

PRECIPITACIONES Y VIENTOS EN EL CLIMA URBANO ARIDO DEL AREAMETROPOLITANA DE SAN JUAN

A. Ortega¹, M. Cúnsulo², E. Montilla³
Instituto de Estudios en Arquitectura Ambiental “Arq. Alberto Papparelli” - Facultad de
Arquitectura, Urbanismo y Diseño - Universidad Nacional de San Juan
Santa Fe 198 oeste - 5400 SAN JUAN - ARGENTINA
Tel: (0264) 4202664 - E-mail: orteganec@gmail.com

Recibido 24/07/17, aceptado 26/09/17

RESUMEN: Complementando estudios previos de clima urbano árido, relevantes para su uso como base de datos de diseño bioclimático, se presenta la estadística 2000-2015, de precipitaciones y vientos con registros de la ciudad de San Juan. Se calculan promedios mensuales, estacionales y anuales, de cada año y del período de 16 años. Del análisis estadístico resulta el verano, la estación de mayor concentración de lluvias y mayor velocidad de vientos. La media de precipitación anual es de 70,24mm; el año de máximo valor resulta el 2005 con 128,8mm y el de mínimo valor el 2012, con 11,8mm. La frecuencia de vientos predominantes es del sector sur con 59% de horas al año, siendo las direcciones SE y SSE las de mayor frecuencia, con 23% y 19% respectivamente. Coincidentemente el sector cardinal con mayor velocidad de vientos es el sur, con máximas de 7,4km/h en el SSE, seguido por el SE con 5,80km/h.

Palabras clave: diseño bioclimático, clima urbano, estadística meteorológica urbana.

INTRODUCCIÓN

El poder conocer registros ciertos y confiables del clima urbano macroescalar, permite al diseñador concebir una arquitectura bioclimática que a partir de condiciones exteriores controle utilizando el diseño, permitiendo optimizar las condiciones de clima interior, dentro de rangos aceptables de confort. De esta manera, el clima urbano se constituye en una herramienta esencial para la planificación y diseño urbano-arquitectónico bioclimáticos. A pesar de lo expuesto, en la mayoría de las ciudades estos datos no están disponibles ya que no se cuenta con estaciones meteorológicas instaladas en los centros urbanos, sino en zonas rurales como apoyatura a los aeropuertos y a la actividad agrícola-ganadera, y por tanto ubicadas en áreas de cultivo alejadas de los centros urbanos.

La característica del clima del Área Metropolitana de San Juan, es árido continental mesotermal, con grandes amplitudes térmicas diurnas y anuales de temperatura; fuerte radiación solar en verano y nubosidad moderada distribuida uniformemente a lo largo del año. Verano caluroso y con aire relativamente deshidratado e invierno frío y aire más húmedo (Papparelli *et al.*, 1998).

Debido a la rugosidad urbana, a la canalización de los vientos en las calles (*efecto corredor*) como así también por influencia de la isla de calor que origina vientos térmicos, la ciudad modifica la velocidad y dirección del viento. Al circular el aire entre los edificios se genera turbulencia y vórtices que perturban el desplazamiento de los habitantes. Dicho flujo se modifica constantemente en función de la forma, altura y disposición de unos con respecto a los otros (Capelli de Steffens *et al.*, 2006).

¹Jefe de Trabajos Prácticos FAUD UNSJ

²Profesor Adjunto FAUD UNSJ – Profesional Principal CONICET

³Profesor Titular FAUD UNSJ

A su vez las torrenciales precipitaciones características de zonas áridas actúan generando eventos aluvionales puntuales, dentro de extensos períodos de sequía.

Desde el año 1987 la Unidad Ejecutora estudia el clima urbano de zonas áridas, tomando como zona de referencia la ciudad de San Juan. Dichos estudios, relacionados con las características de la estructura de la ciudad, se realizan procesando, información propia de mediciones meteorológicas urbanas obtenidas con Estaciones Meteorológicas Digitales. Desde el año 1999 se realiza en el INEAA un Programa de Actualización Climático-Urbanística, PROPAC publicados como Informes Técnicos (Papparelli *et al.*, 1999-2013– 2013; Kurbán, *et al.*, 2014 – 2015) a fin de contar con una base de datos climáticos urbanos, como herramienta de diseño urbano y arquitectónico bioclimático.

Completando la estadística de Temperatura, Humedad Relativa y Radiación Solar Global y Difusa realizada por Ortega, *et al.*(2013) se presenta el análisis de dos de las variables del clima urbano con incidencia en el diseño urbano arquitectónico: Precipitaciones y Vientos.

METODOLOGÍA

DATOS METEOROLÓGICOS CIUDAD DE SAN JUAN (Período 2000-2015)

Para la elaboración de la Estadística Meteorológica del período 2000-2015, se trabajó con los datos registrados para el PROPAC. Los Informes Técnicos contienen registros del clima urbano del área Eminentemente Urbana del Gran San Juan hora a hora. En este estudio se utilizan los datos a partir del año 2000.

En el citado Programa PROPAC, se obtienen y analizan estadísticas de las siguientes variables:

- Temperatura de Bulbo seco (°C)
- Humedad Relativa del aire (%)
- Velocidad(km/h), dirección y Frecuencia(n°) de vientos
- Precipitación (mm)
- Presión Atmosférica (mm Hg)
- Radiación solar global y difusa (w/m^2)

Como se dijo anteriormente, para la ejecución del presente estudio se procesaron los datos correspondientes a Precipitaciones y Vientos (velocidad, dirección y frecuencia) complementando estudios anteriores (Ortega, *et al.*, 2013).

Los registros de los 16 años del período se obtuvieron en dos Estaciones Meteorológicas, EM-II y EM-III, ubicadas en la Banda Eminentemente Urbana de la ciudad de San Juan, a una distancia de aproximadamente 300m del centro urbano principal de la misma, Plaza 25 de Mayo.

La EM-II y EM-III son estaciones marca Davis, que se encuentran instaladas en la terraza del edificio sede del INEAA, conectadas a PC mediante el software Weatherlink con interface Weather Monitor II y sensores de temperatura de bulbo seco, humedad relativa, vientos, (frecuencia, dirección y velocidad), presión atmosférica y precipitación y radiación solar.

Las dos Estaciones se encuentran localizadas a una altura de 12,00m sobre el nivel del terreno natural, sin obstrucción edilicia, lo cual garantiza una buena exposición y captación de las condiciones atmosféricas del área urbana.

PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO DATOS METEOROLÓGICOS

La base de datos de 16 años, se procesó para obtener promedios diarios, mensuales, estacionales, de cada año y del período. A modo de ejemplo se presenta en la Tabla 1 las planillas correspondientes a los días 21 de junio y 21 de diciembre de 2015, correspondientes a los solsticios de invierno y de verano del último año del ciclo estudiado.

| FECHA (DD-MM-AA) | HORA | VIENTO | | PRECIP. (mm) | FECHA (DD-MM-AA) | HORA | VIENTO | | PRECIP. (mm) |
|---------------------|------|-----------|------------------|-----------------|---------------------|------|-----------|------------------|-----------------|
| | | DIRECCIÓN | VELOC. (Km/h) | | | | DIRECCIÓN | VELOC. (Km/h) | |
| 21-06-15 | 0 | --- | 0,00 | 0,0 | 21-12-15 | 0 | SSE | 4,80 | 0,0 |
| | 1 | SSE | 1,60 | 0,0 | | 1 | S | 3,20 | 0,0 |
| | 2 | --- | 0,00 | 0,0 | | 2 | S | 3,20 | 0,0 |
| | 3 | --- | 0,00 | 0,0 | | 3 | S | 3,20 | 0,0 |
| | 4 | SSE | 1,60 | 0,0 | | 4 | S | 1,60 | 0,0 |
| | 5 | SSE | 1,60 | 0,0 | | 5 | S | 1,60 | 0,0 |
| | 6 | ESE | 1,60 | 0,0 | | 6 | --- | 0,00 | 0,0 |
| | 7 | ESE | 1,60 | 0,0 | | 7 | --- | 0,00 | 0,0 |
| | 8 | --- | 0,00 | 0,0 | | 8 | S | 3,20 | 0,0 |
| | 9 | --- | 0,00 | 0,0 | | 9 | S | 6,40 | 0,0 |
| | 10 | --- | 0,00 | 0,0 | | 10 | SSE | 9,70 | 0,0 |
| | 11 | --- | 0,00 | 0,0 | | 11 | SSE | 11,30 | 0,0 |
| | 12 | --- | 0,00 | 0,0 | | 12 | SSE | 9,70 | 0,0 |
| | 13 | --- | 0,00 | 0,0 | | 13 | SSE | 9,70 | 0,0 |
| | 14 | ESE | 1,60 | 0,0 | | 14 | SSE | 8,00 | 0,0 |
| | 15 | ESE | 1,60 | 0,0 | | 15 | SSE | 6,40 | 0,0 |
| | 16 | SE | 1,60 | 0,0 | | 16 | SSE | 6,40 | 0,0 |
| | 17 | SE | 3,20 | 0,0 | | 17 | SSO | 4,80 | 0,0 |
| | 18 | SSE | 3,20 | 0,0 | | 18 | S | 4,80 | 0,0 |
| | 19 | SSE | 3,20 | 0,0 | | 19 | S | 3,20 | 0,0 |
| | 20 | SSE | 3,20 | 0,0 | | 20 | S | 3,20 | 0,0 |
| | 21 | --- | 0,00 | 0,0 | | 21 | S | 1,60 | 0,0 |
| | 22 | --- | 0,00 | 0,0 | | 22 | SSE | 4,80 | 0,0 |
| 23 | --- | 0,00 | 0,0 | 23 | SSE | 3,20 | 0,0 | | |

Tabla 1: Registro de datos meteorológicos horarios de los días 21 de junio y 21 de diciembre 2015.

Los datos meteorológicos horarios de cada día se procesaron para obtener valores correspondientes a los promedios hora a hora, mensuales, anuales y del periodo. Se realizaron los siguientes cálculos:

- **Cálculo de Valores Mensuales**

Precipitación (mm)

Valores acumulados: mensual de cada año estudiado

Viento: Frecuencia (nº) y Velocidad (km/h)

Frecuencia: cantidad de horas al año en que sopló el viento en cada dirección cardinal de rumbo y/o de medio-rumbo.

Velocidad: *Promedio mensual* de la velocidad del viento durante todas las horas al año en cada dirección cardinal de rumbo y/o de medio-rumbo.

- **Cálculo de Valores Estacionales**

Se consideran las estaciones de verano e invierno por ser estas las estaciones críticas para el acondicionamiento térmico de edificios en zonas áridas como el AMSJ (Área Metropolitana del Gran San Juan).

Cada estación climática se considera comprendida entre los siguientes períodos:

Estación VERANO: 1º de diciembre (del año anterior) hasta 28 de febrero del año siguiente.

Estación INVIERNO: 1º de junio hasta 31 de agosto.

Precipitaciones (mm)

Valores acumulados: estacional, para verano e invierno.

Viento: Frecuencia (nº) y Velocidad (km/h)

Frecuencia: *Valor Acumulado estacional* de la cantidad de horas al año en que sopló el viento en cada dirección cardinal de rumbo y/o de medio-rumbo.

Velocidad: *Promedio estacional* de la velocidad del viento durante todas las horas al año en cada dirección cardinal de rumbo y/o de medio-rumbo.

- **Cálculo de Valores Anuales**

Precipitaciones (mm)

Valores acumulados: anual.

Viento: Frecuencia (nº) y Velocidad (km/h)

Frecuencia: *Valor Acumulado anual* de la cantidad de horas al año en que sopló el viento en cada dirección cardinal de rumbo y/o de medio-rumbo.

Velocidad: *Promedio anual* de la velocidad del viento durante todas las horas al año en cada dirección cardinal de rumbo y/o de medio-rumbo.

- **Cálculo de Valores del Período 2000- 2015**

Precipitaciones (mm)

Promedio: del período 2000 - 2015 (16 años).

Viento: Frecuencia (nº) y Velocidad (km/h)

Frecuencia: *Promedio del periodo* de la cantidad de horas al año en que sopló el viento en cada dirección cardinal de rumbo y/o de medio-rumbo.

Velocidad: *Promedio del periodo* de la velocidad del viento durante todas las horas al año en cada dirección cardinal de rumbo y/o de medio-rumbo.

Del periodo, desde el año 2000 hasta 2015 (16 años).

RESULTADOS

ESTADISTICA PRECIPITACIONES

En la Tabla 2 se presenta la siguiente información procesada de las precipitaciones:

- Valores Acumulados mensuales.
- Valores Acumulados estacionales: Verano e Invierno.
- Valores Acumulados anuales.
- Valores Promedio del periodo.

PROMEDIO PRECIPITACIONES (mm)

| DIRECCIÓN | MESES | | | | | | | | | | | | TOTALES | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | ACUMULADO | INV | VER |
| AÑO 2000 | 15,00 | 18,00 | 9,00 | 2,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,00 | 0,00 | 3,20 | 4,80 | 16,80 | 71,00 | 2,00 | 49,80 |
| AÑO 2001 | 2,40 | 25,80 | 7,40 | 2,20 | 0,80 | 5,80 | 0,00 | 0,00 | 13,40 | 0,60 | 7,40 | 0,00 | 65,80 | 5,80 | 28,20 |
| AÑO 2002 | 5,20 | 12,60 | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,20 | 0,20 | 6,20 | 0,40 | 33,00 | 59,00 | 1,20 | 50,80 |
| AÑO 2003 | 3,40 | 6,00 | 8,40 | 16,60 | 0,00 | 0,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 3,00 | 0,20 | 38,40 | 0,80 | 9,60 |
| AÑO 2004 | 35,20 | 9,40 | 22,60 | 0,00 | 18,80 | 0,20 | 2,20 | 0,00 | 0,00 | 15,60 | 0,60 | 0,20 | 104,80 | 2,40 | 44,80 |
| AÑO 2005 | 32,40 | 50,80 | 9,20 | 1,00 | 0,60 | 0,00 | 0,40 | 16,00 | 11,80 | 2,40 | 0,00 | 4,20 | 128,80 | 16,40 | 87,40 |
| AÑO 2006 | 20,40 | 7,00 | 0,60 | 0,60 | 0,00 | 0,20 | 1,80 | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 0,40 | 0,20 | 31,40 | 2,00 | 27,60 |
| AÑO 2007 | 42,20 | 40,60 | 8,60 | 8,00 | 0,60 | 2,40 | 0,80 | 0,00 | 0,00 | 0,80 | 11,60 | 1,00 | 116,60 | 3,20 | 83,80 |
| AÑO 2008 | 8,40 | 14,80 | 45,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 68,40 | 0,00 | 23,20 |
| AÑO 2009 | 36,20 | 9,00 | 10,40 | 0,00 | 3,60 | 0,80 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,60 | 0,00 | 7,20 | 68,00 | 1,00 | 52,40 |
| AÑO 2010 | 7,40 | 5,80 | 0,00 | 0,00 | 8,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,20 | 5,60 | 4,40 | 23,20 | 56,60 | 0,00 | 36,40 |
| AÑO 2011 | 16,40 | 19,00 | 15,40 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 2,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 14,40 | 9,40 | 77,80 | 2,20 | 44,80 |
| AÑO 2012 | 0,20 | 2,00 | 2,60 | 0,40 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,80 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 12,00 | 0,00 | 2,20 |
| AÑO 2013 | 35,40 | 2,80 | 0,00 | 0,40 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 0,60 | 39,80 | 79,20 | 0,00 | 78,00 |
| AÑO 2014 | 0,40 | 74,00 | 10,00 | 2,60 | 3,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,40 | 1,60 | 0,00 | 0,00 | 92,80 | 0,00 | 74,40 |
| AÑO 2015 | 8,20 | 11,20 | 3,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,20 | 0,00 | 0,00 | 27,40 | 1,20 | 53,40 | 2,20 | 20,60 |
| PROMEDIOS | 16,80 | 19,30 | 9,54 | 2,20 | 2,26 | 0,64 | 0,54 | 1,28 | 2,13 | 2,30 | 4,75 | 8,53 | 70,25 | 2,45 | 44,63 |

Tabla 2: Valores de precipitaciones acumuladas mensuales, anuales, estacionales y promedios del periodo 2000 - 2015

ESTADISTICA VIENTOS PERIODO 2000-2015

Se ejecutaron Planillas de Estadística Climática, con la información procesada en la que consta:

- Valores Promedio mensuales (frecuencia y velocidad).
- Valores Promedio estacionales verano e invierno (frecuencia y velocidad).
- Valores Promedio anuales: (frecuencia y velocidad).

A modo de ejemplo en la Tabla 3 se muestra la planilla de vientos con los valores acumulados mensuales y estacionales de frecuencia y los promedios de velocidad del año 2015.

FRECUENCIA DE VIENTOS SEGUN DIRECCIONES

| DIRECCIÓN | SIMB | MESES | | | | | | | | | | | | PERIODOS | | |
|---------------|------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|------|------|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | ANJAL | INV | VER |
| NORTE | N | 6 | 2 | 1 | 3 | 1 | 12 | 9 | 18 | 9 | 4 | 9 | 11 | 85 | 39 | 19 |
| NORNORESTE | NNE | 13 | 1 | 11 | 3 | 3 | 26 | 11 | 24 | 13 | 3 | 9 | 18 | 135 | 61 | 32 |
| NORESTE | NE | 25 | 5 | 8 | 9 | 16 | 24 | 48 | 35 | 5 | 16 | 15 | 15 | 221 | 107 | 45 |
| ESTENORESTE | ENE | 24 | 8 | 34 | 7 | 15 | 15 | 7 | 10 | 11 | 15 | 6 | 16 | 168 | 32 | 48 |
| ESTE | E | 20 | 11 | 7 | 8 | 10 | 11 | 7 | 15 | 7 | 10 | 25 | 13 | 144 | 33 | 44 |
| ESTESURESTE | ESE | 18 | 11 | 9 | 19 | 20 | 19 | 31 | 23 | 69 | 20 | 19 | 25 | 283 | 73 | 54 |
| SURESTE | SE | 62 | 33 | 103 | 110 | 67 | 33 | 67 | 28 | 242 | 67 | 204 | 58 | 1074 | 128 | 153 |
| SURSURESTE | SSE | 226 | 294 | 269 | 240 | 111 | 105 | 125 | 194 | 131 | 111 | 145 | 311 | 2262 | 424 | 831 |
| SUR | S | 124 | 137 | 127 | 110 | 151 | 134 | 99 | 75 | 62 | 151 | 92 | 74 | 1336 | 308 | 335 |
| SURSUROESTE | SSO | 125 | 84 | 73 | 58 | 61 | 62 | 16 | 98 | 8 | 61 | 69 | 84 | 799 | 176 | 293 |
| SUROESTE | SO | 35 | 3 | 2 | 5 | 1 | 15 | 5 | 26 | 2 | 1 | 17 | 13 | 125 | 46 | 51 |
| OESTESUROESTE | OSO | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 8 | 5 | 1 | 10 | 6 | 44 | 13 | 12 |
| OESTE | O | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 | 3 | 4 | 15 | 3 | 11 | 9 | 58 | 11 | 13 |
| OESTENOROESTE | ONO | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 6 | 8 | 2 | 3 | 10 | 39 | 8 | 14 |
| NOROESTE | NO | 4 | 5 | 1 | 1 | 1 | 14 | 9 | 38 | 1 | 1 | 1 | 4 | 80 | 61 | 13 |
| NORNOROESTE | NNO | 4 | 1 | 3 | 13 | 1 | 7 | 12 | 23 | 1 | 1 | 5 | 17 | 88 | 42 | 22 |
| CALMA | | 50 | 71 | 93 | 131 | 256 | 234 | 293 | 119 | 131 | 256 | 80 | 60 | 1774 | 646 | 181 |
| ACUMULADOS | | 694 | 601 | 651 | 589 | 464 | 486 | 451 | 625 | 589 | 467 | 640 | 684 | 6941 | 1562 | 1979 |

VELOCIDAD DE VIENTOS SEGUN DIRECCIONES

| DIRECCIÓN | SIMB | MESES | | | | | | | | | | | | PERIODOS | | |
|---------------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|----------|------|------|
| | | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | ANJAL | INV | VER |
| NORTE | N | 4,28 | 1,60 | 3,20 | 5,33 | 1,60 | 2,93 | 3,56 | 2,93 | 2,84 | 5,20 | 4,09 | 2,18 | 3,31 | 3,14 | 2,69 |
| NORNORESTE | NNE | 4,55 | 1,60 | 3,05 | 5,33 | 2,67 | 2,46 | 3,21 | 3,60 | 3,08 | 3,20 | 5,51 | 3,20 | 3,46 | 3,09 | 3,12 |
| NORESTE | NE | 4,99 | 4,50 | 3,60 | 3,56 | 2,40 | 2,33 | 2,30 | 4,89 | 2,88 | 4,00 | 4,06 | 5,55 | 3,76 | 3,18 | 5,02 |
| ESTENORESTE | ENE | 3,33 | 4,00 | 2,31 | 2,51 | 2,45 | 2,03 | 2,51 | 2,56 | 2,76 | 2,80 | 3,20 | 3,10 | 2,80 | 2,37 | 3,48 |
| ESTE | E | 2,72 | 2,33 | 2,74 | 2,20 | 2,56 | 2,62 | 2,74 | 2,56 | 3,89 | 5,01 | 4,81 | 4,06 | 3,19 | 2,64 | 3,04 |
| ESTESURESTE | ESE | 3,64 | 3,64 | 4,09 | 3,20 | 2,32 | 2,36 | 2,12 | 1,88 | 8,68 | 8,20 | 6,26 | 3,78 | 4,18 | 2,12 | 3,69 |
| SURESTE | SE | 3,90 | 3,68 | 6,70 | 4,68 | 2,41 | 6,62 | 4,22 | 5,10 | 6,71 | 8,30 | 7,41 | 6,11 | 5,49 | 5,31 | 4,56 |
| SURSURESTE | SSE | 9,54 | 8,41 | 6,20 | 5,63 | 6,24 | 5,46 | 5,53 | 8,00 | 4,12 | 5,94 | 7,82 | 8,10 | 6,75 | 6,33 | 8,69 |
| SUR | S | 6,08 | 4,12 | 4,62 | 3,98 | 3,42 | 2,86 | 3,27 | 4,04 | 4,41 | 7,71 | 7,14 | 5,67 | 4,78 | 3,39 | 5,29 |
| SURSUROESTE | SSO | 7,37 | 7,73 | 4,87 | 5,20 | 2,52 | 2,69 | 7,64 | 4,51 | 2,40 | 4,00 | 6,82 | 8,60 | 5,36 | 4,95 | 7,90 |
| SUROESTE | SO | 3,52 | 6,40 | 4,80 | 3,52 | 1,60 | 2,45 | 1,60 | 2,58 | 3,20 | 3,84 | 3,67 | 5,06 | 3,52 | 2,21 | 4,99 |
| OESTESUROESTE | OSO | 6,45 | 4,43 | 1,60 | 1,60 | 1,60 | 2,80 | 3,20 | 1,80 | 2,24 | 18,77 | 8,03 | 2,67 | 4,60 | 2,60 | 4,51 |
| OESTE | O | 2,13 | 3,20 | 1,60 | 1,60 | 2,67 | 1,60 | 3,73 | 3,20 | 16,73 | 13,26 | 14,18 | 8,40 | 6,03 | 2,84 | 4,58 |
| OESTENOROESTE | ONO | 3,20 | 4,80 | 1,60 | 1,60 | 1,60 | 4,80 | 3,20 | 3,20 | 19,30 | 3,65 | 2,67 | 5,46 | 4,59 | 3,73 | 4,49 |
| NOROESTE | NO | 3,60 | 2,88 | 1,60 | 1,60 | 1,60 | 6,31 | 10,74 | 7,41 | 14,50 | 1,60 | 1,60 | 5,63 | 4,92 | 8,15 | 4,04 |
| NORNOROESTE | NNO | 4,00 | 3,20 | 3,20 | 2,34 | 1,60 | 3,67 | 2,40 | 2,99 | 1,60 | 4,31 | 3,84 | 2,82 | 3,00 | 3,02 | 3,34 |
| PROMEDIOS | | 4,33 | 3,96 | 3,29 | 3,22 | 2,35 | 3,15 | 3,72 | 3,64 | 6,11 | 5,97 | 5,45 | 4,85 | 4,17 | 3,50 | 4,38 |

Tabla 3: Valores Acumulados de frecuencia y Promedios mensuales, estacionales y del año de velocidad de vientos para el año 2015.

También se ejecutaron Planillas de Estadística Precipitaciones y Vientos correspondientes al periodo 2000 - 2015, en la que constan:

- Valores del periodo: (acumulado de frecuencia y promedio de velocidad).
- Rosa de los vientos mostrando la frecuencia del periodo.
- Rosa de los vientos mostrando la velocidad en el periodo.

En la Tabla 4 se presenta la planilla de vientos con los valores acumulados de frecuencia y promedios de velocidad para el periodo 2000 – 2015.

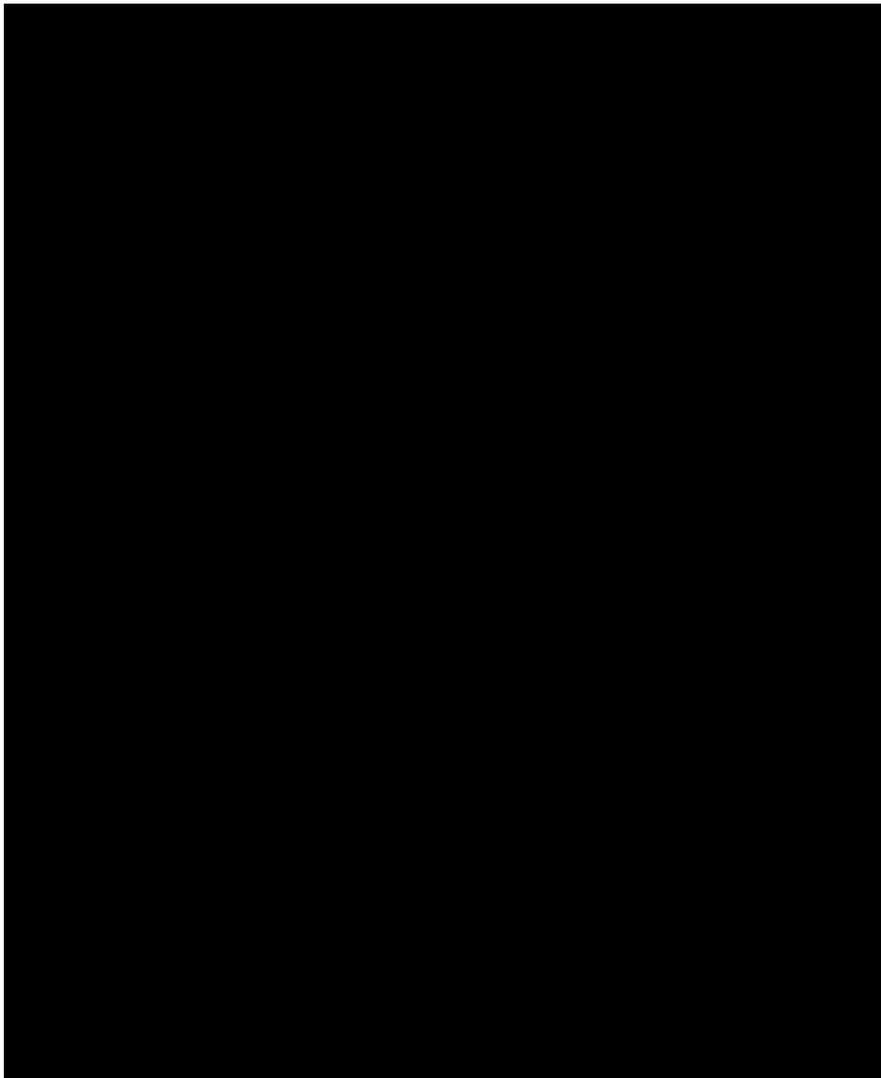


Tabla 4: Valores Acumulados de frecuencia y Promedios mensuales, estacionales y anuales de velocidad de vientos en el periodo 2000-2015.

Usando herramientas estadísticas de correlación de cada variable para todos los años estudiados, se obtuvieron los gráficos que se muestran a continuación:

El Gráfico 1, representa los valores de precipitaciones en los meses del período.

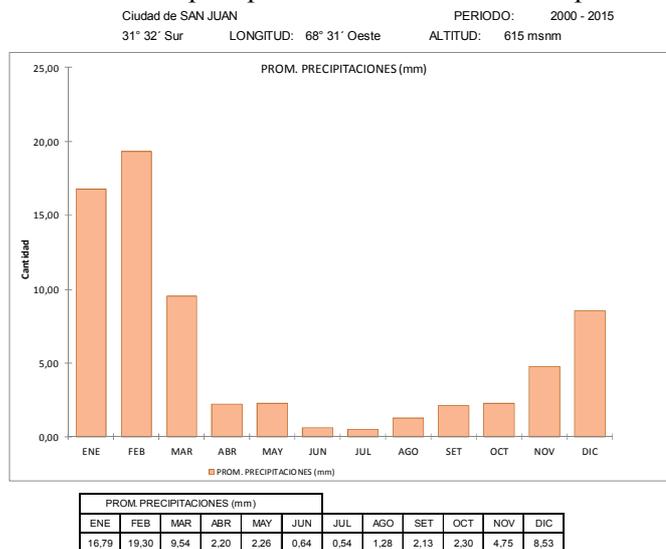


Gráfico 1: Valores de precipitaciones por mes en el periodo 2000 - 2015.

El Gráfico 2, representa los valores de precipitaciones en los años del período 2000 – 2015, donde pueden apreciarse los valores acumulados de precipitaciones.

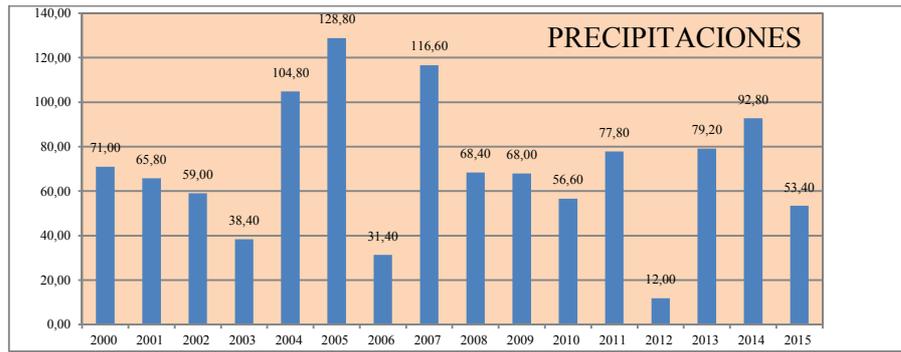
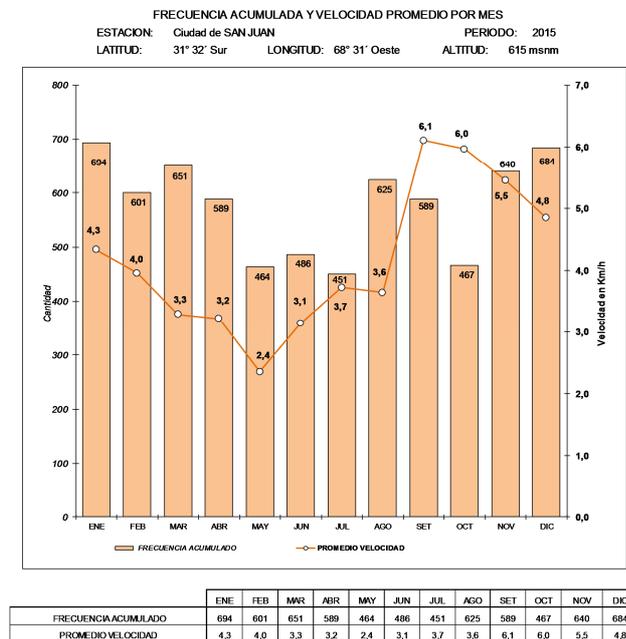
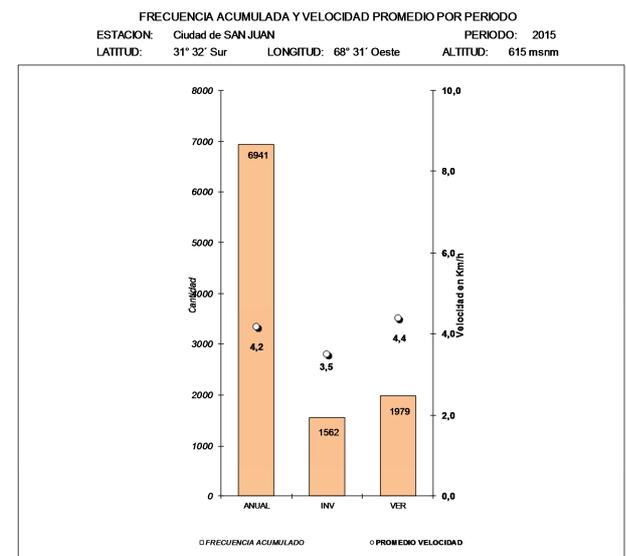


Gráfico 2: Valores de precipitaciones por año en el período 2000 - 2015.

El Gráfico 3, representa los valores de frecuencia y velocidad de vientos del año 2015, mensual, estacional y anual.



| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| FRECUENCIA ACUMULADO | 694 | 601 | 651 | 589 | 464 | 486 | 451 | 625 | 589 | 467 | 640 | 684 |
| PROMEDIO VELOCIDAD | 4,3 | 4,0 | 3,3 | 3,2 | 2,4 | 3,1 | 3,7 | 3,6 | 6,1 | 6,0 | 5,5 | 4,8 |



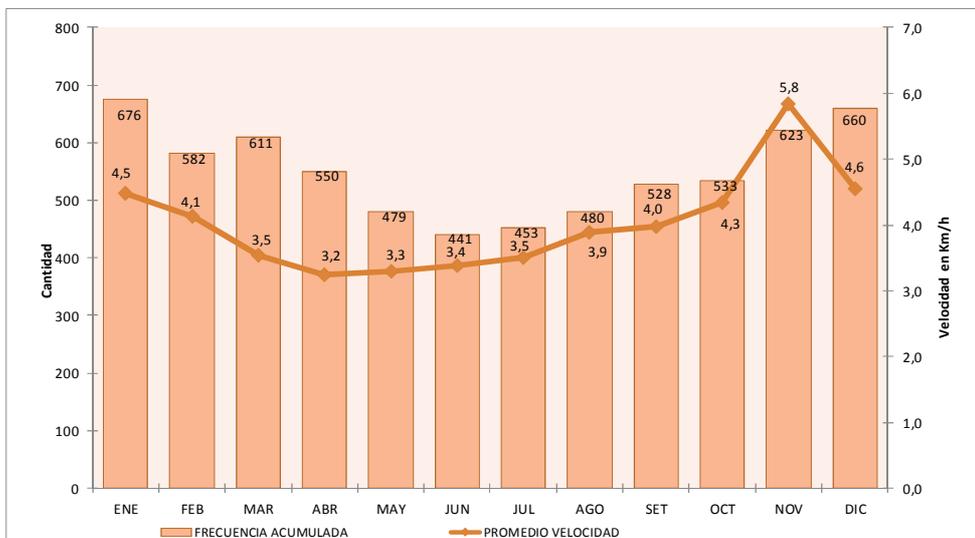
| | ANUAL | INV | VER |
|----------------------|-------|------|------|
| FRECUENCIA ACUMULADO | 6941 | 1562 | 1979 |
| PROMEDIO VELOCIDAD | 4,2 | 3,5 | 4,4 |

Gráfico 3: Valores de vientos año 2015; mensual, estacional y anual.

El Gráfico 4, representa los valores de frecuencia y velocidad de vientos del año 2015, en los meses del período 2000 - 2015.

FRECUENCIA ACUMULADA Y VELOCIDAD PROMEDIO POR MES

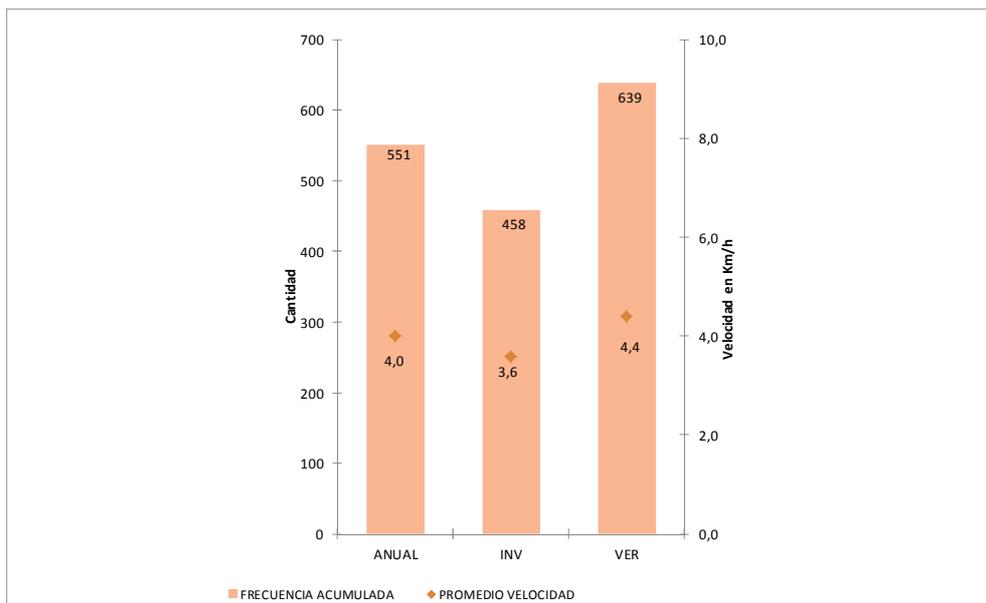
ESTACION: Ciudad de SAN JUAN PERIODO: 2000-2015
 LATITUD: 31° 32' Sur LONGITUD: 68° 31' Oeste ALTITUD: 615 msnm



| | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| FRECUENCIA ACUMULADA | 676 | 582 | 611 | 550 | 479 | 441 | 453 | 480 | 528 | 533 | 623 | 660 |
| PROMEDIO VELOCIDAD | 4,5 | 4,1 | 3,5 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 3,9 | 4,0 | 4,3 | 5,8 | 4,6 |

FRECUENCIA ACUMULADA Y VELOCIDAD PROMEDIO POR PERIODO

ESTACION: Ciudad de SAN JUAN PERIODO: 10-2015
 LATITUD: 31° 32' Sur LONGITUD: 68° 31' Oeste ALTITUD: 615 msnm



| | ANUAL | INV | VER |
|----------------------|-------|-----|-----|
| FRECUENCIA ACUMULADA | 551 | 458 | 639 |
| PROMEDIO VELOCIDAD | 4,0 | 3,6 | 4,4 |

Gráfico 4: Valores de vientos período 2000 - 2015; mensual, estacional y anual.

El Gráfico 5, representa las rosas de los vientos para frecuencia y velocidad durante el periodo en estudio: 2000 - 2015.

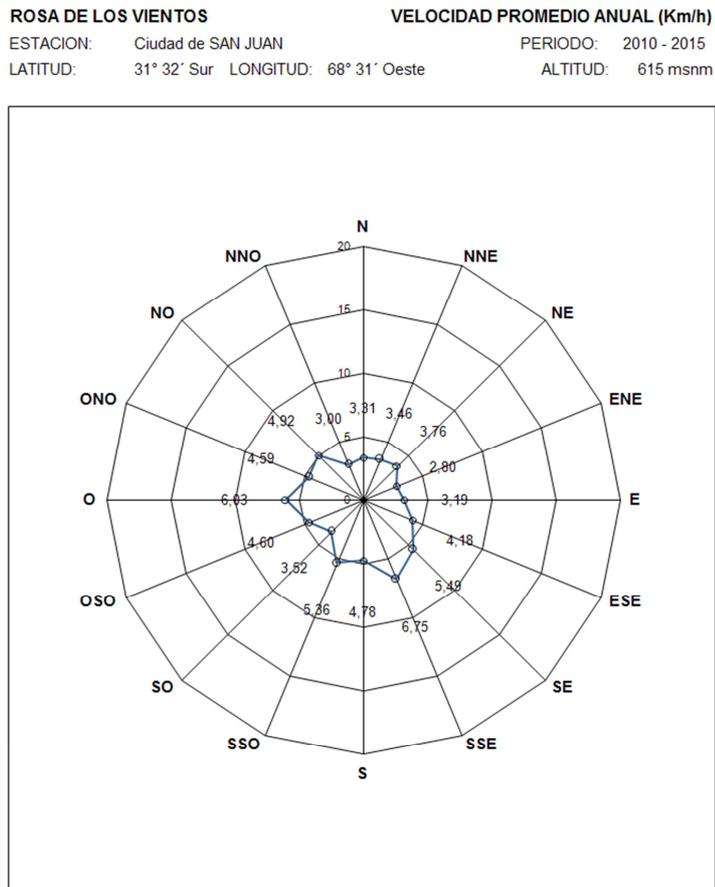
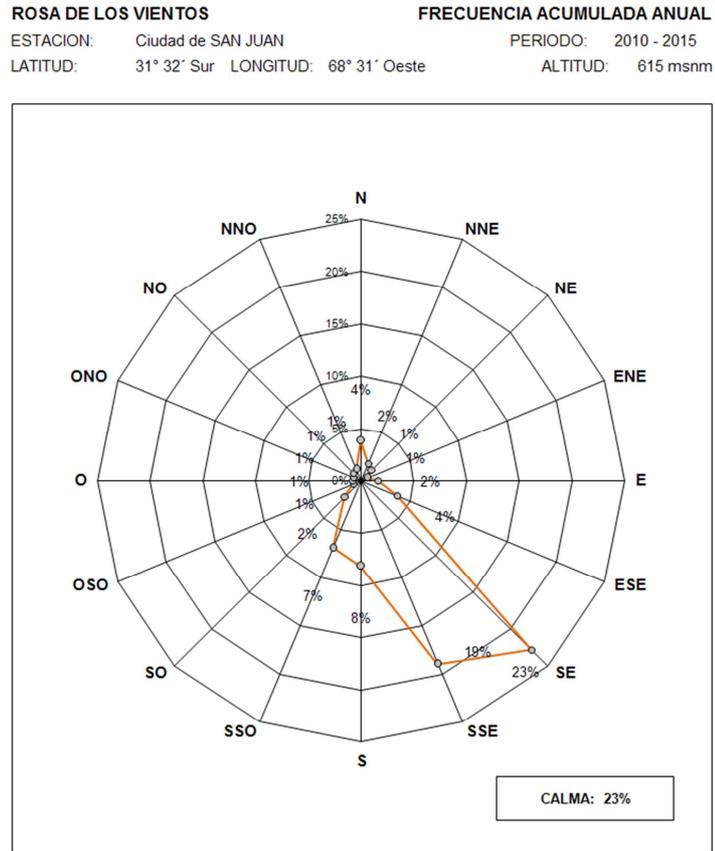


Gráfico 5: Rosa de vientos periodo 2000 - 2015. Frecuencia y Velocidad.

El Gráfico6, representa los valores de frecuencias de vientos año a año en el período 2000 - 2015 donde puede apreciarse la variabilidad de registros con años más y menos ventosos.

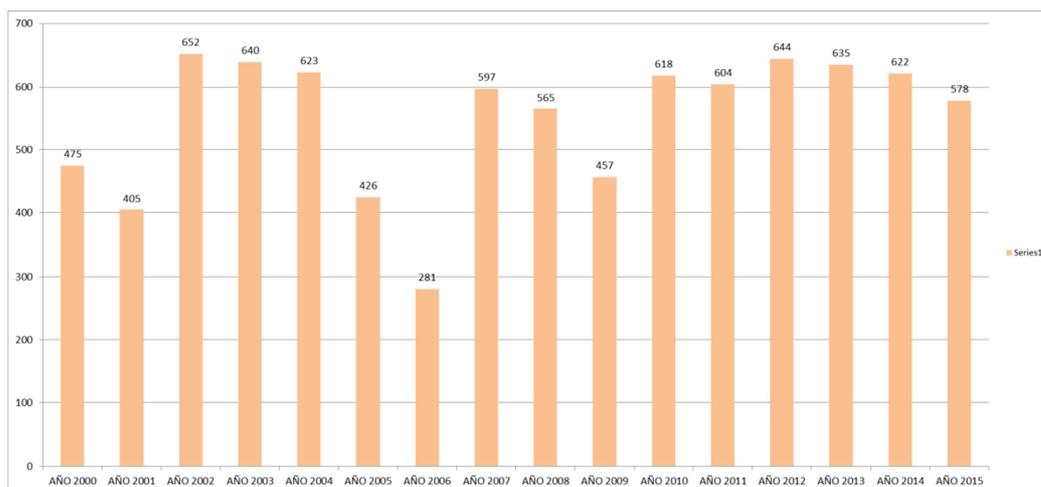


Gráfico 6: Frecuencia de vientos año a año período 2000 - 2015.

CONCLUSIONES

Precipitaciones

El estudio realizado muestra valores de concentración de lluvias en periodos de verano. Se registran valores máximos de precipitaciones en el año 2005 (128,8mm aproximadamente) y valores mínimos de precipitaciones en el año 2012 (12mm aproximadamente).

El período estudiado muestra una clara tendencia en el mes de febrero (19,3mm) como el de mayor concentración de precipitaciones en relación con los demás meses del año, seguidos por el mes de enero (16,79mm acumulados). Se refleja que los meses de junio y julio son los que presentan menos lluvias (0,64mm y 0,54mm respectivamente). Esto ratifica la estadística del clima macroescalar de San Juan en relación con las precipitaciones.

Las precipitaciones anuales son muy variables y muestran valores aleatorios en los 16 años de estudio, lo que no permite establecer una tendencia de comportamiento en dicho período.

El promedio anual de precipitaciones en el período es de 70,25mm, ratificando la condición de aridez del área de estudio.

Vientos: Frecuencia

Del estudio realizado en el período 2000-2015 se desprende que la mayor frecuencia en la dirección de los vientos en el AMSJ, se corresponde al cuadrante sur, con un total de 5418 registros horarios, que representan un 59%, principalmente en la orientación sureste. En esta dirección precisamente, los registros promedios están en el orden de 1975 registros horarios, lo que significa un porcentaje de 23% del sector.

Las menores frecuencias de viento se registran en las direcciones este y oeste, con promedios de 138 y 73 registros horarios, lo que significa un porcentaje de 1,7 y 1,0% respectivamente.

El estudio es determinante en precisar que los vientos predominantes del sector sur y sureste tienen mayor frecuencia en verano. Como ejemplo el verano en promedio posee 1917 registros horarios (27,6%) en relación a 1374 registros horarios en invierno (15,9%).

Se manifiesta mayor frecuencia de vientos en verano que en invierno, con picos en el mes de enero para el período considerado.

Vientos: Velocidad

Analizando la velocidad del viento en el período, se observa mayor intensidad en las direcciones sur-sureste y sureste, mientras que para el resto de las direcciones se mantiene una baja velocidad.

En la dirección sur-sureste la velocidad promedio del viento en el período es aproximadamente de 6,75km/h, seguida por la dirección del oeste con un valor promedio de 6,03km/h, mientras que para las dirección este resulta de 3,19km/h respectivamente. Se observa mayor velocidad de vientos en verano, con el valor máximo en noviembre 5,83km/h.

Un elemento importante que se observa en el estudio, es la elevada cantidad de registros con calma ambiental en el año, valor que alcanza las 2026 registros horarios, lo que equivale a un porcentaje de 23,4% del total.

Conclusiones Generales

Los bajos valores de precipitación en el AMSJ del período, asociados a la elevada radiación solar, caracteriza el clima de la zona de estudio como árido. Esto tiene importantes implicancias al momento de buscar un paliativo a la rigurosidad climática mediante el diseño arquitectónico bioclimático de los edificios y sus entornos urbanos.

Como elemento climático que condiciona el confort o desconfort de las personas, la velocidad y dirección del viento es un parámetro primordial en el momento de diseñar una vivienda bioclimática y su entorno.

Las mejoras de ventilación cruzada se obtendrán orientando el edificio con su eje mayor en sentido de E-O, a fin de aprovechar las brisas provenientes del sector sur, particularmente en la dirección SE.

En el caso de los vientos provenientes de las direcciones N y O, aunque de baja frecuencia y velocidades medias, debido a su asociación con aumentos en la temperatura, el diseño arquitectónico bioclimático debe responder con estrategias que controlen el desconfort higrotérmico generado.

La dirección y velocidad de los vientos está muy influenciada por la estructura urbana, según la configuración de la edificación. Por tanto, es importante actualizar periódicamente las características morfológicas edilicias de la misma ya que se encuentran en continua modificación.

La coincidencia en la dirección de los vientos más frescos con las mayores precipitaciones en el período más cálido, favorece la aplicación de estrategias de enfriamiento evaporativo, ventilación nocturna y enfriamiento convectivo.

REFERENCIAS

- Papparelli, Kurbán, Cúnsulo, de Rosa, Lelio, Solanes, Vilapriño *et al.*, (1998) *Arquitectura y Clima en Zonas Áridas*. ISBN 950-605-136-4. EFU Editorial Fundación Universidad de San Juan.
- Ortega, Montilla, Cúnsulo, *et al.*, (2013) - *Clima Urbano Árido*. AVERMA - ISSN 0329-5184; Vol.1, N°11, Págs. 29 a 36; Año 2013. Tucumán.
- Capelli de Steffens, Piccolo, Campo de Ferreras, *et al.*, (2006) - *Clima urbano de Bahía Blanca*. ISSN 1852-4265 (versión on-line) *Revista Universitaria de Geografía*, vol.15 –no.1 Bahía Blanca.
- Papparelli, Kurbán, Cúnsulo (2009) *Planificación Sustentable del Espacio Urbano*. ISBN 978-987-584-196-3. Editorial Klickowski/NOBUKO. Bs. As.
- Papparelli, Kurbán, Cúnsulo, Herrera, Montilla (2000) *ESTADISTICA CLIMATICA DIARIA HORA A HORA CIUDAD DE SAN JUAN – AÑO 1999*. Biblioteca FAUD-UNSJ. San Juan
- Papparelli, Kurbán, Cúnsulo, Herrera, Montilla (2001) *ESTADISTICA CLIMATICA DIARIA HORA A HORA CIUDAD DE SAN JUAN – AÑO 2000*. Biblioteca FAUD-UNSJ. San Juan
- Papparelli, Kurbán, Cúnsulo, Herrera, Montilla (2002) *ESTADISTICA CLIMATICA DIARIA HORA A HORA CIUDAD DE SAN JUAN – AÑO 2001*. Biblioteca FAUD-UNSJ. San Juan

- Papparelli, Kurbán, Cúnsulo, Herrera, Montilla (2003) ESTADISTICA CLIMATICA DIARIA HORA A HORA CIUDAD DE SAN JUAN – AÑO 2002. Biblioteca FAUD-UNSJ. San Juan
- Papparelli, Kurbán, Cúnsulo, Herrera, Montilla (2004) ESTADISTICA CLIMATICA DIARIA HORA A HORA CIUDAD DE SAN JUAN – AÑO 2003. Biblioteca FAUD-UNSJ. San Juan
- Papparelli, Kurbán, Cúnsulo, Herrera, Montilla (2005) ESTADISTICA CLIMATICA DIARIA HORA A HORA CIUDAD DE SAN JUAN – AÑO 2004. Biblioteca FAUD-UNSJ. San Juan
- Papparelli, Kurbán, Cúnsulo, Herrera, Montilla (2006) ESTADISTICA CLIMATICA DIARIA HORA A HORA CIUDAD DE SAN JUAN – AÑO 2005. Biblioteca FAUD-UNSJ. San Juan
- Papparelli, Kurbán, Cúnsulo, Montilla, Ríos (2007) ESTADISTICA CLIMATICA DIARIA HORA A HORA CIUDAD DE SAN JUAN – AÑO 2006. Biblioteca FAUD-UNSJ. San Juan
- Papparelli, Kurbán, Cúnsulo, Montilla, Ortega, Ríos (2008) ESTADISTICA CLIMATICA DIARIA HORA A HORA CIUDAD DE SAN JUAN – AÑO 2007. Biblioteca FAUD-UNSJ. San Juan
- Papparelli, Kurbán, Cúnsulo, Montilla, Ortega, Ríos (2009) ESTADISTICA CLIMATICA DIARIA HORA A HORA CIUDAD DE SAN JUAN – AÑO 2008. Biblioteca FAUD-UNSJ. San Juan
- Papparelli, Kurbán, Cúnsulo, Montilla, Ortega (2010) ESTADISTICA CLIMATICA DIARIA HORA A HORA CIUDAD DE SAN JUAN – AÑO 2009. Biblioteca FAUD-UNSJ. San Juan
- Papparelli, Kurbán, Cúnsulo, Montilla, Ortega (2011) ESTADISTICA CLIMATICA DIARIA HORA A HORA CIUDAD DE SAN JUAN – AÑO 2010. Biblioteca FAUD-UNSJ. San Juan
- Papparelli, Kurbán, Cúnsulo, Montilla, Ortega (2012) ESTADISTICA CLIMATICA DIARIA HORA A HORA CIUDAD DE SAN JUAN – AÑO 2011. Biblioteca FAUD-UNSJ. San Juan
- Papparelli, Kurbán, Cúnsulo, Montilla, Ortega (2013) ESTADISTICA CLIMATICA DIARIA HORA A HORA CIUDAD DE SAN JUAN – AÑO 2012. Biblioteca FAUD-UNSJ. San Juan
- Kurbán, Cúnsulo, Montilla, Ortega (2014) ESTADISTICA CLIMATICA DIARIA HORA A HORA CIUDAD DE SAN JUAN – AÑO 2013. Biblioteca FAUD-UNSJ. San Juan
- Kurbán, Cúnsulo, Montilla, Ortega (2015) ESTADISTICA CLIMATICA DIARIA HORA A HORA CIUDAD DE SAN JUAN – AÑO 2014. Biblioteca FAUD-UNSJ. San Juan
- Kurbán, Cúnsulo, Montilla, Ortega (2016) ESTADISTICA CLIMATICA DIARIA HORA A HORA CIUDAD DE SAN JUAN – AÑO 2015. Biblioteca FAUD-UNSJ. San Juan
- Mazzeo, N., (1984); Fac. de Cs. Exs. yNat.; UBA, Bs As. “Aplicaciones del Diagnóstico Climático a problemas relacionados con el Urbanismo”.

ABSTRACT

Complementing previous studies of arid urban climate, relevant for use as database for bioclimatic design, 2000-2015 statistics of precipitation and winds with records of the city of San Juan is presented. Monthly, seasonal and annual, averages for each year and for the 16 years are calculated. From the statistical analysis summer, is the period of highest concentration of rainfall and higher wind speed. The average annual precipitation is 70,25mm; the year of maximum value is 2005 with 128,8mm and the minimum value on 2012, with 12,0mm. Prevailing winds frequency is for the southern sector with 59% of hours per year, being the direction SE and SSE of more frequency, with 23% and 19% respectively. Coincidentally the cardinal sector with higher speed winds is the South, with a maximum of 6,75km/h from the SSE, followed by the O with 6,03km/h.

Keywords: urban climate, urban meteorological statistics, bioclimatic design.