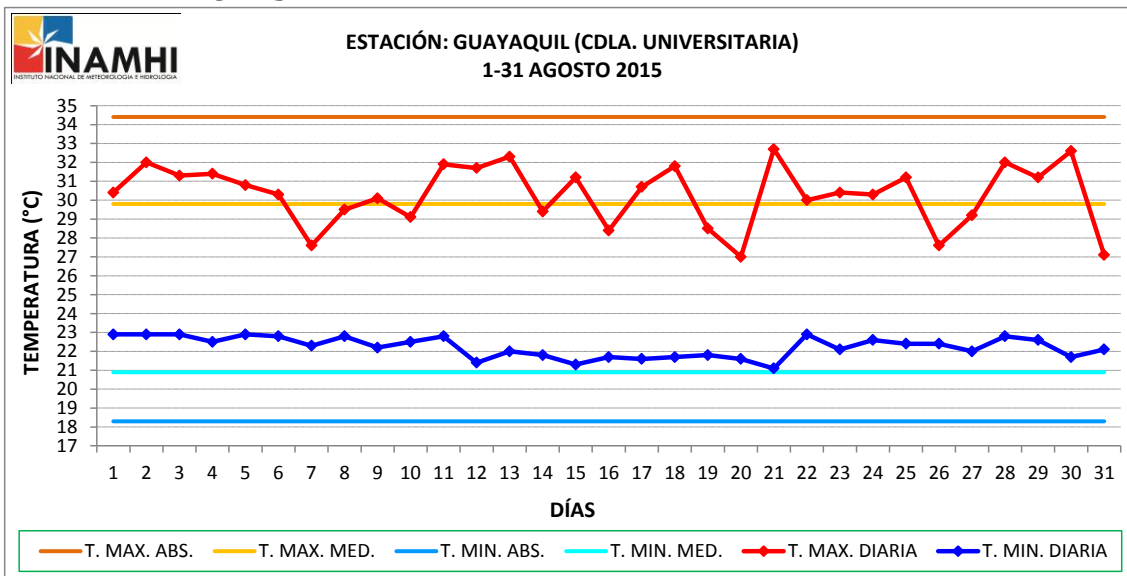


Figura 6. Temperatura diaria Ciudadela Universitaria.

En la Ciudadela Universitaria, las temperaturas máximas registradas fluctuaron de manera irregular alrededor de la media histórica, siendo la máxima del mes 33.4 °C registrado el día 30. Por su parte las mínimas diarias oscilaron sobre la normal todo el mes, siendo la mínima de 21.1 °C el día 21. (Figura 6).

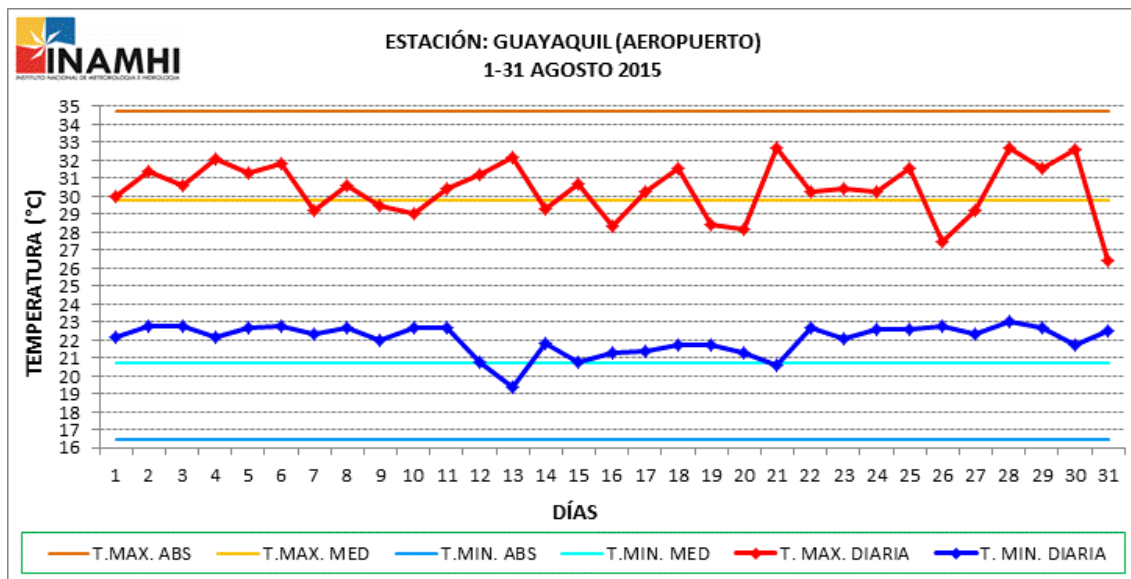


Figura 7. Temperatura diaria Guayaquil Aeropuerto.

En la estación del Aeropuerto las temperaturas máximas diarias registradas, tuvieron un comportamiento similar al de la Ciudadela Universitaria, siendo la máxima del mes 32.6 °C registrado el día 30. Por su parte las mínimas diarias fluctuaron sobre la normal todo el mes, siendo la mínima del mes de 19.4 °C el día 13 (Figura 7).

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Temperatura Máxima Media Mensual Guayaquil (C)
Agosto 2015

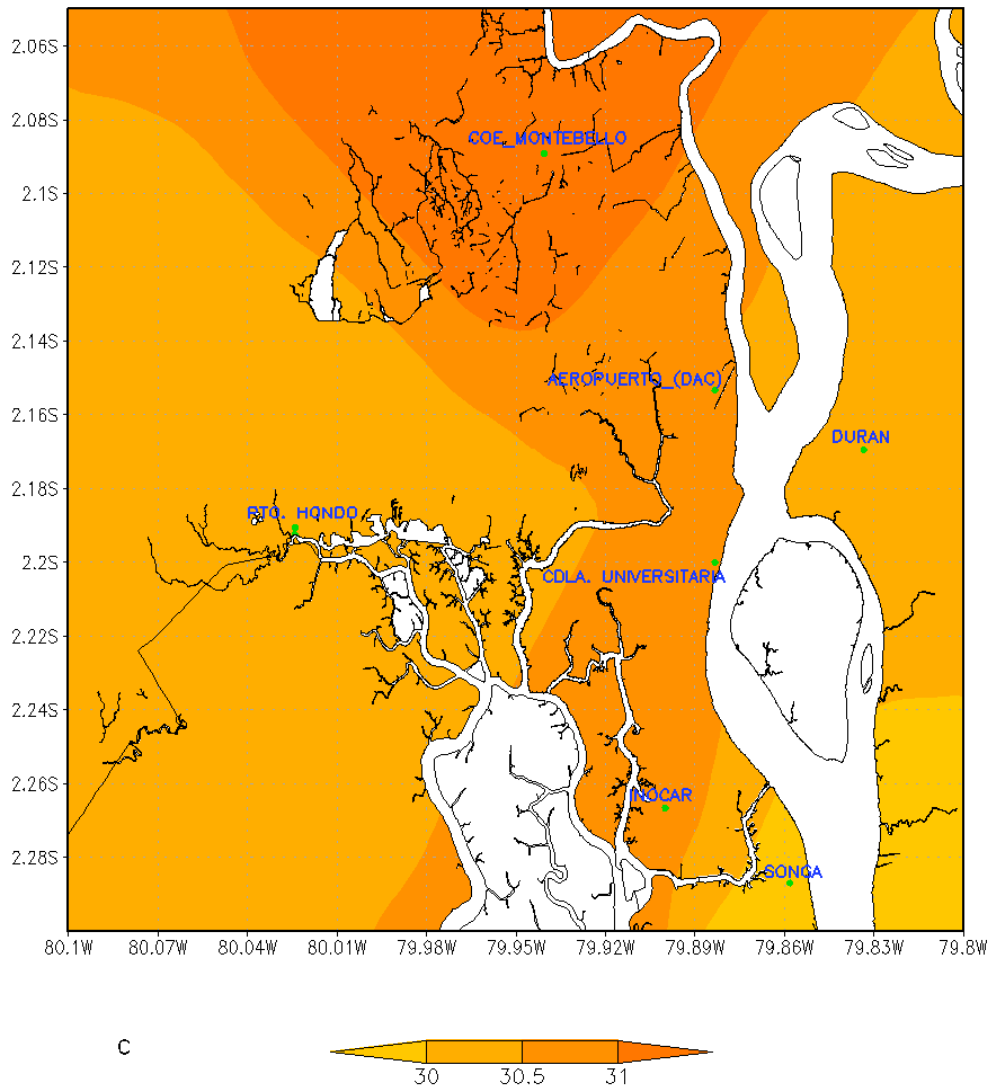


Figura 8. Temperatura Máxima Media Guayaquil.

En el mes de Agosto los valores más elevados de temperatura máxima media se registraron en el norte de la ciudad, en Montebello con un valor de 31.2 °C (Figura 8).

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Temperatura Mínima Media Mensual Guayaquil (C)
Agosto 2015

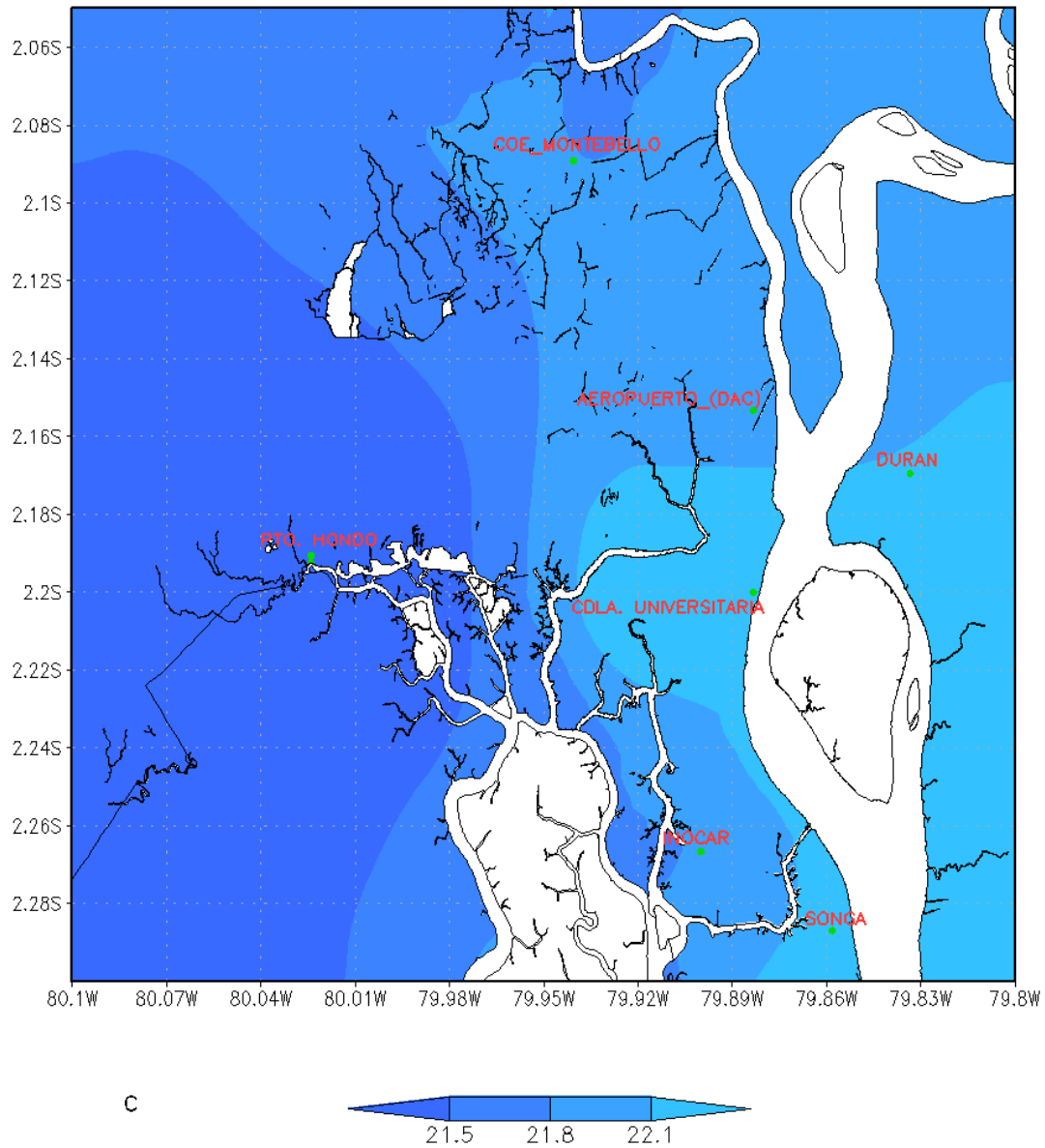


Figura 9. Temperatura Mínima Media Guayaquil.

En el mes de Agosto los valores más bajos de temperatura mínima media se registraron en Puerto Hondo con un valor de 21.4°C (Figura 9).

3. INDICE DE CONFORT.

PROCESO DESCONCENTRADO CUENCA DEL RÍO GUAYAS

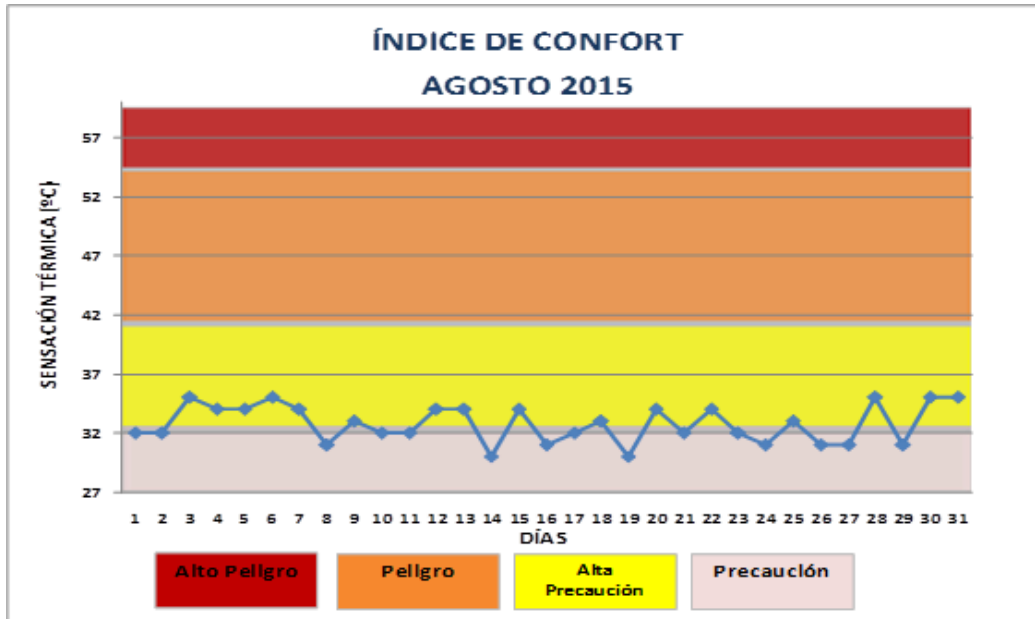


Figura 10. Índice de Confort Agosto 2015.

Durante el mes de Agosto el índice de confort estuvo entre los rangos de **Precaución** y **Alta precaución**. (Figura 10).

4. VIENTO.

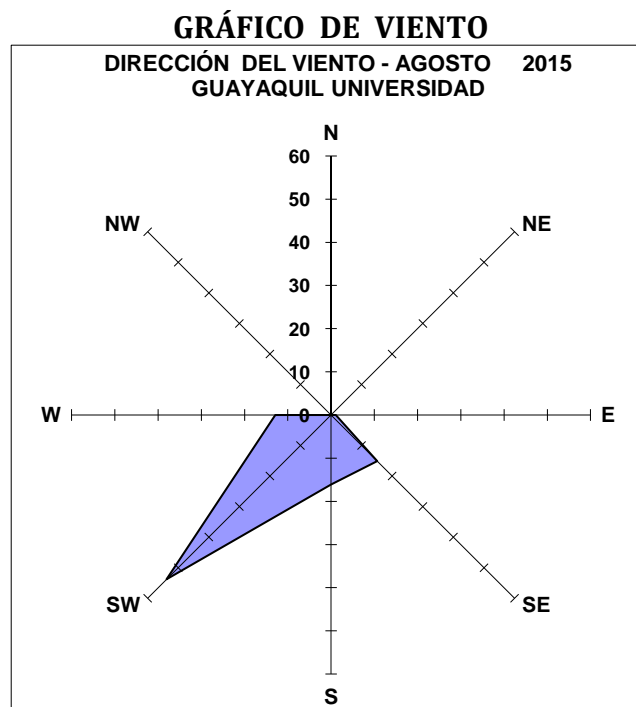


Figura 11. Dirección del viento

PROCESO DESCONCENTRADO CUENCA DEL RÍO GUAYAS

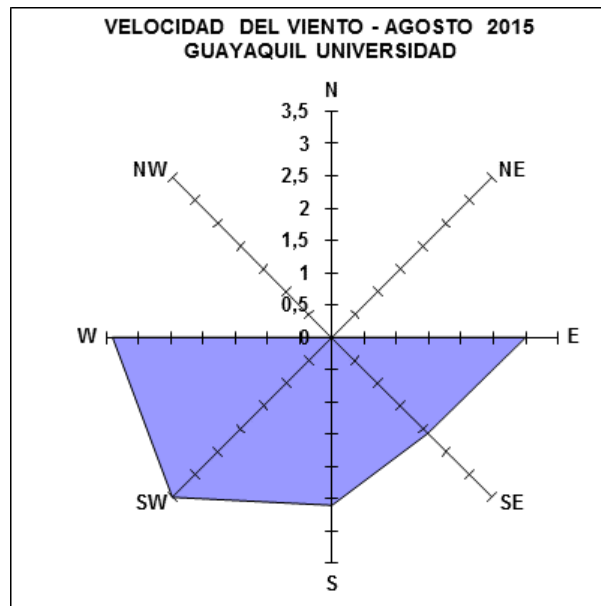


Figura 12. Velocidad del viento

La dirección predominante del viento en el mes de Agosto en la estación Ciudadela Universitaria (UG) fue del Suroeste (SW) (53.8 %), con una velocidad media de 3.5 m/s. La velocidad media mensual fue 3.1 m/s (Figuras 11 y 12).

Elaborado por: Ing. Carlos Naranjo S.

Revisado por: Ing. Raúl Mejía MSc.

El Boletín Climático Mensual de Guayaquil se realiza gracias a la colaboración de:

- Dirección de Aviación Civil (DAC)
- Universidad de Guayaquil (UG)
- Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR)
- GEOSERVICIOS
- COE MONTEBELLO – SGR
- SONGA
- Indulac
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Durán.
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guayaquil.

Pag.web: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>

Telef: 2532315 ext 106

Email: guayaquil@inamhi.gob.ec

Proceso Desconcentrado Cuenca del Río Guayas BOLETÍN CLIMÁTICO MENSUAL DE GUAYAQUIL Y SUS ALREDEDORES

Boletín Mensual Año III- N°9
Guayaquil, Septiembre 2015

1. PRECIPITACIÓN

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Precipitación Acumulada Mensual Guayaquil (mm)
Septiembre 2015

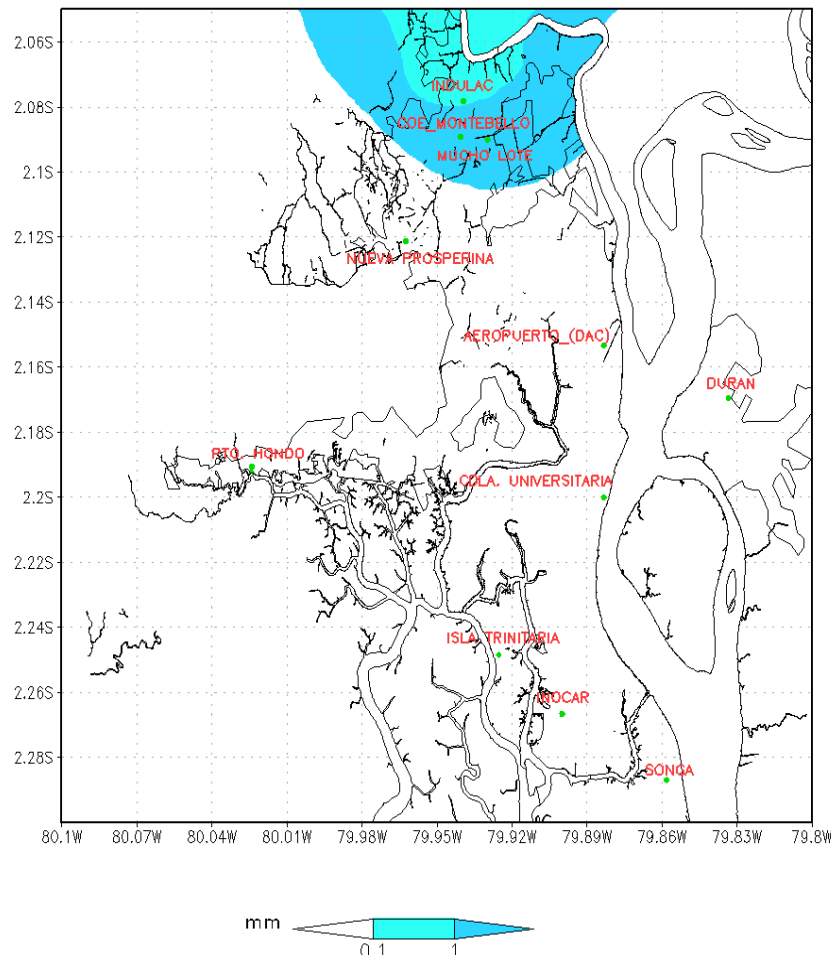


Figura 1. Precipitación acumulada Septiembre 2015

Durante el mes de Septiembre 2015, se registraron lloviznas aisladas en el norte de ciudad, siendo el mayor valor registrado en la estación de Mucho Lote con 1.3 mm. (Figura 1).

PROCESO DESCONCENTRADO CUENCA DEL RÍO GUAYAS

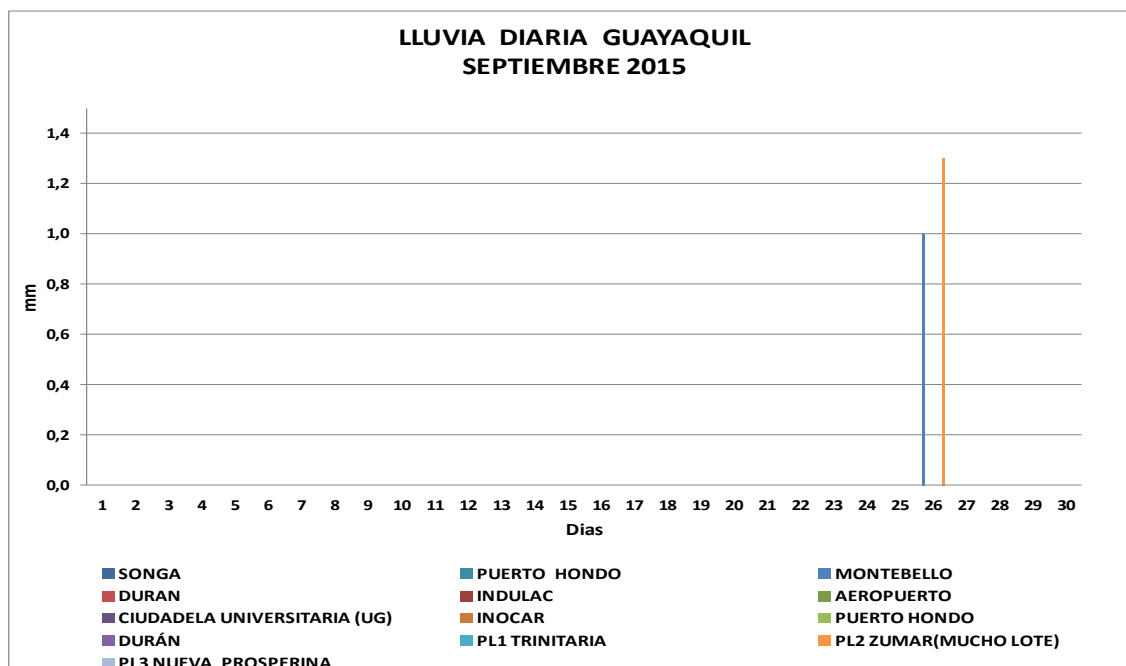


Figura 2. Lluvia Diaria Guayaquil

Se presentó una llovizna puntual en el mes de Septiembre. La máxima precipitación en 24 horas se registró en la estación Mucho Lote con 1.3 mm el día 4 (Figura 2).

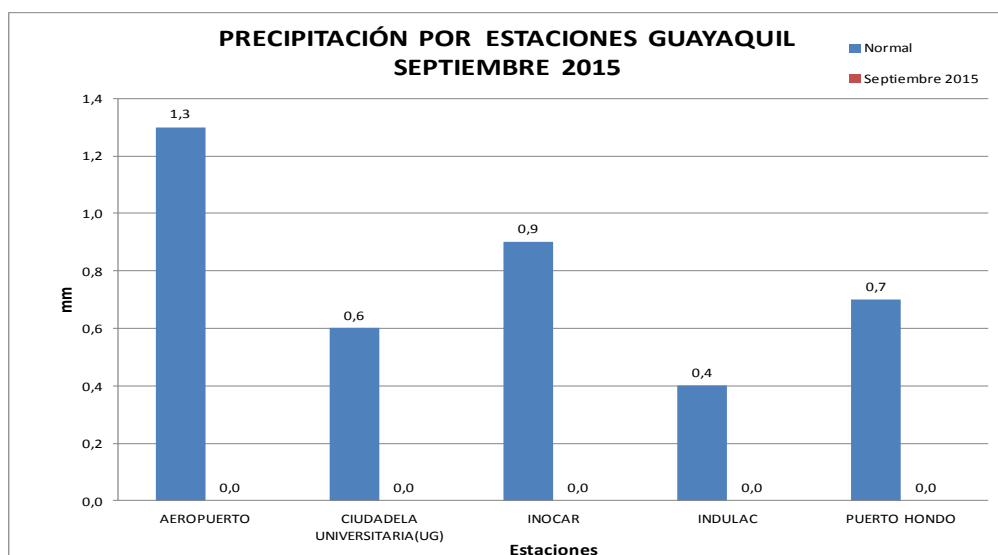


Figura 3. Normales correspondientes a Aeropuerto 1981 – 2010, Ciudadela Universitaria 2002- 2014, INOCAR 1981 – 2010, INDULAC 2008-2014, Puerto Hondo 2008-2014.

Las precipitaciones acumuladas en el mes de Septiembre 2015 al ser en su mayoría nulas (0.0 mm.) estuvieron por debajo de sus valores normales (Figura 3).

PRECIPITACIÓN HISTÓRICA

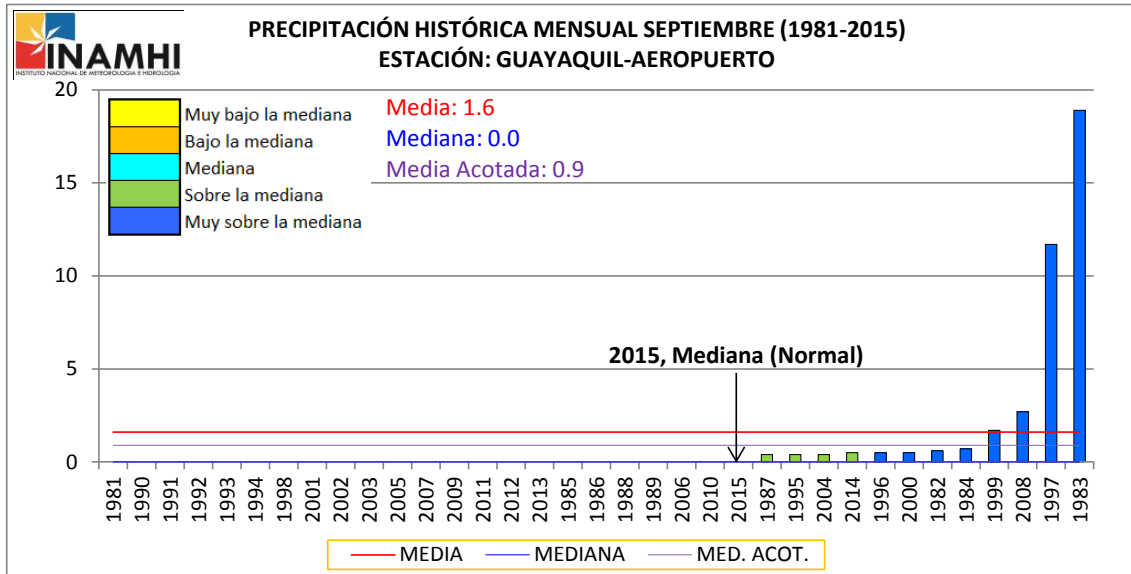


Figura 4. Precipitación histórica mensual de Septiembre (1981-2015) de la estación Guayaquil (Aeropuerto)

Considerando la clasificación por quintiles, en la estación Guayaquil Aeropuerto, las precipitaciones del mes de Septiembre 2015 se ubicaron en el rango de **mediana**, que para el mes representa el valor normal (Figura 4).

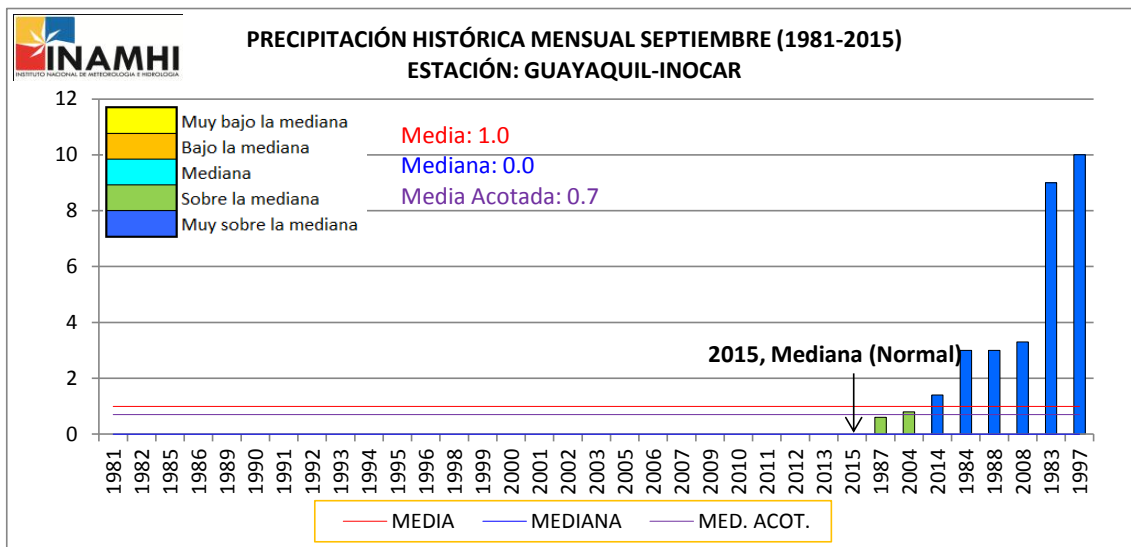


Figura 5. Precipitación histórica mensual de Septiembre (1981-2015) de la estación Guayaquil (INOCAR).

Por su parte en la estación Guayaquil INOCAR, las precipitaciones del mes de Septiembre 2015 también se ubicaron en el rango de **mediana** (Figura 5).

2. TEMPERATURAS.

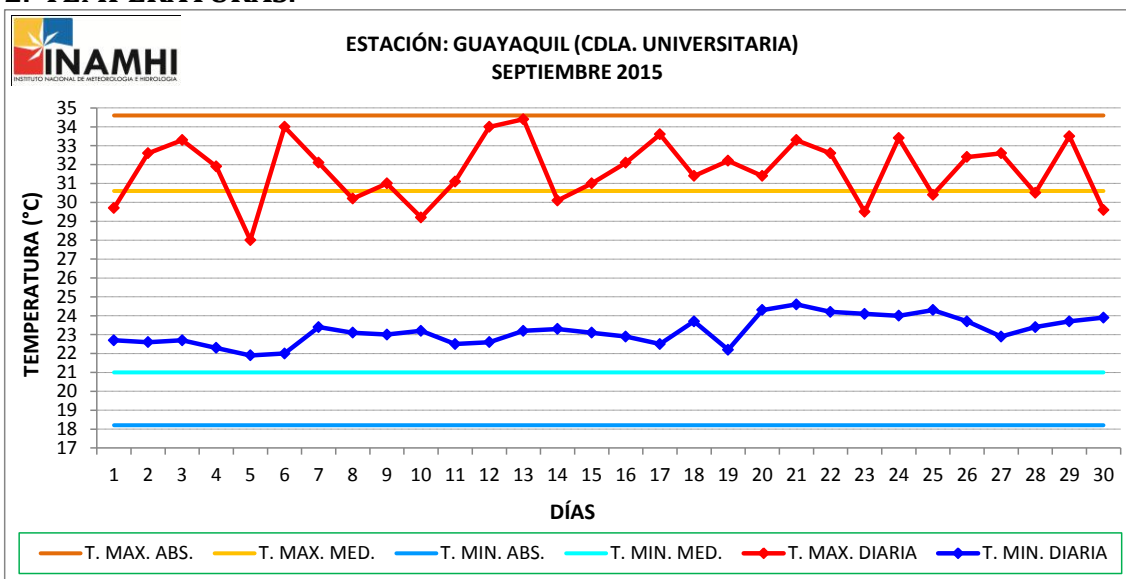


Figura 6. Temperatura diaria Ciudadela Universitaria.

En la Ciudadela Universitaria, las temperaturas máximas registradas fluctuaron de manera irregular y por encima de la media histórica, siendo la máxima del mes 34.4 °C registrado el día 13. Por su parte las mínimas diarias oscilaron sobre la normal todo el mes, siendo la mínima de 21.9 °C el día 5. (Figura 6).

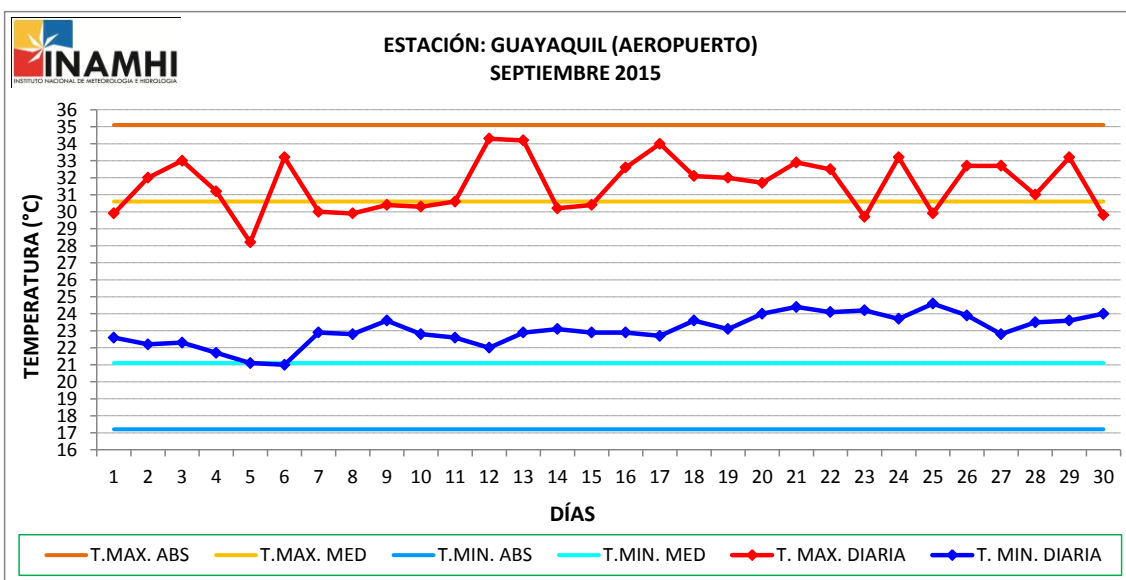


Figura 7. Temperatura diaria Guayaquil Aeropuerto.

En la estación del Aeropuerto las temperaturas máximas diarias registradas, tuvieron un comportamiento similar al de la Ciudadela Universitaria, siendo la máxima del mes 34.3 °C registrado el día 12. Por su parte las mínimas diarias fluctuaron sobre la normal todo el mes, siendo la mínima del mes de 21.0 °C el día 6 (Figura 7).

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Temperatura Máxima Media Mensual Guayaquil (C)
Septiembre 2015

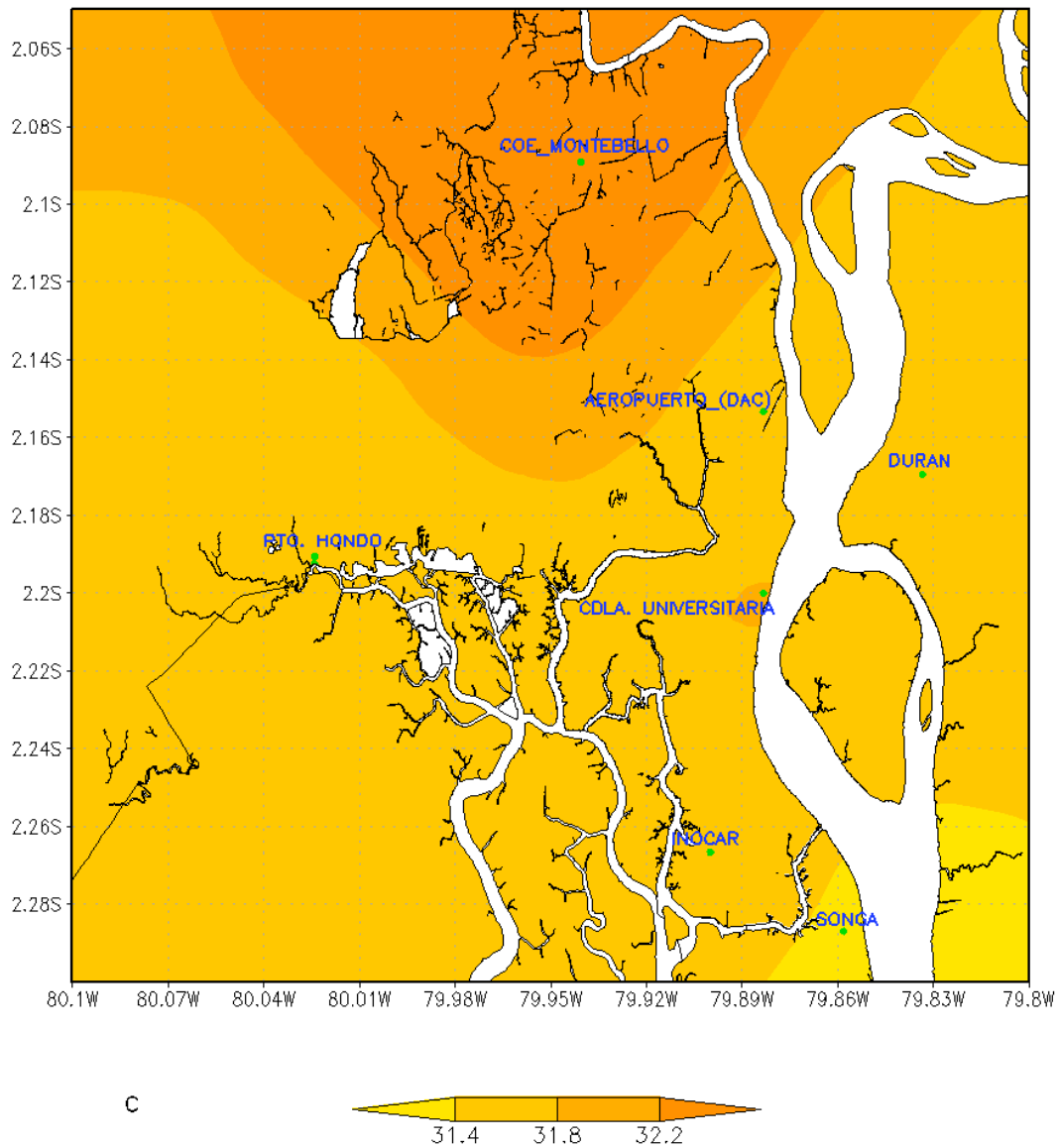


Figura 8. Temperatura Máxima Media Guayaquil.

En el mes de Septiembre los valores más elevados de temperatura máxima media se registraron en el norte de la ciudad, en Montebello con un valor de 32.4 °C (Figura 8).

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Temperatura Mínima Media Mensual Guayaquil (C)
Septiembre 2015

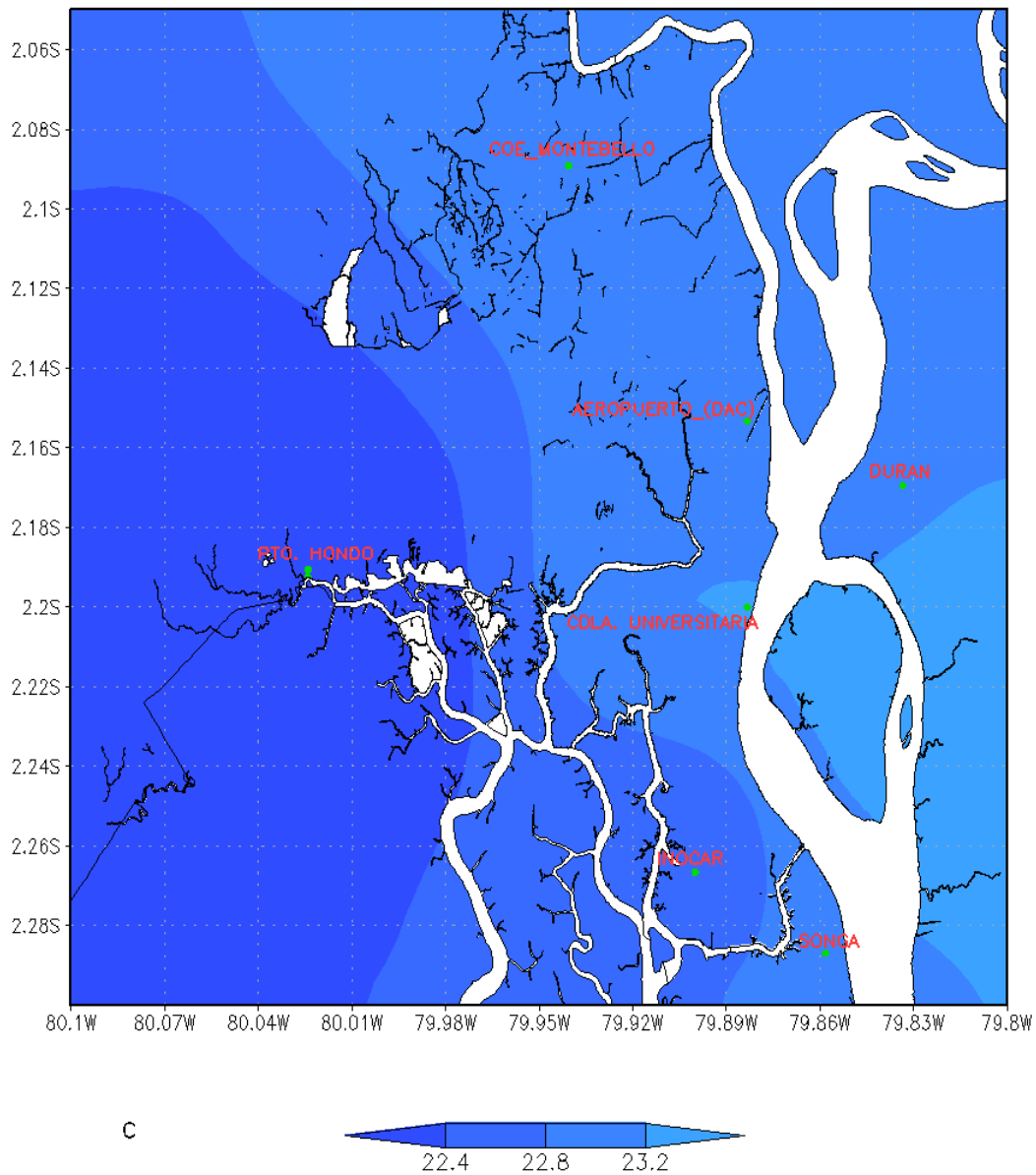


Figura 9. Temperatura Mínima Media Guayaquil.

En el mes de Septiembre los valores más bajos de temperatura mínima media se registraron en Puerto Hondo con un valor de 22.3°C (Figura 9).

3. INDICE DE CONFORT.

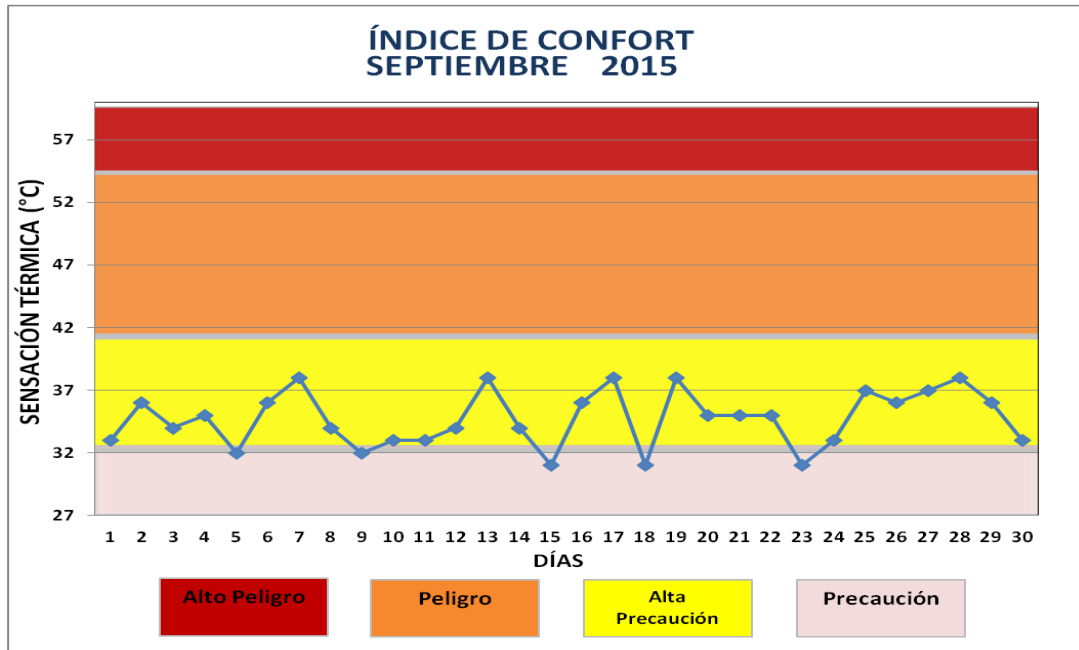


Figura 10. Índice de Confort Septiembre 2015.

Durante el mes de Septiembre el índice de confort estuvo entre los rangos de Precaución y Alta precaución. (Figura 10).

4. VIENTO.

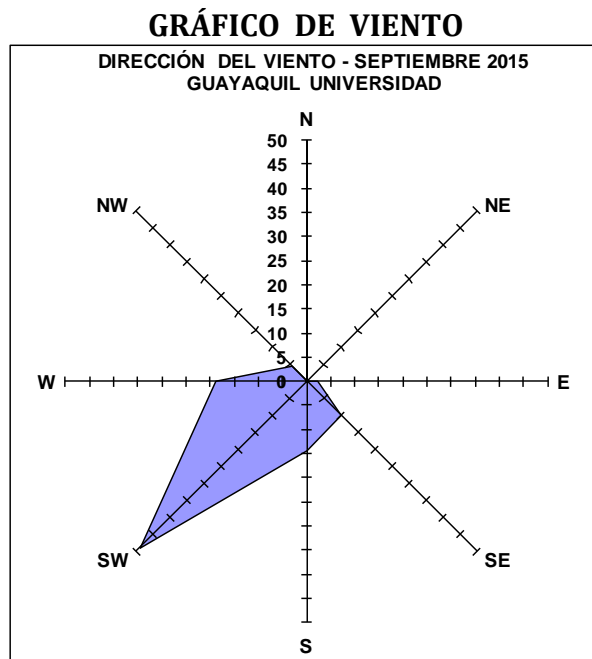


Figura 11. Dirección del viento

PROCESO DESCONCENTRADO CUENCA DEL RÍO GUAYAS

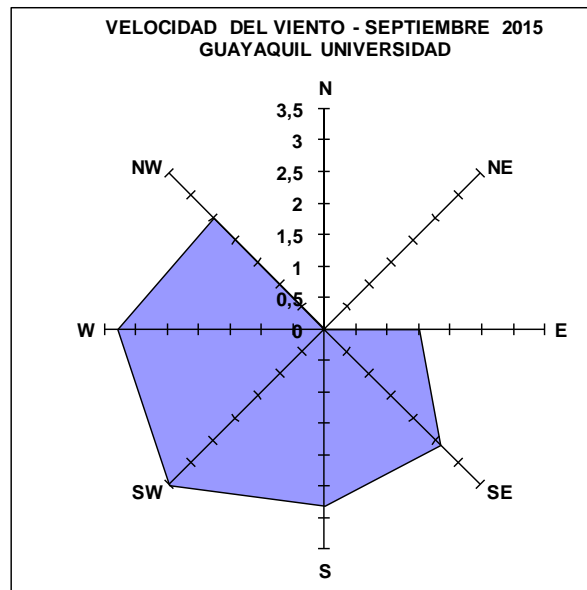


Figura 12. Velocidad del viento

La dirección predominante del viento en el mes de Septiembre en la estación Ciudadela Universitaria (UG) fue del Suroeste (SW) (48.9 %), con una velocidad media de 3.5 m/s. La velocidad media mensual fue 3.1 m/s (Figuras 11 y 12).

Elaborado por: Ing. Boris Malavé R.

Revisado por: Ing. Raúl Mejía MSc.

El Boletín Climático Mensual de Guayaquil se realiza gracias a la colaboración de:

- Dirección de Aviación Civil (DAC)
- Universidad de Guayaquil (UG)
- Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR)
- GEOSERVICIOS
- COE MONTEBELLO – SGR
- SONGA
- Indulac
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Durán.
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guayaquil.

Pag.web: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>

Telef: 2532315 ext 106

Email: guayaquil@inamhi.gob.ec

Proceso Desconcentrado Cuenca del Río Guayas BOLETÍN CLIMÁTICO MENSUAL DE GUAYAQUIL Y SUS ALREDEDORES

Boletín Mensual Año III- N°10
Guayaquil, Octubre 2015

1. PRECIPITACIÓN

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Precipitación Acumulada de Guayaquil (mm)
Octubre 2015

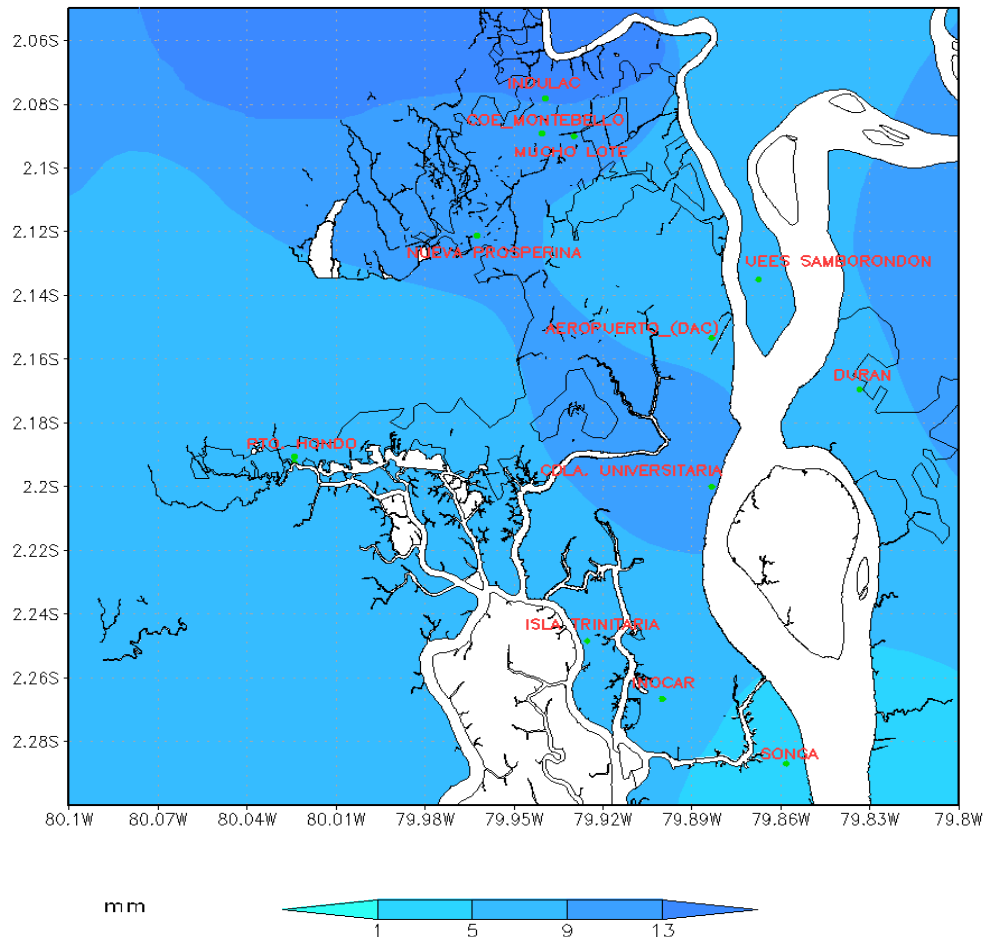


Figura 1. Precipitación acumulada Octubre 2015

Durante el mes de Octubre 2015, se registraron precipitaciones de intensidad débil en la ciudad, siendo el mayor valor registrado en la estación de INDULAC ubicada al norte con 14.6 mm. (Figura 1).

PROCESO DESCONCENTRADO CUENCA DEL RÍO GUAYAS

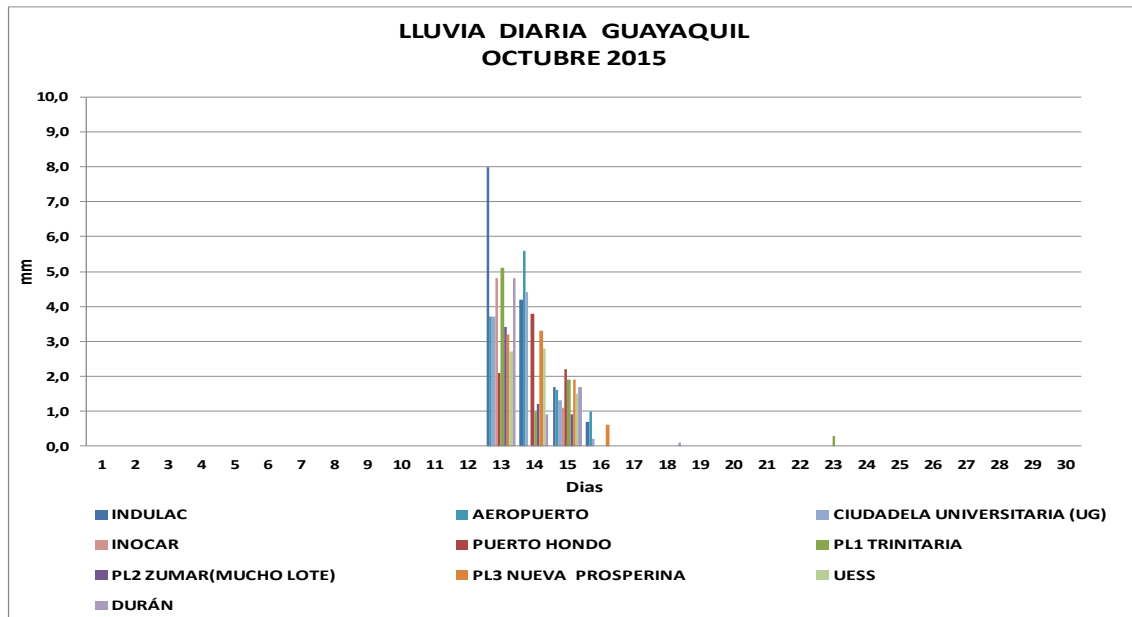


Figura 2. Lluvia Diaria Guayaquil

Se presentó precipitaciones de intensidad variable en la segunda década los días 13 al 16 en el mes de octubre. La máxima precipitación en 24 horas se registró en la estación INDULAC con 8.0 mm el día 13 (Figura 2).

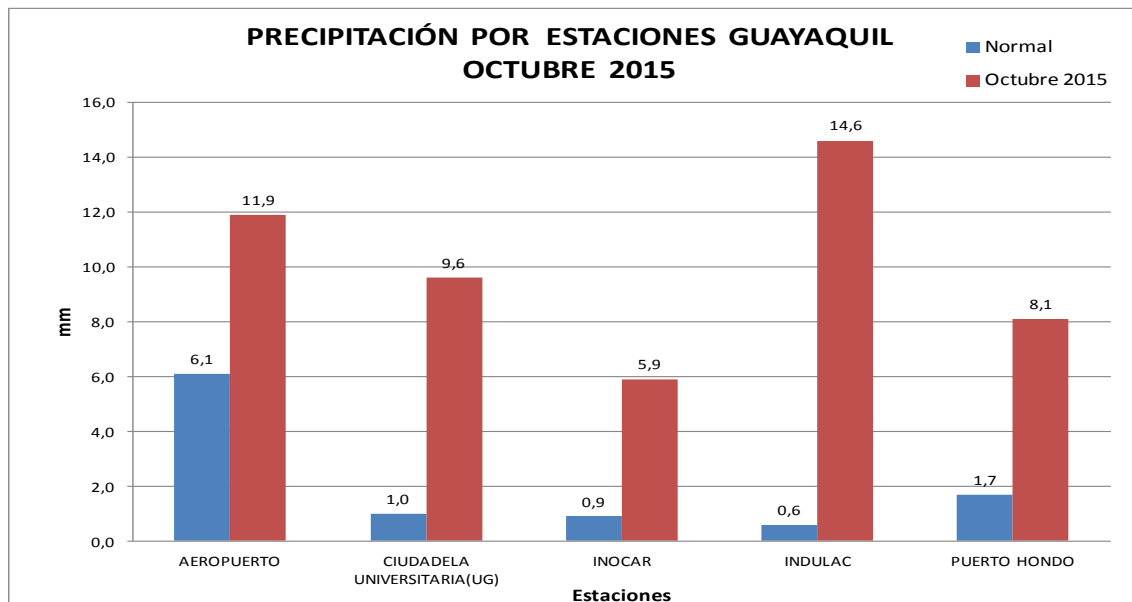


Figura 3. Normales correspondientes a Aeropuerto 1981 – 2010, Ciudadela Universitaria 2002-2014, INOCAR 1981 – 2010, INDULAC 2008-2014, Puerto Hondo 2008-2014.

Las precipitaciones acumuladas en el mes de Octubre 2015 fueron superiores a los valores promedio históricos en todas las estaciones analizadas (Figura 3).

PRECIPITACIÓN HISTÓRICA

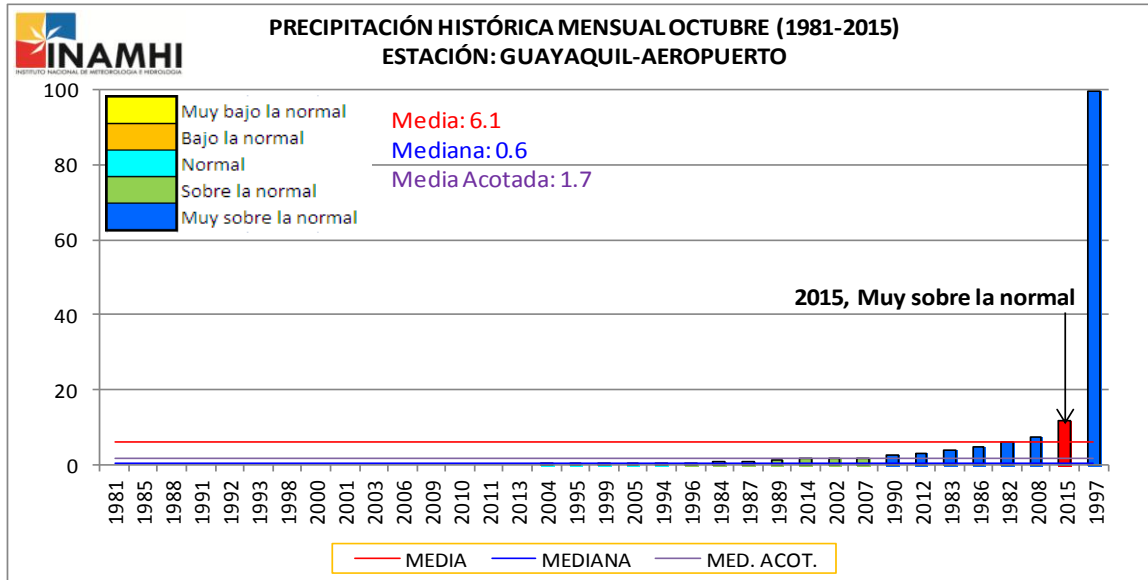


Figura 4. Precipitación histórica mensual de Octubre (1981-2015) de la estación Guayaquil (Aeropuerto)

Considerando la clasificación por quintiles, en la estación Guayaquil Aeropuerto, las precipitaciones del mes de Octubre 2015 se ubicaron en el rango de **Muy sobre la normal** (Figura 4).

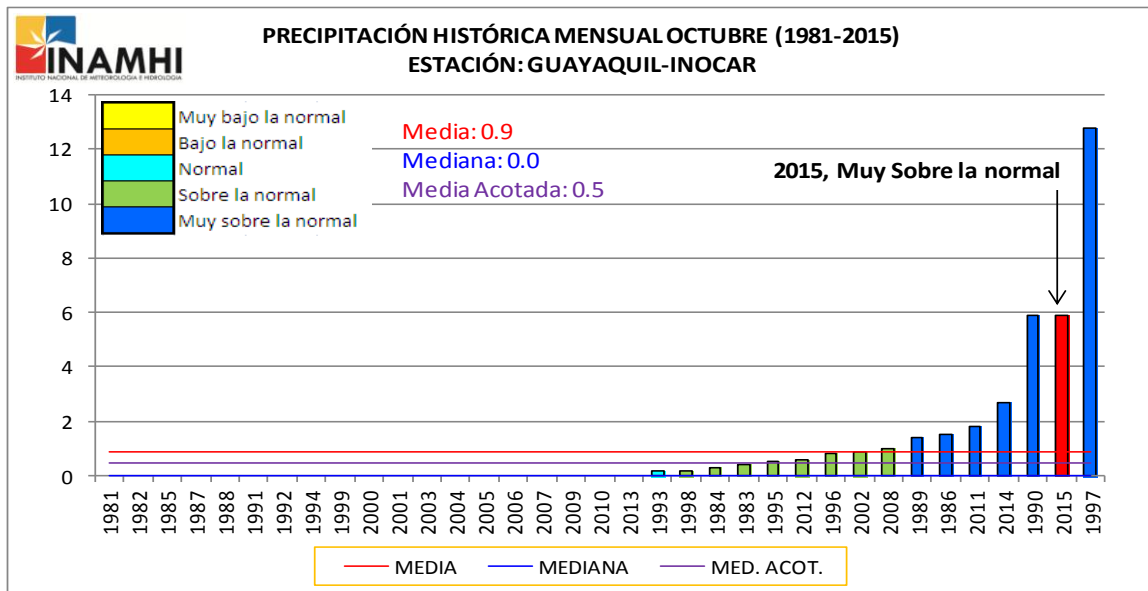


Figura 5. Precipitación histórica mensual de Septiembre (1981-2015) de la estación Guayaquil (INOCAR).

Por su parte en la estación Guayaquil INOCAR, las precipitaciones del mes de Octubre 2015 también se ubicaron en el rango de **Muy sobre la Normal** (Figura 5).

2. TEMPERATURAS.

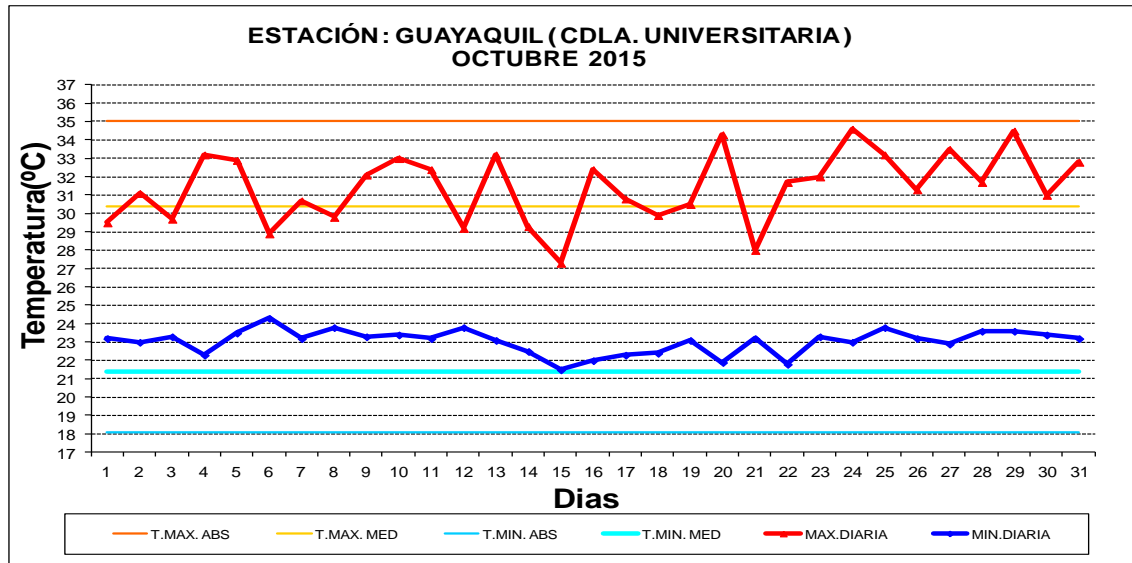


Figura 6. Temperatura diaria Ciudadela Universitaria.

En la Ciudadela Universitaria, las temperaturas máximas registradas fluctuaron de manera irregular y por encima de la media histórica, siendo la máxima del mes 34.6 °C registrado el día 24. Por su parte las mínimas diarias oscilaron sobre la normal todo el mes, siendo la mínima de 21.5 °C el día 15. (Figura 6).

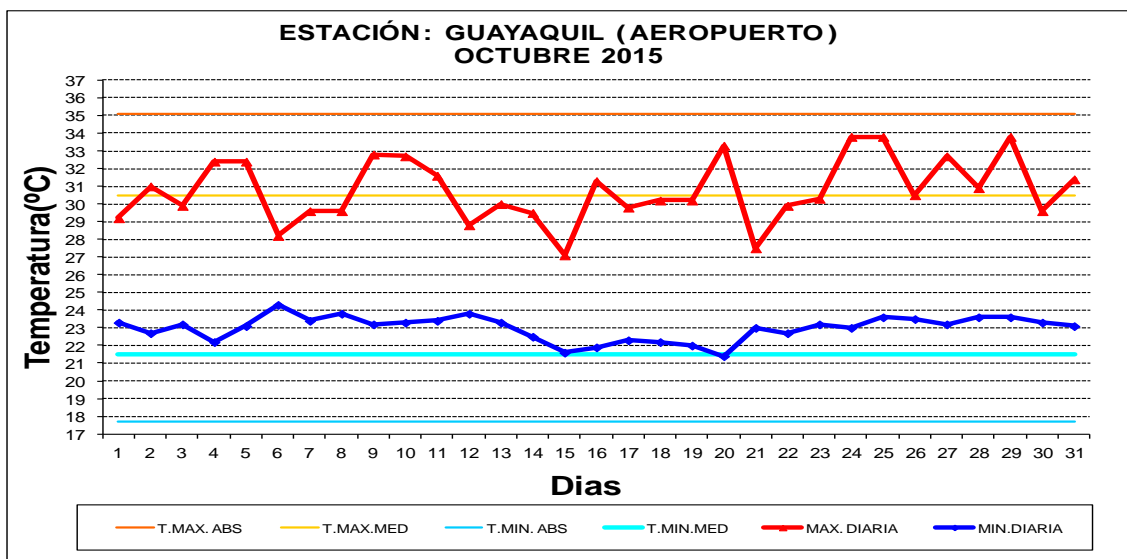


Figura 7. Temperatura diaria Guayaquil Aeropuerto.

En la estación del Aeropuerto las temperaturas máximas diarias registradas, tuvieron un comportamiento similar al de la Ciudadela Universitaria, siendo la máxima del mes 33.8 °C registrado los días 24 y 29. Por su parte las mínimas diarias fluctuaron sobre la normal todo el mes, siendo la mínima del mes de 21.4 °C el día 20 (Figura 7).

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Temperatura Maxima Media Mensual Guayaquil (C)
Octubre 2015

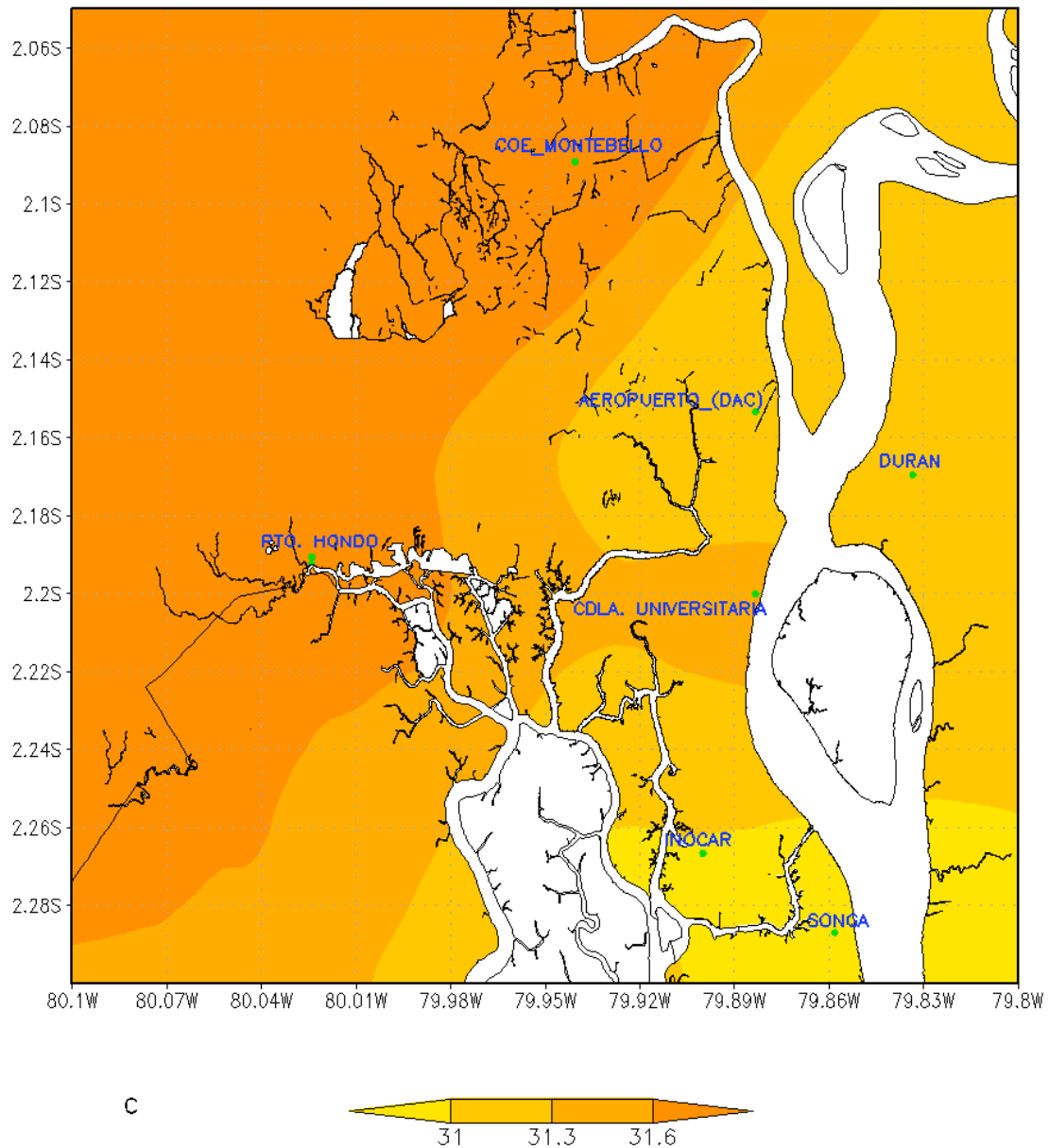


Figura 8. Temperatura Máxima Media Guayaquil.

En el mes de Octubre los valores más elevados de temperatura máxima media se registraron en el oeste de la ciudad, en Puerto Hondo con un valor de 31.6 °C (Figura 8).

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Temperatura Mínima Media Mensual Guayaquil (C)
Octubre 2015

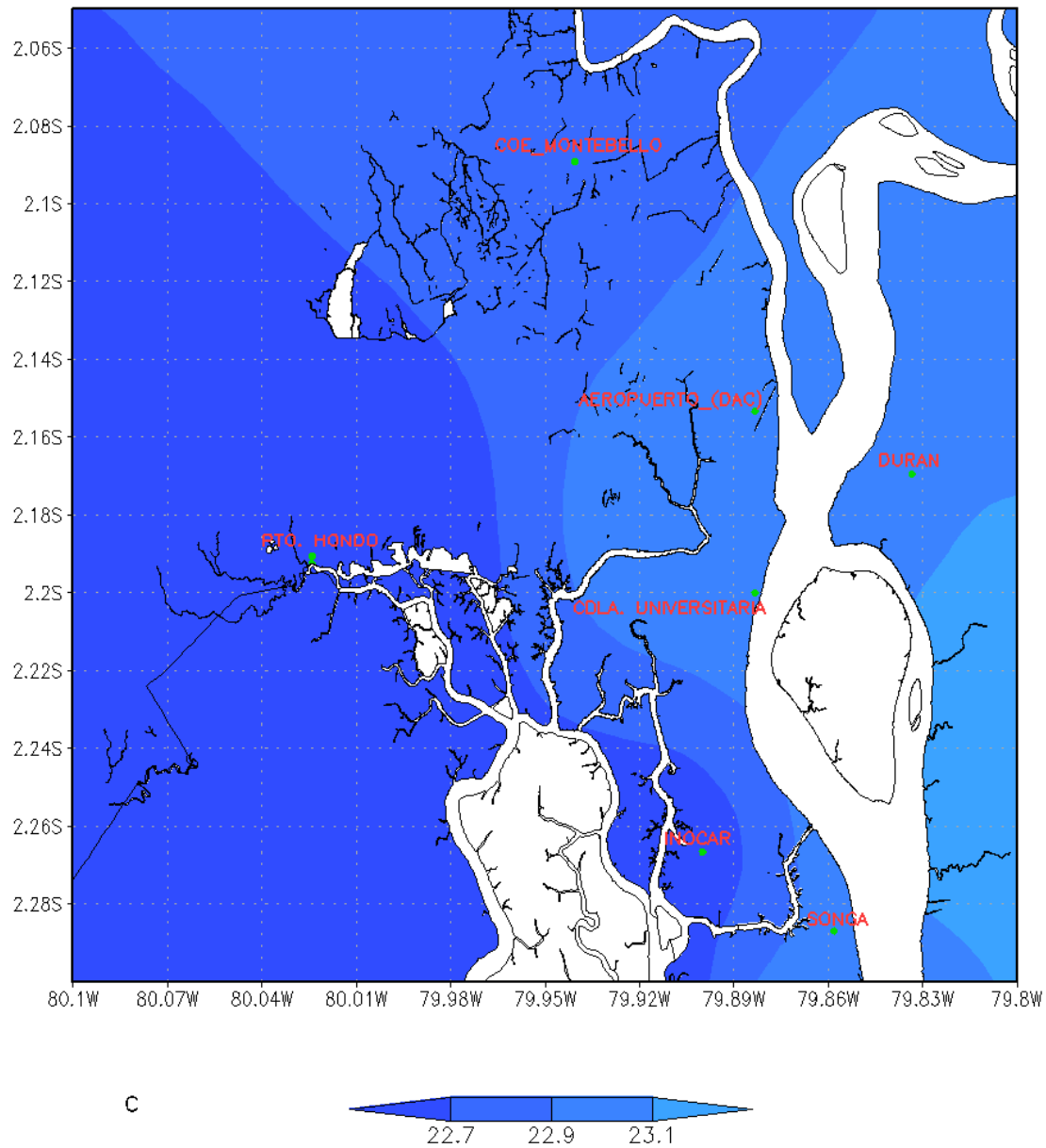


Figura 9. Temperatura Mínima Media Guayaquil.

En el mes de Octubre los valores más bajos de temperaturas mínimas media se registraron en Puerto Hondo e INOCAR con un valor de 22.6°C (Figura 9).

3. INDICE DE CONFORT.

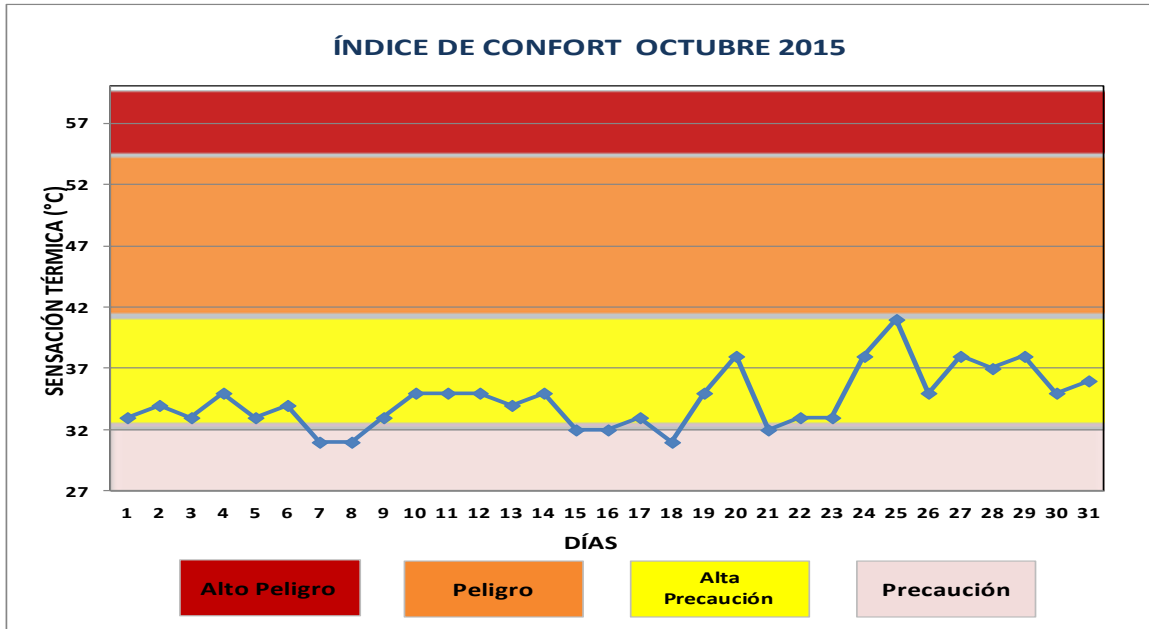


Figura 10. Índice de Confort Octubre 2015.

Durante el mes de Octubre el índice de confort estuvo entre los rangos de **Precaución** y **Alta precaución**. (Figura 10).

4. VIENTO.

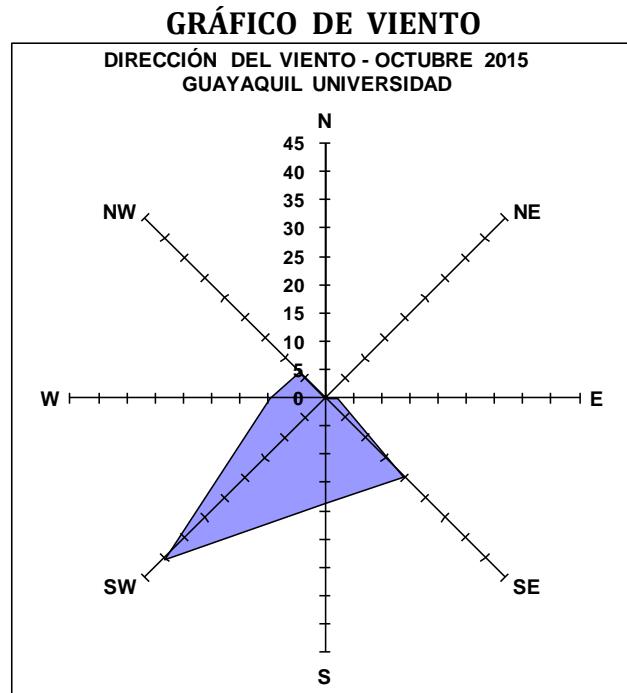


Figura 11. Dirección del viento

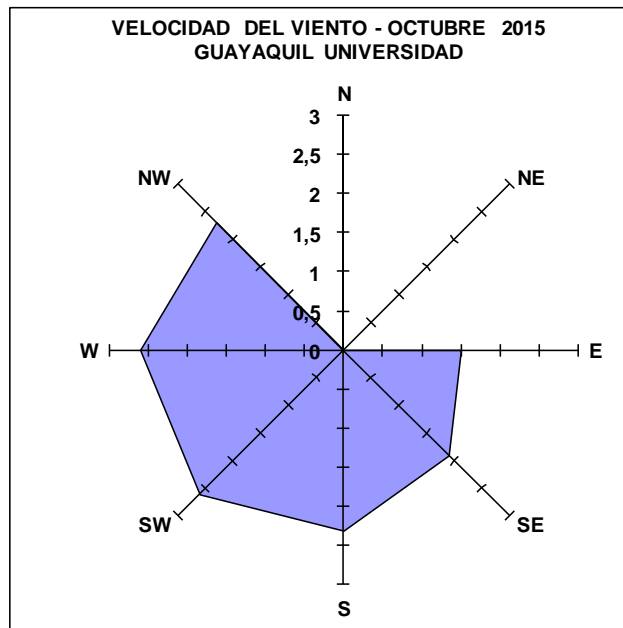


Figura 12. Velocidad del viento

La dirección predominante del viento en el mes de Octubre en la estación Ciudadela Universitaria (UG) fue del Suroeste (SW) (40.2 %), con una velocidad media de 2.6 m/s. La velocidad media mensual fue 2.2 m/s (Figuras 11 y 12).

Elaborado por: Ing. Boris Malavé R.
Revisado por: Ing. Raúl Mejía MSc.

El Boletín Climático Mensual de Guayaquil se realiza gracias a la colaboración de:

- Dirección de Aviación Civil (DAC)
- Universidad de Guayaquil (UG)
- Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR)
- GEOSERVICIOS
- COE MONTEBELLO – SGR
- SONGA
- Indulac
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Durán.
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guayaquil.

Pag.web: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>

Telef: 2532315 ext 106

Email: guayaquil@inamhi.gob.ec

Proceso Desconcentrado Cuenca del Río Guayas

BOLETÍN CLIMÁTICO MENSUAL DE GUAYAQUIL Y SUS ALREDEDORES

Boletín Mensual Año III- N°11
Guayaquil, Noviembre 2015

1. PRECIPITACIÓN

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Precipitación Acumulada Mensual de Guayaquil (mm)
Noviembre 2015

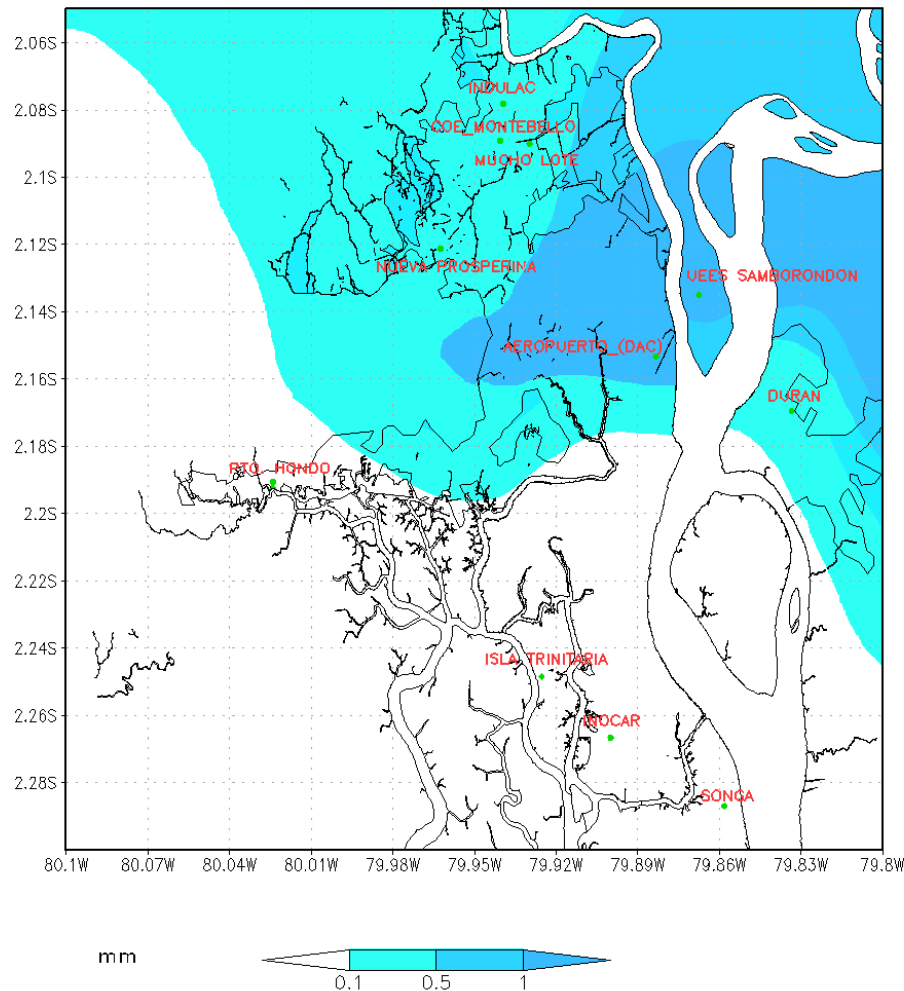


Figura 1. Precipitación acumulada Noviembre 2015

Durante Noviembre 2015, se registraron precipitaciones aisladas de intensidad débil en la ciudad, siendo el mayor valor registrado en la estación UESS ubicada con 2.3 mm. (Figura 1).

PROCESO DESCONCENTRADO CUENCA DEL RÍO GUAYAS

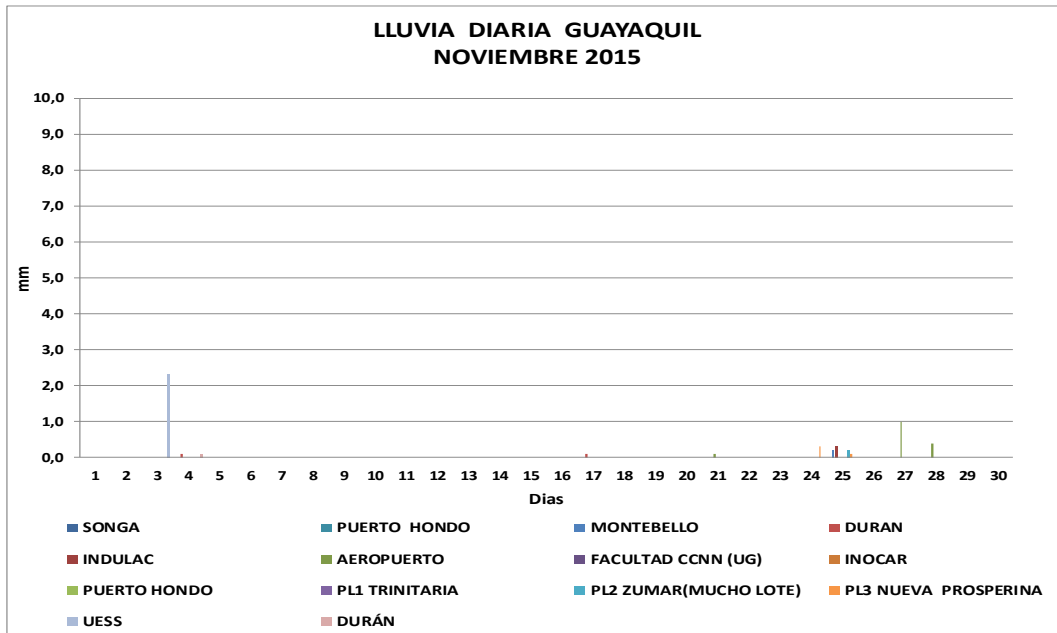


Figura 2. Lluvia Diaria Guayaquil

Se presentaron lloviznas a mediados de la tercera década. La máxima precipitación en 24 horas se registró en la estación UEES con 2.3 mm el día 3 (Figura 2).

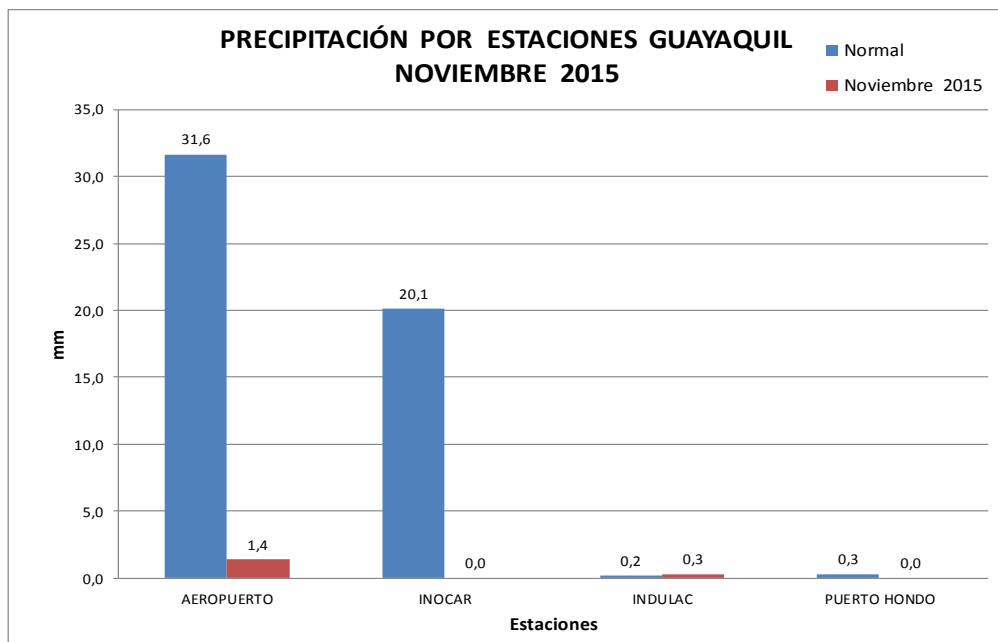


Figura 3. Normales correspondientes a Aeropuerto 1981 – 2010, INOCAR 1981 – 2010, INDULAC 2008-2014, Puerto Hondo 2008-2014.

Las precipitaciones acumuladas en el mes de Noviembre 2015 fueron inferiores a los valores promedio históricos, menos Indulac que estuvo alrededor de la normal. (Figura 3).

PRECIPITACIÓN HISTÓRICA

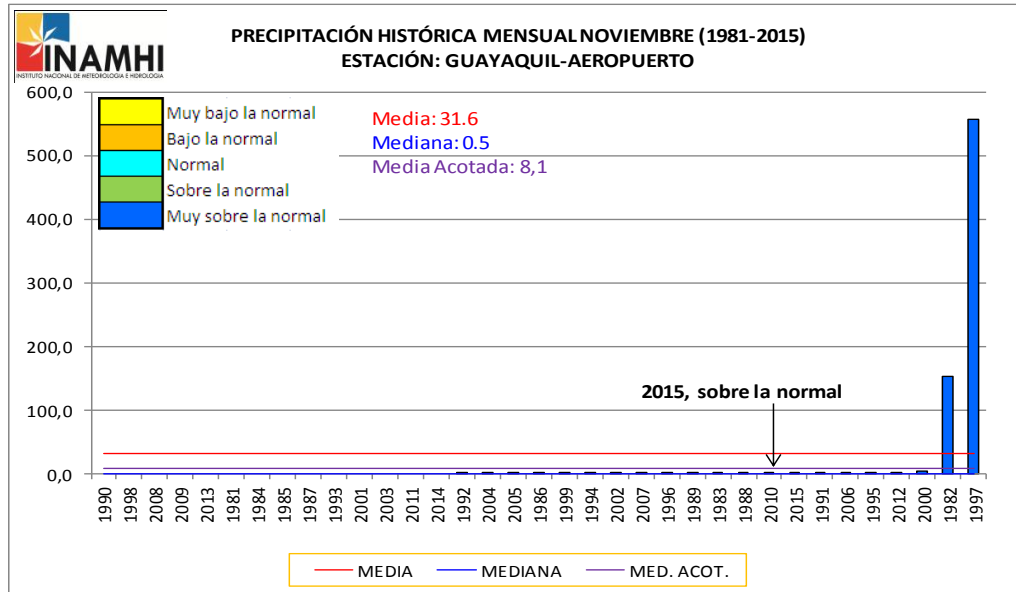


Figura 4. Precipitación histórica mensual de Noviembre (1981-2015) de la estación Guayaquil (Aeropuerto)

Considerando la clasificación por quintiles, en la estación Guayaquil Aeropuerto, las precipitaciones del mes de Noviembre 2015 se ubicaron en el rango de **sobre la normal** (Figura 4).

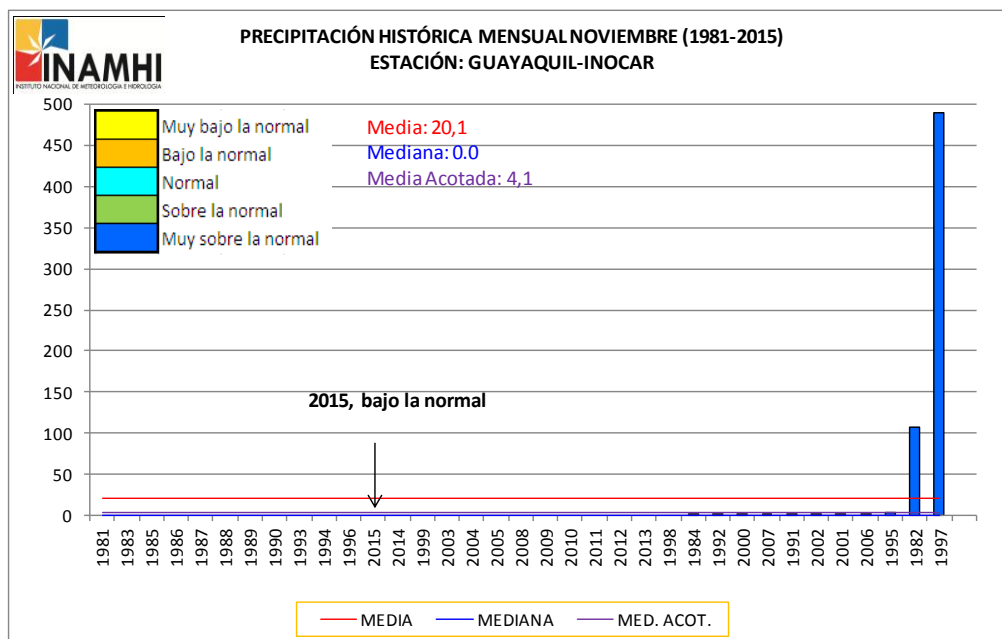


Figura 5. Precipitación histórica mensual de Noviembre (1981-2015) de la estación Guayaquil (INOCAR).

Por su parte en la estación Guayaquil INOCAR, las precipitaciones del mes de Noviembre 2015 también se ubicaron en el rango de **Normal** (Figura 5).

2. TEMPERATURAS.

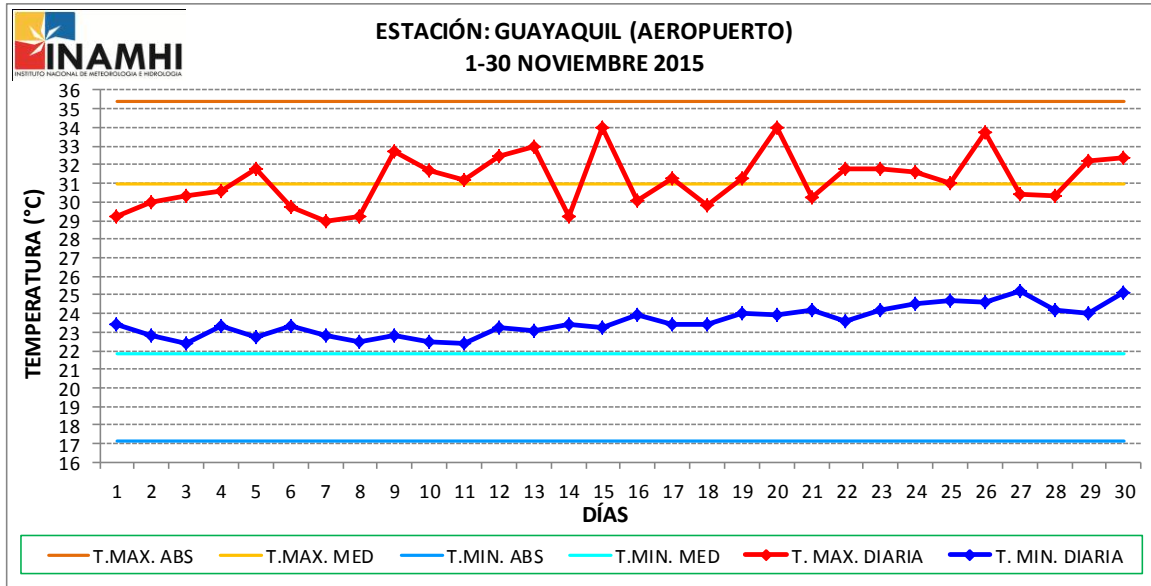


Figura 6. Temperatura diaria Guayaquil Aeropuerto.

En la estación del Aeropuerto las temperaturas máximas diarias registradas, fluctuaron de manera irregular, en especial la segunda década; siendo la máxima del mes 34.0 °C registrado los días 15 y 20. Por su parte las mínimas diarias fluctuaron sobre la normal todo el mes, siendo la mínima del mes de 22.4°C los días 3 y 11 (Figura 6).

PROCESO DESCONCENTRADO CUENCA DEL RÍO GUAYAS

REPUBLICA DEL ECUADOR

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Temperatura Maxima Media Mensual Guayaquil (°C)

Noviembre 2015

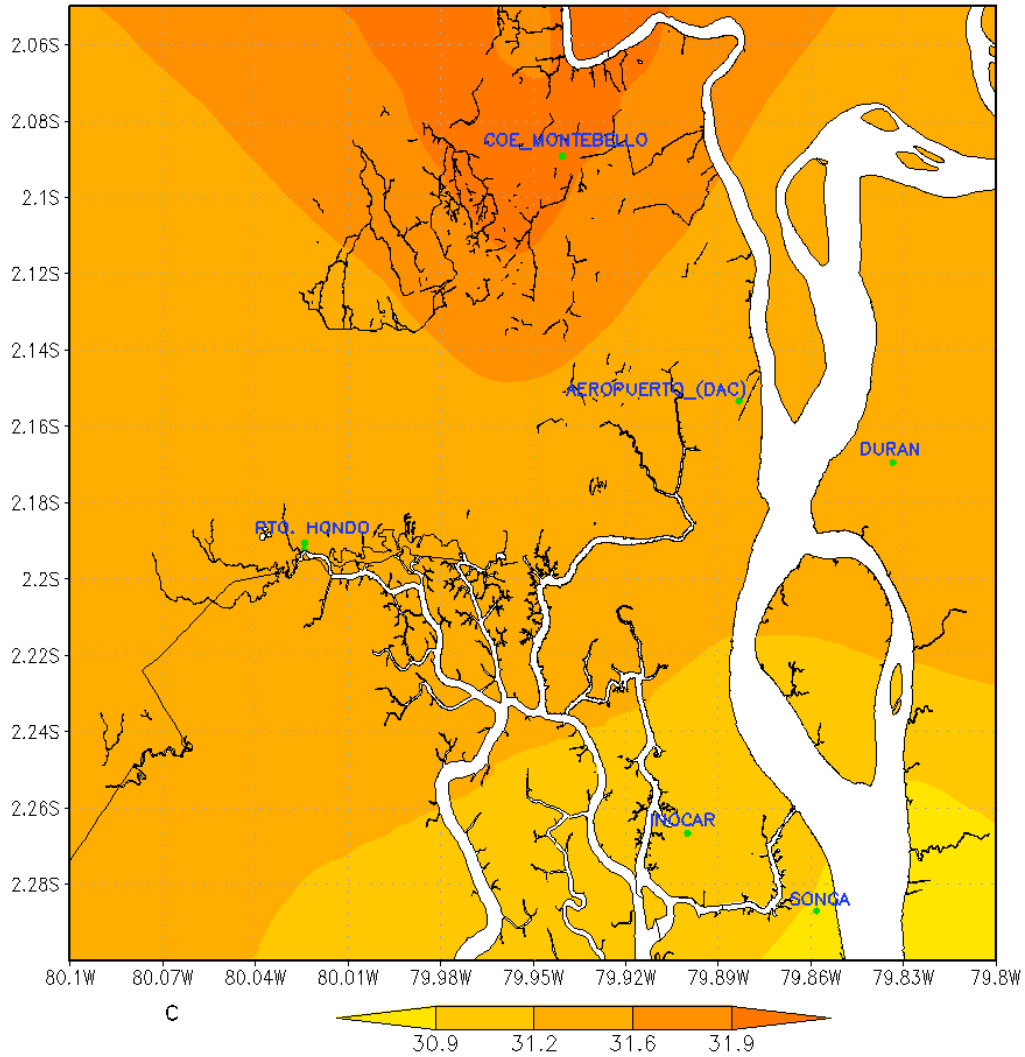


Figura 7. Temperatura Máxima Media Guayaquil.

En el mes de Noviembre los valores más elevados de temperatura máxima media se registraron en el norte de la ciudad, en Montebello con un valor de 32.0 °C. (Figura 7).

PROCESO DESCONCENTRADO CUENCA DEL RÍO GUAYAS

REPUBLICA DEL ECUADOR

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Temperatura Mínima Media Mensual Guayaquil (°C)

Noviembre 2015

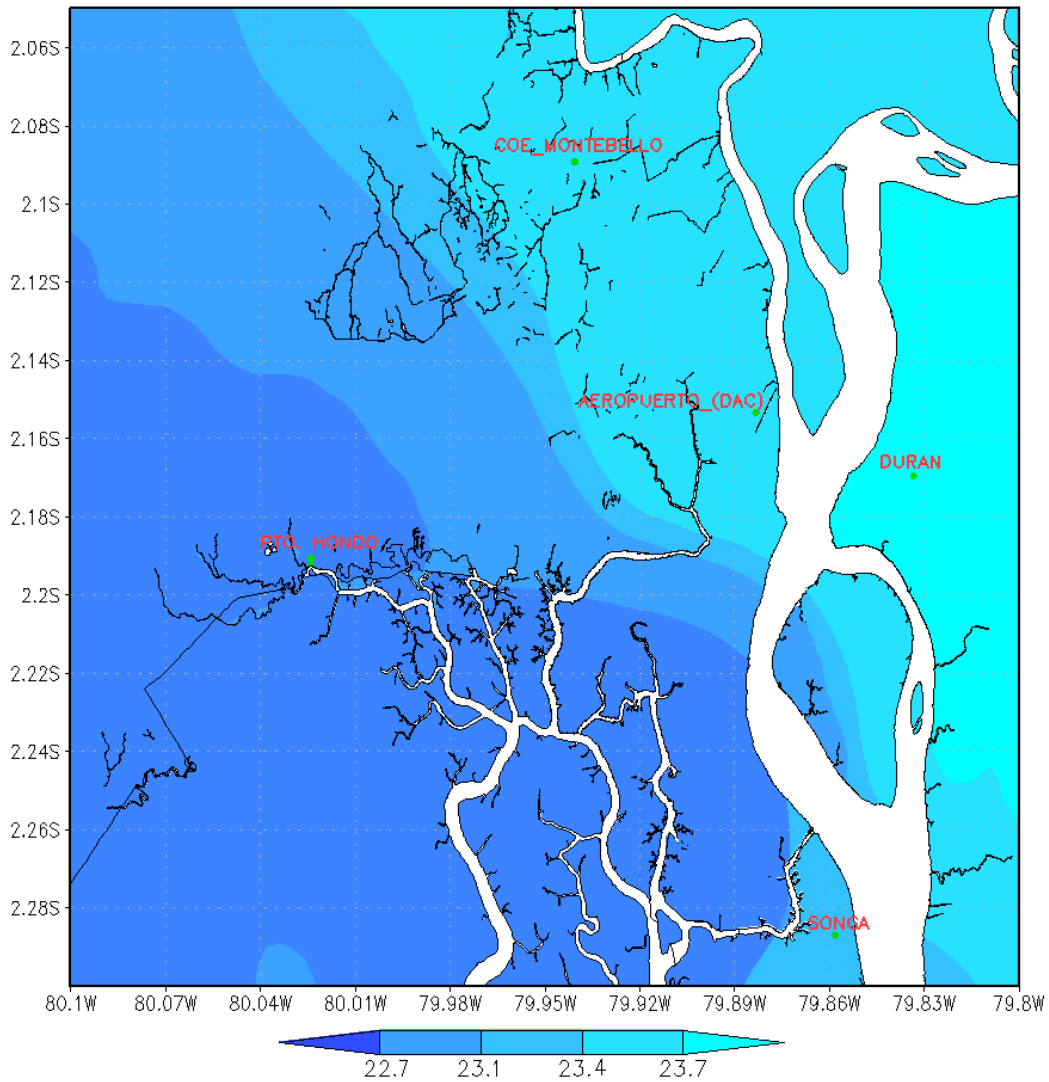


Figura 8. Temperatura Mínima Media Guayaquil.

En el mes de Noviembre los valores más bajos de temperaturas mínimas media se registraron en INOCAR con un valor de 22.6°C (Figura 8).

3. INDICE DE CONFORT.

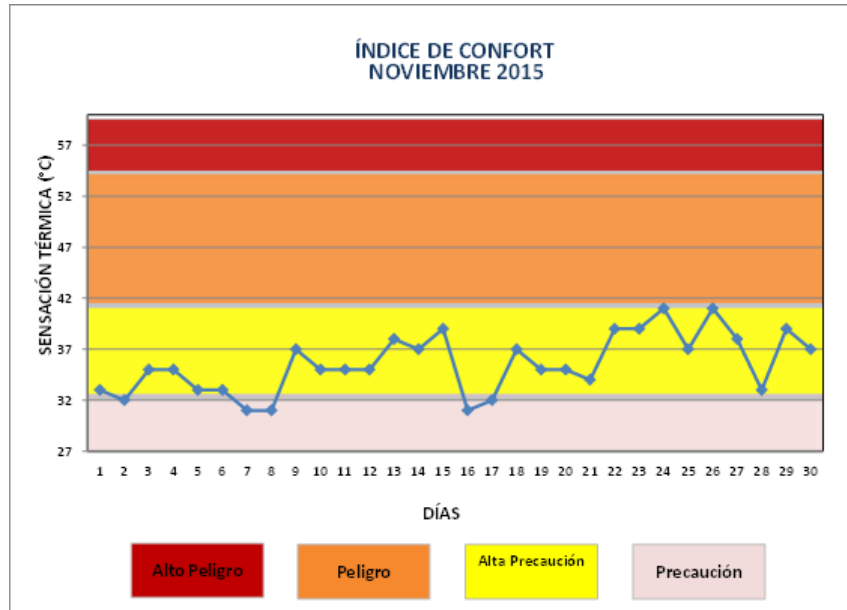


Figura 9. Índice de Confort Noviembre 2015.

Durante el mes de Noviembre el índice de confort estuvo entre los rangos de **Precaución** y **Alta precaución**. (Figura 9).

Elaborado por: Ing. Carlos Naranjo S.

Revisado por: Ing. Raúl Mejía MSc.

El Boletín Climático Mensual de Guayaquil se realiza gracias a la colaboración de:

- Dirección de Aviación Civil (DAC)
- Universidad de Guayaquil (UG)
- Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR)
- GEOSERVICIOS
- COE MONTEBELLO – SGR
- SONGA
- Indulac
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Durán.
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guayaquil.

Pag.web: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>

Telef: 2532315 ext 106

Email: guayaquil@inamhi.gob.ec

Proceso Desconcentrado Cuenca del Río Guayas BOLETÍN CLIMÁTICO MENSUAL DE GUAYAQUIL Y SUS ALREDEDORES

Boletín Mensual Año III- N°12
Guayaquil, Diciembre 2015

1. PRECIPITACIÓN

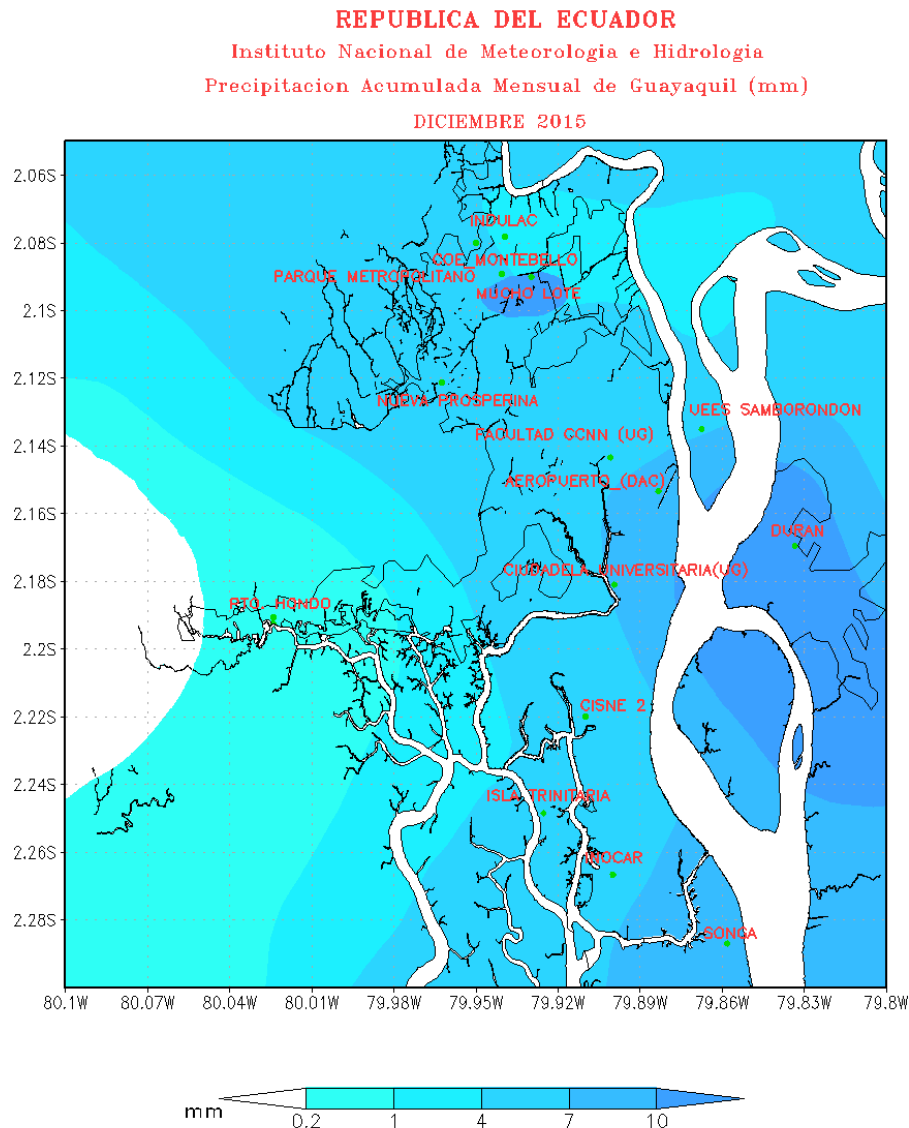


Figura 1. Precipitación acumulada Diciembre 2015

Durante el mes de Diciembre 2015, se registraron precipitaciones de intensidad débil a moderada en la ciudad de Guayaquil y sus alrededores, siendo el mayor valor registrado en la estación de Durán con 13.0 mm (Figura 1).

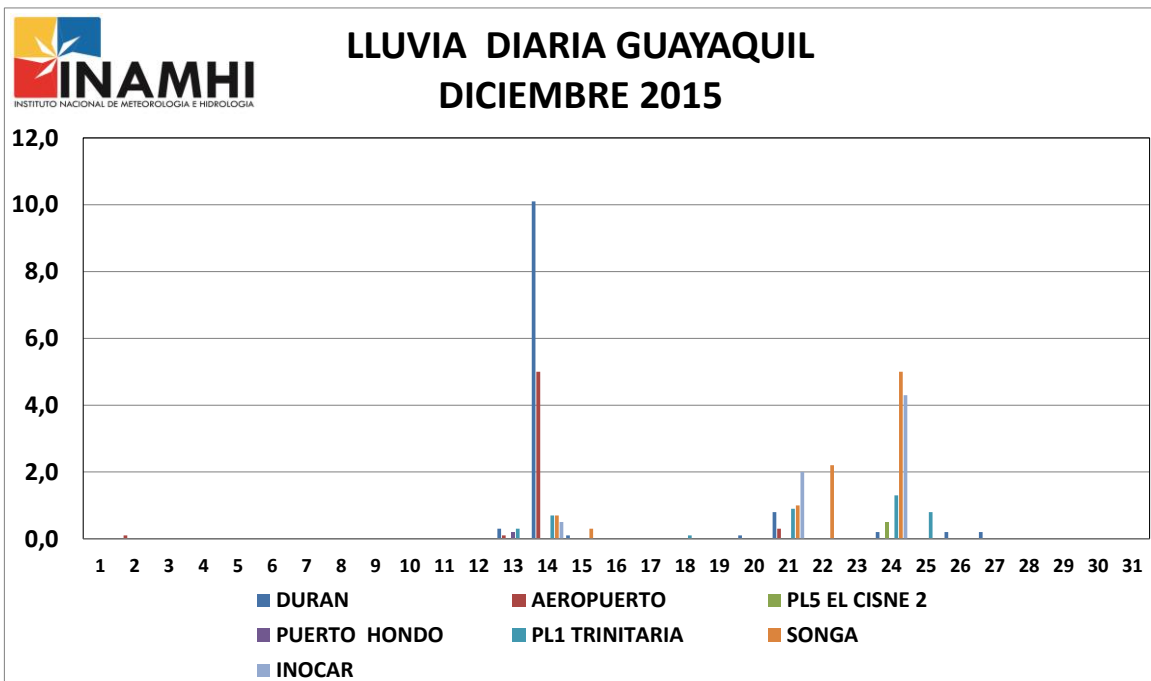
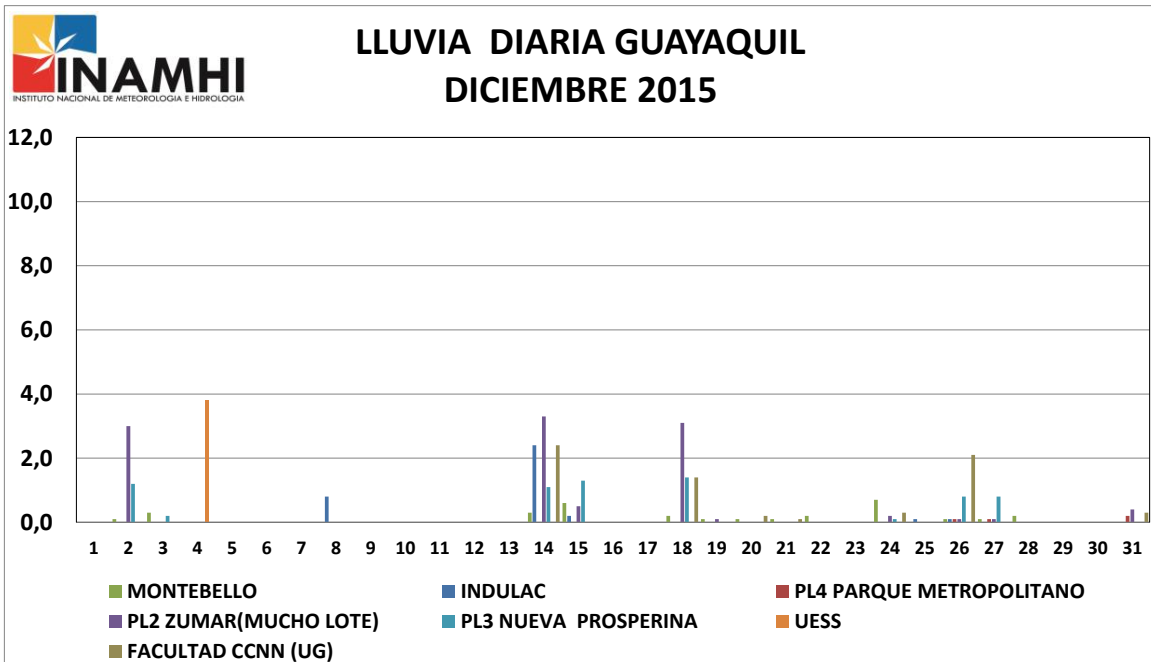


Figura 2. Lluvia Diaria Guayaquil

Se presentaron lluvias débiles dispersas en el mes. La máxima precipitación en 24 horas se registró en la estación Durán con 11.4 mm el día 14 (Figura 2).

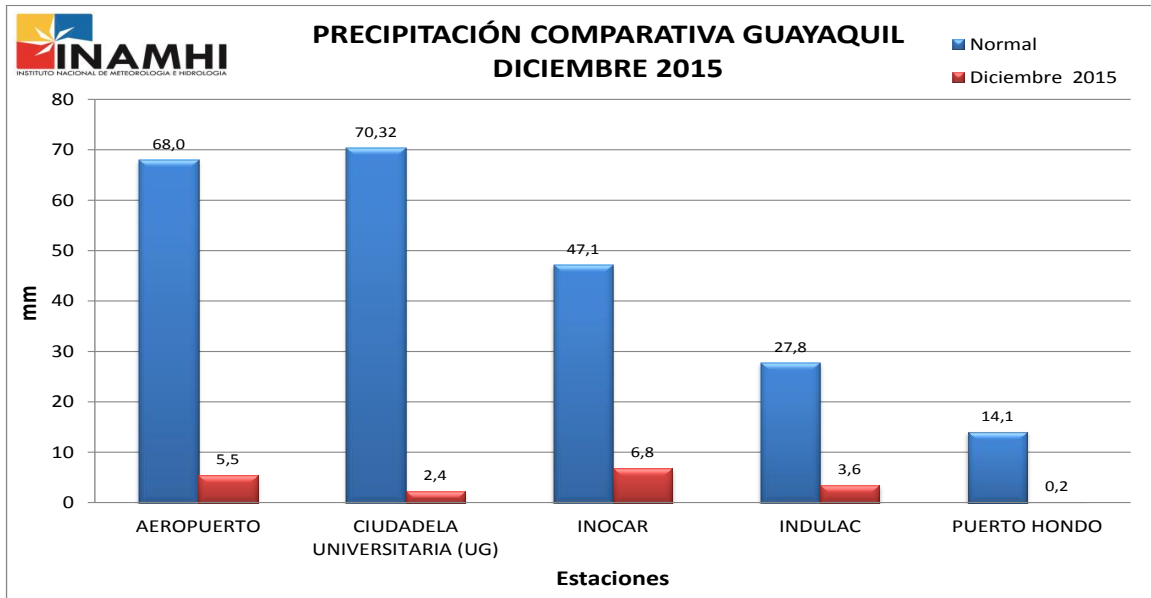


Figura 3. Normales correspondientes a Aeropuerto 1981 – 2010, INOCAR 1981 – 2010, INDULAC 2008-2014, Puerto Hondo 2008-2014.

Las precipitaciones acumuladas en el mes de Diciembre 2015 fueron inferiores a los valores promedios históricos (Figura 3).

QUINTILES DE PRECIPITACIÓN

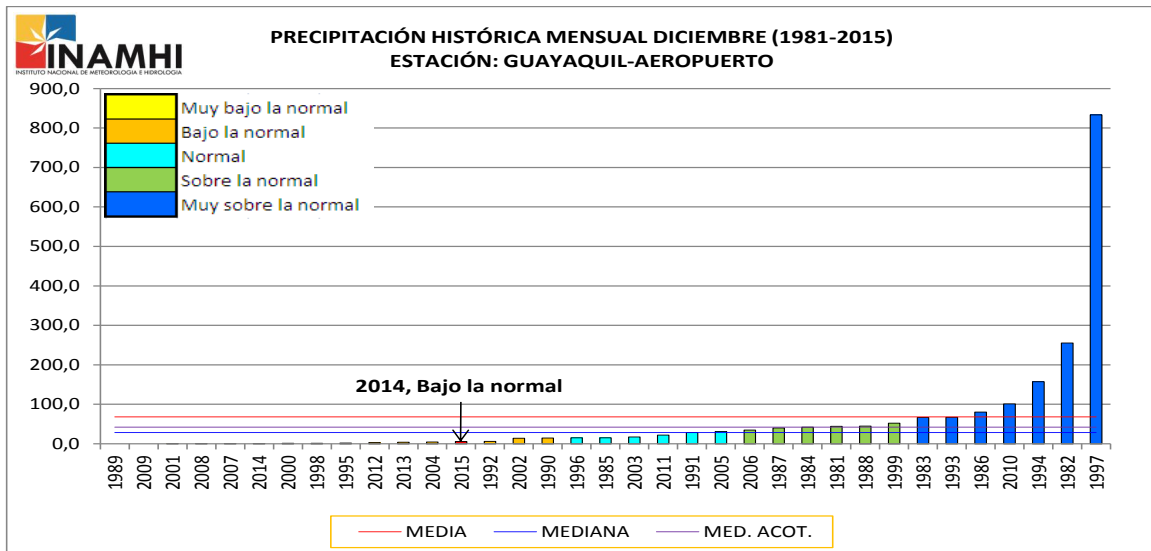


Figura 4. Precipitación histórica mensual de Diciembre (1981-2015) de la estación Guayaquil (Aeropuerto)

Considerando la clasificación por quintiles, en la estación Guayaquil Aeropuerto, las precipitaciones del mes de Diciembre 2015 se ubicaron en el rango de **Bajo la normal** (Figura 4).

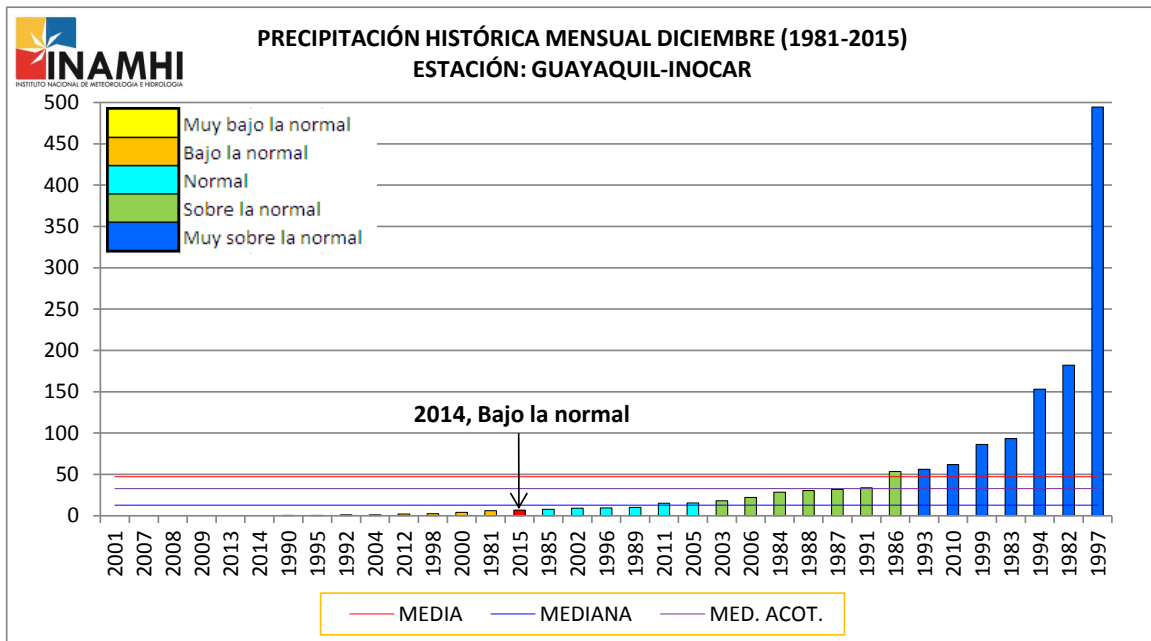


Figura 5. Precipitación histórica mensual de Diciembre (1981-2015) de la estación Guayaquil (INOCAR).

Por su parte en la estación Guayaquil INOCAR, las precipitaciones del mes de Diciembre 2015 también se ubicaron en el rango de **Bajo la normal** (Figura 5).

2. TEMPERATURAS

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Temperatura Máxima Media Guayaquil (°C)
Diciembre 2015

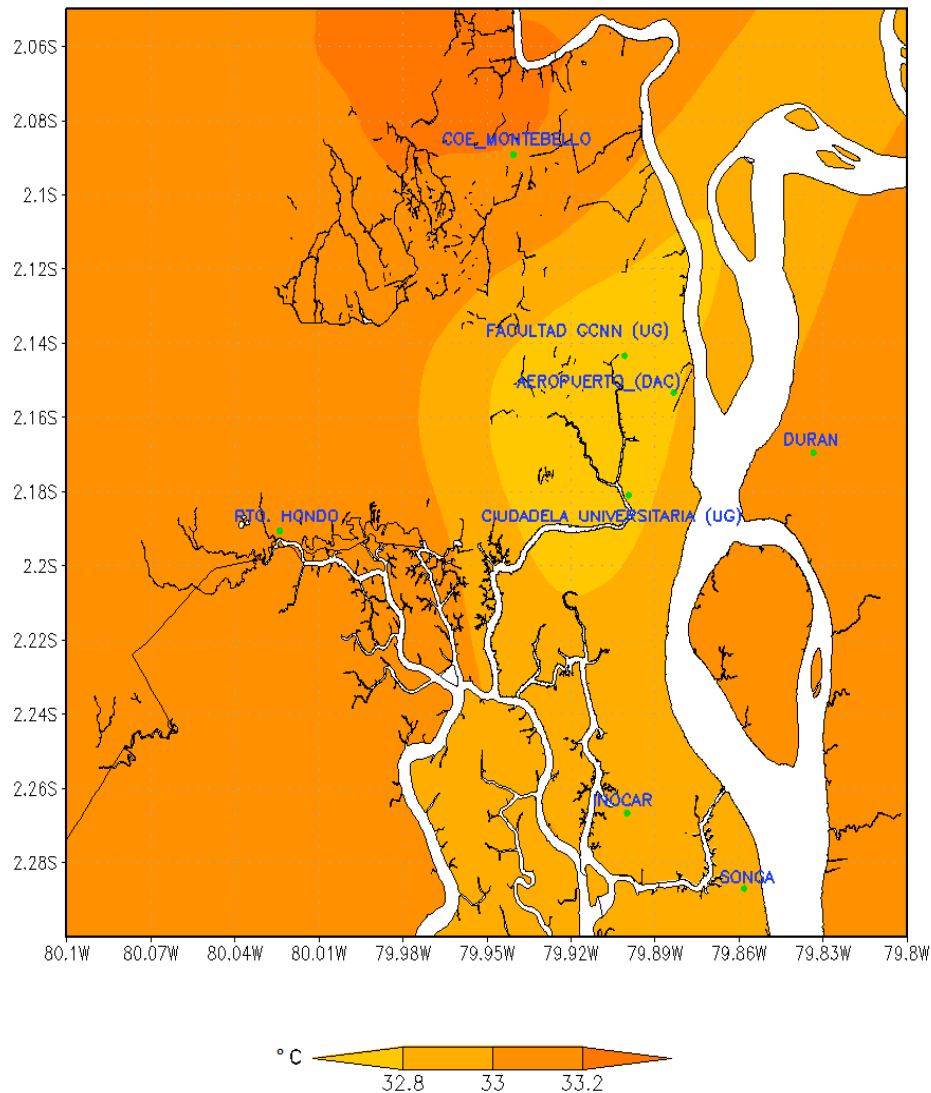


Figura 6. Temperatura Máxima Media Guayaquil.

En el mes de Diciembre los valores más elevados de temperatura máxima media se registraron hacia el norte de la ciudad, en la estación de Montebello con un valor de 33.2 °C (Figura 6).

REPUBLICA DEL ECUADOR
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
Temperatura Mínima Media Guayaquil (°C)
Diciembre 2015

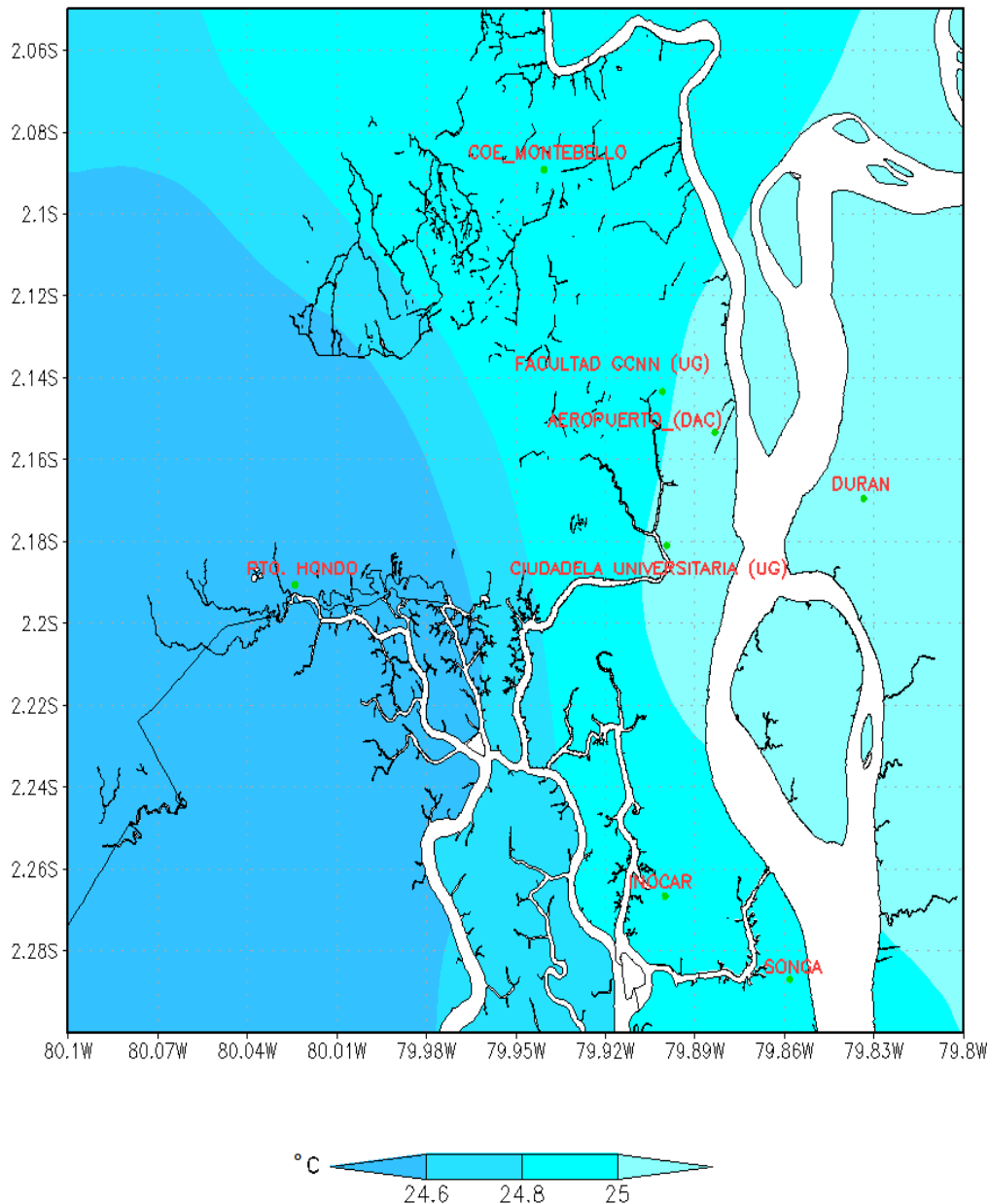


Figura 7. Temperatura Mínima Media Guayaquil.

En el mes de Diciembre los valores más bajos de temperaturas mínimas media se registraron hacia el oeste de la ciudad, en la estación de Puerto Hondo con un valor de 24.5 °C (Figura 7).

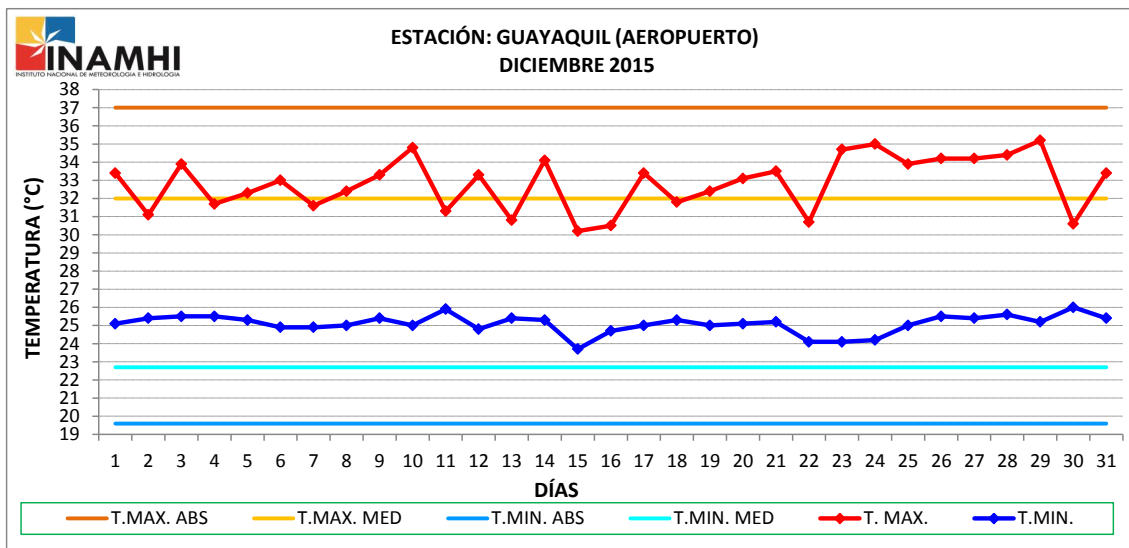


Figura 8. Temperatura diaria Guayaquil Aeropuerto.

En la estación del Aeropuerto las temperaturas máximas diarias registradas fluctuaron de manera irregular, en especial la segunda década; siendo la máxima del mes 35.2 °C registrado el día 29. Por su parte las mínimas diarias fluctuaron sobre la normal todo el mes, siendo la mínima del mes de 23.7 °C el día 15 (Figura 8).

QUINTILES DE TEMPERATURAS

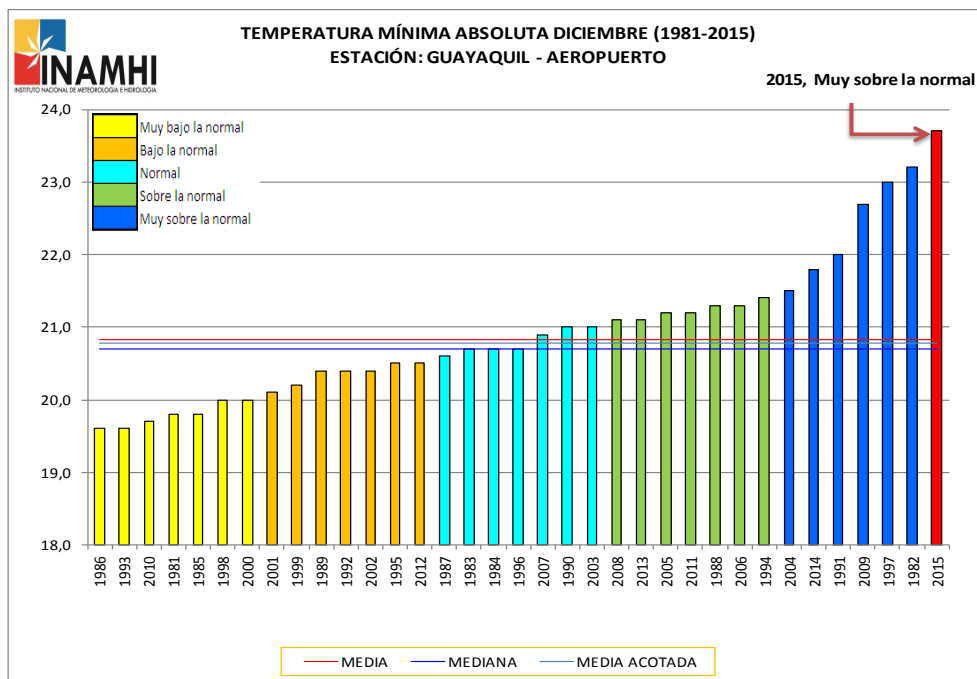


Figura 9. Temperatura mínima absoluta histórica mensual de Diciembre - Guayaquil Aeropuerto.

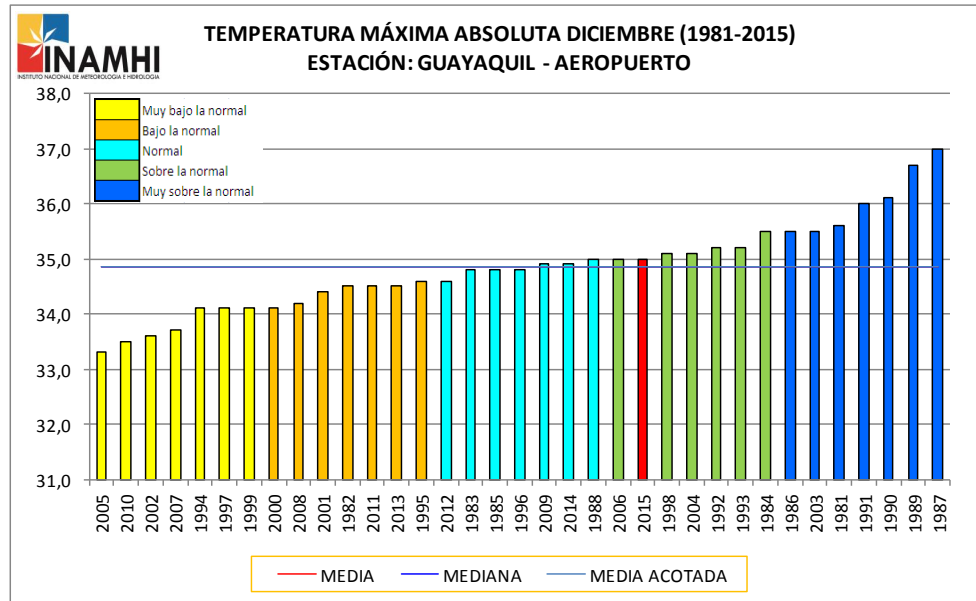


Figura 10. Temperatura máxima absoluta histórica mensual de Diciembre - Guayaquil Aeropuerto.

Con respecto a la comparación por quintiles de temperaturas se puede observar que la temperatura mínima registrada para el mes de Diciembre 2015 se encuentra en el rango de **Muy sobre la normal** y es el valor más alto de los últimos 30 años que se tiene registrado (Figura 9); en tanto la temperatura máxima absoluta se encuentra en el rango de **Sobre la normal** (Figura 10).

3. INDICE DE CONFORT.

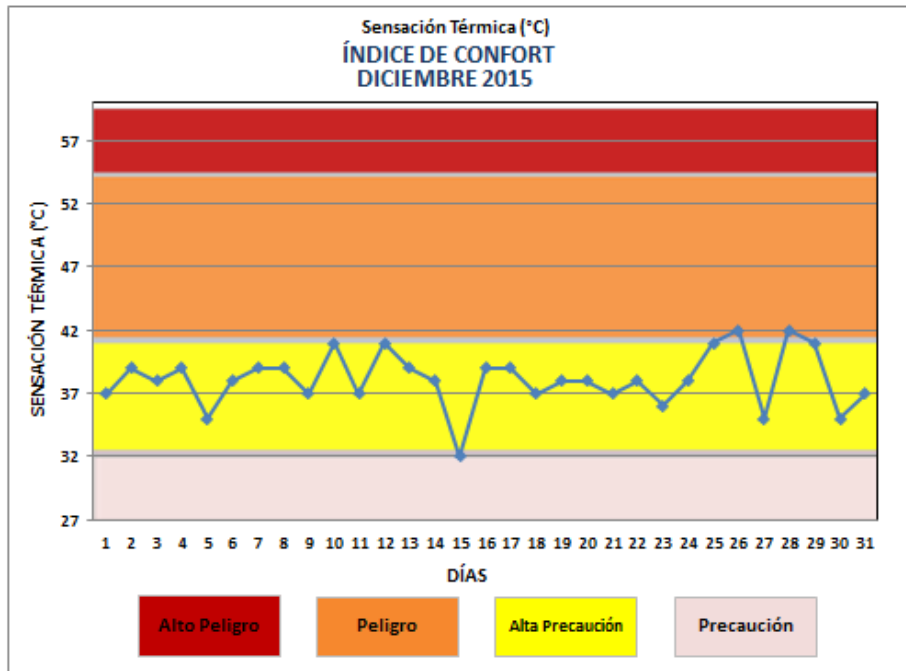


Figura 11. Índice de Confort Diciembre 2015.

Durante el mes de Diciembre el índice de confort estuvo entre los rangos de **Alta precaución** y en dos días puntuales (26 y 28) se ubicó en el rango de **Peligro** (Figura 11).

4. VIENTO.

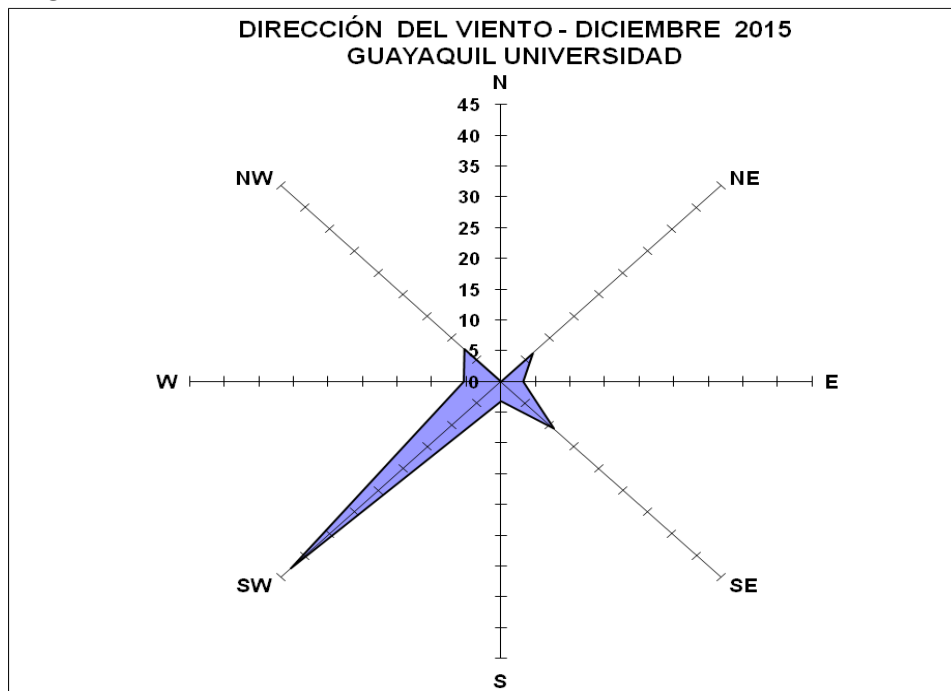


Figura 12. Dirección del viento

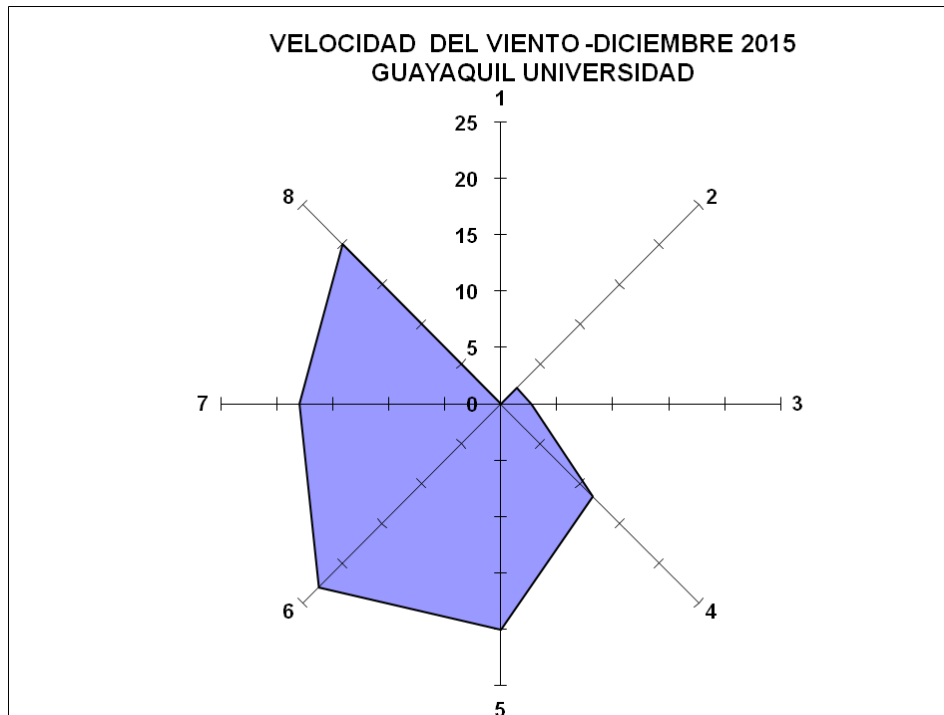


Figura 13. Velocidad del viento

La dirección predominante del viento en el mes de Diciembre en la estación Universitaria (UG) fue del Suroeste (SW) (43.0 %), con una velocidad media de 23.0 m/s. La velocidad media mensual fue 13.9 m/s (Figuras 12 y 13).

Elaborado por: Ing. Carlos Naranjo – Ing. Boris Malavé
Revisado por: Ing. Raúl Mejía MSc.

El Boletín Climático Mensual de Guayaquil se realiza gracias a la colaboración de:

- Dirección de Aviación Civil (DAC)
- Universidad de Guayaquil (UG)
- Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (INOCAR)
- GEOSERVICIOS
- COE MONTEBELLO – SGR
- SONGA
- Indulac
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Durán.
- Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guayaquil.

Pag.web: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>

Telef: 2532315 ext 106

Email: guayaquil@inamhi.gob.ec