



MINISTERIO DE CULTURA Y EDUCACION
Universidad Nacional de San Juan
Facultad de Ingeniería



Instituto de Investigaciones Hidráulicas
"Ing. Manuel S. García Wimer"

PROYECTO MINERO CASPOSO



ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA ENERO 2006 - OCTUBRE 2008

Director de Proyecto:
Director del IDIH:

Dr. Ing. Hugo W. Fernández
Ing. Jorge A. Orellano

- Diciembre 2008 -

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES HIDRAULICAS "Ing. Manuel S. García Wimer"

Justo José de Urquiza 91 (Norte) - C.P. 5400 - SAN JUAN - ARGENTINA

Teléfonos: 54 - 264 - 427 2251 / 421 1700 (Internos 203 a 207)

Email : hferna@unsi.edu.ar - orellano@unsi.edu.ar - Web: www.fi.unsi.edu.ar/institutos/idih/

INDICE DE CONTENIDOS

1.	RESUMEN EJECUTIVO	2
1.1.	Introducción	2
1.2.	Objetivo general	2
1.3.	Alcance de los trabajos	2
1.4.	Contenido del informe	4
2.	INFORMACIÓN METEOROLOGICA Y SU INVENTARIO	5
2.1.	Estación meteorológica Casposo	5
2.1.1.	Ubicación geográfica de la estación meteorológica	5
2.1.2.	Características técnicas del instrumental instalado	6
2.1.3.	Historial de funcionamiento de la estación meteorológica	10
2.2.	Información meteorológica recibida	10
2.3.	Inventario de la información meteorológica	12
3.	CONTROL DE CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	13
3.1.	Generalidades	13
3.2.	Métodos de análisis de control	13
3.2.1.	Primer Nivel - Rango Instrumental	13
3.2.2.	Segundo Nivel – Consistencia interna (interanual)	14
3.2.3.	Tercer Nivel – Consistencia temporal	16
3.2.4.	Cuarto Nivel – Consistencia espacial	18
4.	GENERACIÓN DE SERIES HISTÓRICAS Y CONFORMACIÓN DE LA BASE DE DATOS	19
4.1.	Consideraciones previas	19
4.2.	Temperatura	20
4.3.	Humedad relativa	22
4.4.	Punto de rocío	24
4.5.	Precipitación	26
4.6.	Presión atmosférica	28
4.7.	Viento	30
5.	ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LA INFORMACIÓN	34
5.1.	Consideraciones previas	34
5.1.1.	Medidas de tendencia central	34
5.1.2.	Medidas de dispersión	35
5.1.3.	Medidas de forma	36
6.	CONCLUSIONES	38
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	40

1. RESUMEN EJECUTIVO

1.1. Introducción

En el ámbito del proyecto Minero Casposo, perteneciente a Intrepid Mines Corp, IMC, se encuentra una estación meteorológica donde se recaba información en forma continua desde enero del 2006. Las variables relevadas son: temperatura, humedad relativa, precipitación, velocidad y dirección del viento, presión atmosférica, radiación solar. y evaporación. La estación meteorológica también entrega, como función de la temperatura y la humedad relativa, el punto de rocío

A la fecha, la empresa solamente ha realizado el acopio de dicha información, sin tratamiento alguno que permita un mejor aprovechamiento y utilización de la misma, ya sea que pueda ser requerida durante la etapa de ingeniería básica y de detalle para el desarrollo del emprendimiento, o bien disponer de la misma en forma concisa y amena, a los efectos de ser presentada ante la Secretaria de Estado de Minería, en el marco de los condicionantes de la Declaración de Impacto Ambiental, DIA.

En función de la problemática planteada y ante el requerimiento de IMC, el Instituto de Investigaciones Hidráulicas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan, IDIH, presenta este trabajo que incluye el tratamiento de dicha información.

1.2. Objetivo general

Se plantea como objetivo general elaborar una base de datos meteorológicos con un grado de tratamiento tal que permita su utilización en el diseño de la ingeniería de base y de detalle del Proyecto Minero Casposo, como así también dar cumplimiento a futuro, a lo comprometido oportunamente en la Declaración de Impacto Ambiental

1.3. Alcance de los trabajos

El trabajo se ha desarrollado en cuatro etapas consecutivas que comprende los siguientes aspectos:

- Inventario de la información recibida y homogeneización bajo un mismo formato.
- Control de la calidad de la información.

- Generación de series históricas para distintas escalas de tiempo, según la variable meteorológica analizada y la longitud de registro disponible.
- Análisis de la información por medio de herramientas de estadística descriptiva.

Para el logro de la base de datos mencionada, es vital lograr un sistema integrado que permita trabajar con dos categorías de datos:

Datos Históricos: Dentro de esta categoría se encuentran las series históricas de datos meteorológicos horarios y/o diarios relevados. La misma cuenta con una longitud de registro correspondiente al periodo comprendido entre enero de 2005 hasta la actualidad.

Datos Actuales: Se considerarán datos actuales, a todos aquellos recabados con una periodicidad y antigüedad no mayor a un mes, luego de haber desarrollado la base de datos históricos. Los mismos, a posteriori de su tratamiento y procesamiento, pasarán a formar parte de la base de datos históricos.

Como primer paso ha sido necesario homogeneizar la información bajo un mismo formato, a fin de poder lograr un tratamiento sistemático. Este formato ha sido tal que ha permitido una fácil integración a la base de datos generada.

Paso seguido y por medio de la utilización de herramientas estadísticas, a cada dato se le asignó un “flag” o marca de calidad, que ha permitido calificarlo como bueno, aceptable, anómalo o faltante. Esto se logró por medio de la aplicación de métodos que verifican la consistencia respecto a las fuentes de variabilidad interanual (variación del dato registrado en un momento del año en una serie anual, temporal y espacial).

Si ninguno de los métodos de validación encuentra al dato como sospechoso, este será calificado como bueno. Si uno o dos métodos lo señalan como sospechoso, se considerará aceptable. Si los tres métodos coinciden en tildarlo como sospechoso, el dato pasa a la categoría de anómalo con lo cual se lo descalificó como integrante de la serie histórica.

Verificada la calidad de la información la misma pasa a formar parte de la base de datos. Esto permite el tratamiento de la información por medio de distintas técnicas de inferencia estadística y por consiguiente la generación de documentación que permita una interpretación cordial de la misma.

1.4. Contenido del informe

El Informe se encuentra estructurado en seis capítulos. El primero de ellos presenta un resumen donde se comentan las motivaciones para realizar este trabajo. Se describe el objetivo general del mismo, para por último, poner especial énfasis en la descripción del alcance de los análisis realizados

En el capítulo dos, denominado “INFORMACIÓN METEOROLÓGICA Y SU INVENTARIO”, se proporciona al lector elementos en relación a la ubicación geográfica de la estación meteorológica, características del instrumental instalado e historial de funcionamiento de la misma. Por último se hace referencia a la información brindada para su análisis y el inventario de la misma, que está contenido en el Anexo 1.

La metodología utilizada para efectuar el análisis de calidad de la información es presentada en capítulo tres.

En el capítulo cuatro se presentan las nuevas series históricas generadas, presentadas en formato gráfico y, en Anexo 2, las tablas correspondientes que dan origen a los mismos. Esta información es la que constituye el cuerpo de la nueva base de datos generada.

El capítulo cinco, actúa como complemento de la información lograda en el capítulo previo. Se presenta, en términos generales, los conceptos que sustentan los distintos estadígrafos descriptivos, correspondientes a los elementos y parámetros climáticos analizados. Estos estadígrafos son presentados conjuntamente con la información que les da origen en el Anexo 2.

Por último, en el capítulo seis, se discuten las principales conclusiones producto del trabajo realizado.

El informe concluye con un listado de la bibliografía y fuentes de información consultadas.

2. INFORMACIÓN METEOROLOGICA Y SU INVENTARIO

2.1. Estación meteorológica Casposo

2.1.1. Ubicación geográfica de la estación meteorológica

La estación meteorológica Casposo, se encuentra ubicada en el ámbito geográfico del emprendimiento minero homónimo. Su localización geográfica expresada en el sistema Gauss Krüger Campo Inchauspe '69, zona 2 son: 2.440.192,19 Este, 6.548.013,38 Norte, con una altitud sobre el nivel del mar de 2361,99 m. La Figura 2.1 presenta la ubicación de la mencionada estación, así como su posición relativa respecto a algunos puntos de monitoreo ambiental.



Figura 2.1: Ubicación geográfica de la estación meteorológica casposo y su posición relativa a otros puntos de monitoreo ambiental

2.1.2. Características técnicas del instrumental instalado

La estación instalada se denomina comercialmente HOBO[®] Micro Station. Esta diseñada para el seguimiento de diversas variables meteorológicas mediante la adición de sensores.

Entre los principales atributos que cita el fabricante se destacan la detección automática de sensores, fácil expansión y, conexión digital entre sensores y estación, lo que garantiza la recopilación y almacenamiento de la información en forma exacta. También menciona la necesidad de la calibración periódica de los diversos sensores instalados.

La estación mencionada registra las variables meteorológicas en forma automática desde el 25 de enero de 2006, momento en el cual fue instalada. Al inicio de las mediciones, se programaron mediciones de los siguientes parámetros en sus respectivas unidades:

- *Temperatura* en grados centígrados [°C] y Farenheit [°F]
- *Punto de rocío* en grados centígrados [°C] y Fahrenheit [°F]
- *Humedad relativa* en porcentaje [%]
- *Precipitación* en milímetros [mm] y pulgadas [in]
- *Presión atmosférica* en milibares [mbar], pulgadas de columna de mercurio [in Hg], milímetros de columna de mercurio [mm Hg], Pascal [Pascal] y kilo Pascal [KPascal]
- *Velocidad del viento* en metros por segundo [m/s], kilómetros por hora [KPH], millas por hora [MPH] y nudos [Knots]
- *Rafagosidad* en metros por segundo [m/s], kilómetros por hora [KPH], millas por hora [MPH] y nudos [Knots]
- *Dirección del viento* en grados respecto al norte medido en sentido dextrógiro [ø]

El día 04/04/06 se incorpora un nuevo sensor:


- *Radiación solar* en watt por metro cuadrado [W/m²]

El último sensor incorporado, el 08/08/07, es:


- *Humedad en porcentaje [%]*

Las especificaciones técnicas de los sensores inteligentes instalados, información extraída de los respectivos manuales, responden al siguiente detalle:


Sensor de temperatura y humedad relativa

Specifications	Temperature	RH
Measurement Range	-40°C to 75°C (-40°F to 167°F)	0 to 100% RH between 0° and 50°C (32°F and 122°F)
Accuracy	± 0.7°C at 25°C (1.3°F at 77°F), see Figure 1 for detail	± 3%; ± 4% in condensing environments
Resolution	0.4°C at 25°C (0.7°F at 77°F), see Figure 1 for detail	0.5% RH at 25°C (77°F)
Drift	< 0.1°C (0.2°F) per year (typical)	± 1% RH per year (typical); an additional reversible drift up to +3% can occur when the average relative humidity is above 70% (see text below)
Calibration	N/A	Factory recalibration available
Response Time	8 minutes, typical to 90% in 2 m/s (4.5 mph) airflow	5 minutes, typical to 90% in 2 m/s (4.5 mph) airflow
Operating Temperature Range	-40°C to +75°C (-40°F to +167°F)	
Environmental Rating	Weatherproof: 0 to 100% RH Intermittent Condensing Environments up to 30°C, and non-condensing above 30°C. The Temp/RH Smart Sensor should be mounted so that water does not impact or collect in the RH sensor.	
Housing	Stainless steel	
Dimensions	1.6 cm x 8.6 cm (5/8 in x 3.5 in)	
Weight	2 meter: 60 g (2 oz), 6 meter: 140 g (5 oz), 17 meter: 370 g (13 oz)	
Bits per Sample	8	
Number of Data Channels *	2	
Measurement Averaging Option	No	
Cable Lengths Available	2 meter – S-THA-M002 (6.5 ft), 6 meter – S-THA-M006 (19.7 ft), 17 meter – S-THA-M017 (55.7 ft)	
Length of Smart Sensor Network Cable *	2 meter – S-THA-M002 (6.5 ft), 6 meter – S-THA-M006 (19.7 ft), 17 meter – S-THA-M017 (55.7 ft)	
Part Numbers	S-THA-M002 (2 meter cable), S-THA-M006 (6 meter cable), S-THA-M017 (17 meter cable)	
 Specification	The CE Marking identifies this product as complying with all relevant directives in the European Union (EU).	


Sensor de precipitación

Specifications	Rain Gauge Smart Sensor
Measurement Range	0 to 12.7 cm (0 to 5 in.) per hour, maximum 4000 tips per logging interval
Calibration Accuracy	±1.0% at up to 20 mm/hour (1 in./hour)
Resolution	0.01 in. (S-RGA-M0XX) or 0.2 mm (S-RGB-M0XX)
Calibration	Requires annual calibration: can be field calibrated or returned to the factory for re-calibration
Operating Temperature Range	0° to +50°C (+32° to +122°F), survival -40° to +75°C (-40° to +167°F)
Environmental Rating	Weatherproof
Housing	15.24 (6-inch) aluminum bucket
Mechanism	Tipping bucket; stainless steel shaft with brass bearings
Dimensions	22.8 cm height x 15.4 cm diameter (9 x 6 in.), 15.4 cm (6.06 in.) receiving orifice
Weight	1 Kg (2 lbs)
Bits per Sample	12
Number of Data Channels *	1
Data Format	Number of tips per recorded measurement, reported in inches or millimeters
Measurement Averaging	No
Cable Lengths Available	2 m (6.5 ft) S-RGA-M002, RGB-M002 6 m (19.7 ft) S-RGA-M006, RGB-M006
Length of Smart Sensor Network Cable *	2 m (6.5 ft) S-RGA-M002, RGB-M002 6 m (19.7 ft) S-RGA-M006, RGB-M006
Part Numbers	S-RGA-M002 (0.01 in. per tip with 2 m cable) S-RGA-M006 (0.01 in. per tip with 6 m cable) S-RGB-M002 (0.2 mm per tip with 2 m cable) S-RGB-M006 (0.2 mm per tip with 6 m cable)
 Specification	The CE Marking identifies this product as complying with all relevant directives in the European Union (EU).

Sensor de presión atmosférica

Specifications	Barometric Pressure Smart Sensor
Measurement Range	660 to 1070 mbar (19.47 to 31.55 in. Hg)
Accuracy	± 3.0 mbar (0.088 in. Hg) over full pressure range at +25°C (+77°F); maximum error of ±5.0 mbar (0.148 in. Hg) over -40° to +70°C (-40° to +158°F)
Resolution	0.1 mbar (.003 in. Hg)
Drift	1.0 mbar (0.03 in. Hg) per year
Operating Temperature Range	-40° to +70°C (-40° to +158°F)
Environmental Rating	Weatherproof when used inside logger enclosure
Dimensions	4.5 x 4.8 x 1.6 cm (1 3/4 x 1 7/8 x 5/8 in)
Weight	30 g (1 oz)
Bits per Sample	12
Number of Data Channels *	1
Measurement Averaging Option	Yes
Cable Length Available	10 cm (4 in)
Length of Smart Sensor Network Cable *	0.1 m (0.3 ft)
Part Number	S-BPA-CM10
 Specification	This product meets CE specification EN61326 criterion C for ESD, criterion C for Radiated Immunity, criterion C for Fast Transient, criterion B for Conducted Immunity, criterion A for Power Frequency Magnetic Fields, and criterion B for Radiated Emissions Group 1. To minimize measurement errors due to ambient RF, use the shortest possible probe cable length and keep the probe cable as far as possible from other cables.

Velocidad y dirección del viento

Specifications	Wind Speed/Gust	Wind Direction
Measurement Range	0 to 44 m/s (0 to 99 mph)	0 to 358 degrees, 2 degree dead band
Accuracy	± 0.5 m/s (± 1.1 mph) ± 3% 17 to 30 m/s (38 to 67 mph) ± 4% 30 to 44 m/s (67 to 99 mph)	± 5 degrees
Resolution	0.19 m/s (0.42 mph)	1.4 degrees
Starting Threshold	0.5 m/s (1.1 mph)	0.5 m/s (1.1 mph)
Damping Ratio	NA	0.4
Distance Constant	Approximately 3 m (9.8 ft)	0.8 m (2.6 ft)
Maximum Wind Speed Survival	54 m/sec (120 mph)	
Measurement Definition	Cup revolutions are accumulated every three seconds for the duration of the logging interval. Wind speed is the average speed for the entire logging interval. Gust speed is the highest three-second wind recorded during the logging interval.	Vector components of wind direction are accumulated every three seconds for duration of logging interval. Average direction is calculated from the sum of the vector components every logging interval.
Operating Temperature Range	-40°C to +75°C (-40°F to +167°F)	
Environmental Rating	Weatherproof	
Service Life	2 to 5 years typical depending upon environmental conditions	
Housing	Anodized aluminum housing, injection-molded plastic cups, stainless steel fasteners, Acetal base, and black anodized aluminum mounting rod.	
Bearing Type	Stainless steel shielded ball bearing	Bushing
Turning Radius	108 mm (4.25 in.)	Approximately 305 mm (12.5 in.)
Dimensions	317 mm (12.5 in.) H x 419 mm (16.5 in.) W, 12.7 mm (0.5 in.) diameter mounting pole	
Weight	Approximately 700 g (1.5 lbs)	
Bits per Sample	8 for each channel, 24 total	
Number of Data Channels *	3	
Measurement Averaging Option	Automatic averaging (see Measurement Definition)	
Cable Length Available	3.0 m (9.8 ft)	
Length of Smart Sensor Network Cable *	3.0 m (9.8 ft)	
Part Number	S-WCA-M003	
 Specification	The CE Marking identifies this product as complying with all relevant directives in the European Union (EU).	

Sensor de radiación solar

Specifications	Silicon Pyranometer Smart Sensor
Measurement Range	0 to 1280 W/m ²
Spectral Range	300 to 1100 nm (see Figure 4)
Accuracy	Typically within ± 10 W/m ² or $\pm 5\%$, whichever is greater in sunlight; Additional temperature induced error ± 0.38 W/m ² /°C from +25°C (0.21 W/m ² /°F from +77°F)
Angular Accuracy	Cosine corrected 0 to 80 degrees from vertical (see Figure 5); Azimuth Error < $\pm 2\%$ error at 45 degrees from vertical, 360 degree rotation
Resolution	1.25 W/m ²
Drift	< $\pm 2\%$ per year
Calibration	Factory recalibration available
Operating Temperature Range	-40° to +75°C (-40° to +167°F)
Environmental Rating	Weatherproof
Housing	Anodized aluminum housing with acrylic diffuser and O-ring seal
Dimensions	4.1 cm height x 3.2 cm diameter (1 5/8 in. x 1 1/4 in.)
Weight	120 g (4 oz)
Bits per Sample	10
Number of Data Channels *	1
Measurement Averaging Option	Yes
Cable Length Available	3.0 m (9.8 ft)
Length of Smart Sensor Network Cable *	3.0 m (9.8 ft)
Part Number	S-LIB-M003
CE Specification	This product meets CE specification EN61326 criterion C for ESD, criterion C for Radiated Immunity, criterion B for Fast Transient, criterion A for Conducted Immunity, and criterion A for Power Frequency Magnetic Fields. To minimize measurement errors due to ambient RF, use the shortest possible probe cable length and keep the probe cable as far as possible from other cables.

Sensor de humedad

Specifications	Leaf Wetness Smart Sensor
Measurement Range	0 (dry) to 100% (wet)
Sensor Type	Capacitive grid
Interchangeability between sensors (over the range 10-90% wet)	$\pm 10\%$
Repeatability	$\pm 5\%$
Resolution	0.59%
Stability (Drift)	< $\pm 5\%$ per year
Operating Temperature Range	-40°C to +70°C (-40°F to +158°F)
Environmental Rating	Weatherproof
Sensor Construction Materials	PVC housing, epoxy potting compound, nylon grommet, FR-4 circuit board, PVC cable jacket
Bracket Materials	PVC mounting bracket, UV-stable nylon cable ties, zinc dichromate plated steel U-bolts
Bits per Sample	8
Number of Data Channels *	1
Measurement Averaging Option	No
Dimensions	Sensor grid: 4.7 cm x 5.1 cm (1.8 in x 2.0 in) Housing: 12.2 cm length x 1.8 cm diameter (4.8 in x 0.7 in) Mounting bracket: 20 cm x 3 cm x 0.5 cm (8 in x 1.3 in x 0.2 in)
Weight (sensor and cable)	127 g (4.5 oz)
Weight (including mounting bracket)	290 g (10.2 oz)
Cable Length Available	3.0 m (9.8 ft)
Length of Smart Sensor Network Cable *	3.0 m (9.8 ft)
Part Number	S-LWA-M003
CE Specification	This product meets CE specification EN61326 criterion C for ESD, criterion C for Radiated Immunity, criterion C for Fast Transient, criterion B for Conducted Immunity, criterion A for Power Frequency Magnetic Fields, and criterion B for Radiated Emissions Group 1. To minimize measurement errors due to ambient RF, use the shortest possible probe cable length and keep the probe cable as far as possible from other cables.

2.1.3. Historial de funcionamiento de la estación meteorológica

El historial de funcionamiento de la estación meteorológica y sus diversos sensores, y por consiguiente, los periodos de información relevada, según lo informado en un Reporte Meteorológico de octubre del año 2008, elaborado por el Ing. Milton Perez, profesional de IMC, responde al siguiente detalle:

- Inicio de mediciones el 01/25/06 a las 12:35:12.0. Registros con frecuencia de 15 minutos de temperatura, punto de rocío, humedad relativa, precipitación, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento y ráfagas.
- Se detiene el 04/04/06 a las 10:20:12.0 para incorporar un sensor de radiación solar. Se reinicia el mismo 04/04/06 a las 11:50:05.0, modificando la frecuencia a 6 registros por hora y por variable.
- Se detiene por 4 minutos el 06/15/06 a las 15:00:05.0 y reiniciada inmediatamente el 06/15/06 15:04:16.0.
- A partir del 08/31/06 a las 23:44:16.0 comenzó a arrojar lecturas erróneas por fallas en el sensor de temperatura. Se detiene por reparaciones el 09/02/06 a las 09:54:16.0.
- El 09/29/06 a las 14:40:08.0, se prueba durante 5 días volviendo a programarse para una lectura cada 15 minutos.
- Se detiene el 10/04/06 a las 09:55:08.0 por problemas con el sensor de dirección de viento.
- Se reestablece el funcionamiento el 11/06/06 a las 11:15:37.0.
- Se detuvo durante 6 minutos el 08/08/07 a las 12:30:37.0, a fin de agregar un nuevo sensor para determinación de humedad. Se reinicia el mismo 08/08/07 a las 12:36:11.0.
- Se detiene el día 08/21/07 a las 11:51:11.0, reiniciándola el 08/23/07 a las 10:57:51.0.
- Desde entonces a la fecha se ha mantenido la programación de un registro cada 15 minutos, por parámetro.

2.2. Información meteorológica recibida

Con fecha 24 de octubre se recibió de parte de IMC, un archivo de base de datos de la información relevada en la estación meteorológica del Proyecto Minero Casposo. La

misma ha sido provista por IMC en soporte magnético, con formato correspondiente al software comercial Microsoft Access. Las variables contempladas son las señaladas en la Tabla 2.1, con un periodo de observación también indicado en dicha tabla.

Tabla 2.1: Variables observadas, unidades de medida y longitud del registro

VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDA	LONGITUD DEL REGISTRO
Temperatura	Grados centígrados [°C]	Enero del 2006 a Octubre del 2008
	Grados Fahrenheit [°F]	
Punto de Roció	Grados centígrados [°C]	
	Grados Fahrenheit [°F]	
Humedad relativa RH	Porcentaje [%]	
Precipitación	Milímetros [mm]	
	Pulgadas [in]	
Presión Atmosférica	Milibar [mbar]	
	Pulgadas de mercurio [in Hg]	
	Milímetros de mercurio [mm Hg]	
	Pascal [Pascals]	
	Kilo Pascal [Kpascals]	
Velocidad del Viento	Metros por segundo [m/s]	
	Kilómetros por hora [KPH]	
	Millas por hora [MPH]	
	Nudos [Knots]	
Ráfaga	Metros por segundo [m/s]	
	Kilómetros por hora [KPH]	
	Millas por hora [MPH]	
	Nudos [Knots]	
Dirección del Viento [ø]	Ángulo respecto al norte [ø]	
Radiación Solar	Vatios por metro cuadrado [W/m ²]	

La frecuencia de observación es, por lo general, de 15 minutos, lo cual arroja 4 observaciones por hora con un total de 96 registros diarios, todo esto para cada una de las variables monitoreadas. A pesar de lo mencionado, existen breves periodos en los cuales dicha frecuencia puede variar desde un registro por hora, hasta siete registros para el mismo lapso. También se han detectado periodos de varios días, incluso meses, en los cuales no se ha obtenido ningún registro, ya sea por que el sensor quedo fuera de servicio o bien como en el caso de los meses de septiembre y octubre del año 2006 en donde todos los sensores quedaron fuera de servicio

2.3. Inventario de la información meteorológica

A fin de identificar y cuantificar la información recibida, se han confeccionado un conjunto de tablas, Anexo 1, donde se indica por mes, día y hora, la cantidad de registros observados.

Con el objeto de lograr una mejor comprensión y visualización de dichas tablas, se ha utilizado un código cromático, el cual es función de la cantidad de observaciones horarias registradas. El mismo responde al detalle mostrado en Figura 3.2.

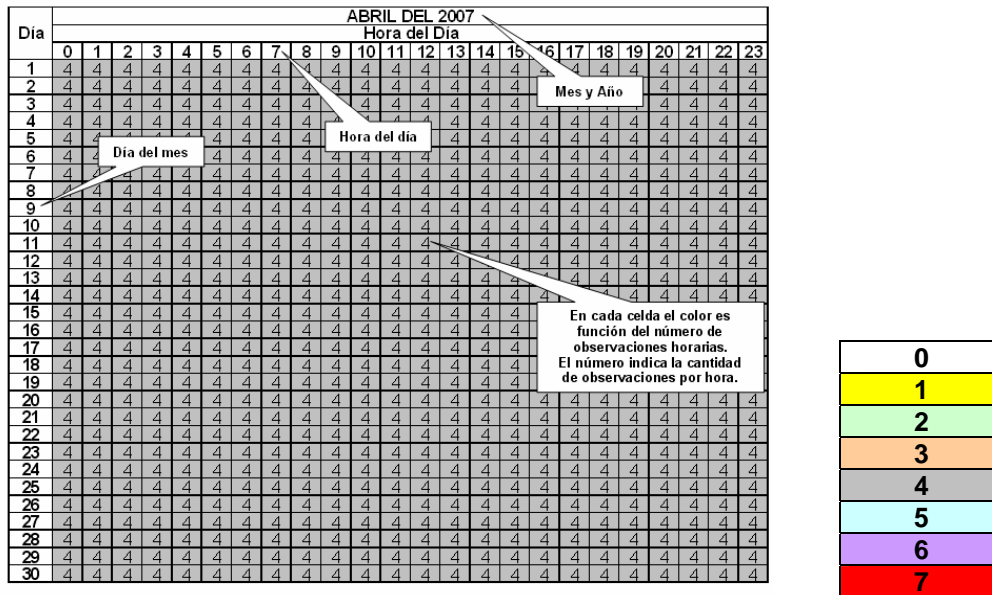


Figura Nº 3.2. Indicaciones del contenido de las tablas de inventario confeccionadas y código cromático utilizado

3. CONTROL DE CALIDAD DE LA INFORMACIÓN

3.1. Generalidades

Cuando se habla de calidad de los datos se refiere a la representatividad de ese valor respecto a la magnitud real que se mide, a su valor en ese momento y además a la capacidad de ese dato de representar la condición meteorológica de la zona de medición.

La validación del dato puede realizarse a diferentes niveles con diferentes algoritmos o procedimientos en función de la disponibilidad del dato y de la exigencia del usuario final.

Antes del control de calidad del dato hay algunos controles de base para individualizar errores groseros relativos: al tipo de mensaje meteorológico, al soporte utilizado, al sistema de transmisión, etc. Este control permite detectar rápidamente valores imposibles.

Cuando la longitud de la serie histórica lo permite, superior a 10 años, se puede aplicar una validación posterior que utiliza la variabilidad espacial y temporal del fenómeno medido.

Se trata de definir cual es la normalidad del dato y de individualizar eventuales situaciones anormales que pueden estar asociadas a errores en los datos o a eventos extremos. El objetivo final es asociar a cada dato archivado un código (flag) que certifique su validez o la sospecha de dato errado o anómalo basado en el control efectuado.

3.2. Métodos de análisis de control

3.2.1. Primer Nivel - Rango Instrumental

Este primer control define los extremos que no se pueden exceder dadas las especificidades técnicas y/o físicas del instrumento. Cualquier observación que sobrepase estos límites ha sido calificada como errónea.

La Tabla 3.1 muestra los rangos de variación posibles del instrumental meteorológico instalado en la Estación Meteorológica Casposo. Los mismos han sido extraídos de las especificaciones técnicas asociadas a dicho instrumental.

Tabla 3.1: Valores máximos y mínimos considerados como extremos para cada variable

VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDA	RANGO DE MEDICION
Temperatura	Grados Centígrados [°C]	-40 a 75 °C
Humedad Relativa	Porcentaje [%]	0 a 100 %
Precipitación	Milímetros [mm]	0 a 127 mm por hora

Presión Atmosférica	Milibares [mbar]	660 a 1070 mbar
Velocidad del Viento	Metros por segundo [m/s]	0 a 44 m/s
Dirección del Viento	Grados respecto al norte [ø]	0 a 360 grados
Radiación Solar	Vatios por metro cuadrado [W/m ²]	0 a 1280 W/m ²

3.2.2. Segundo Nivel – Consistencia interna (interanual)

Se puede asumir que un dato meteorológico determinado en cierto lugar y tiempo es función de las características ambientales y estacionales. Esto varía normalmente dentro de un rango de valores fuera del cual se puede decir que el dato es erróneo.

Para un control significativo de la exactitud del dato es determinante la elección del valor límite con el cual confrontar cada dato.

Sea x el parámetro meteorológico en examen, se calcula la media móvil de orden 31 con el fin de obtener una estimación robusta y no distorsionada del parámetro:

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{y=1}^N \sum_{d=i-15}^{i+15} x_{y,d}}{N \cdot 31}$$

Donde \bar{x}_i = media móvil de orden 31 para cada día del año (1.....365) y para cada año de la serie, es decir se consideran todos los datos; N = cantidad de años de la serie; d = día del año considerado.

Se estima el desvío estándar de esta media móvil para cada día:

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{y=1}^N \sum_{d=i-15}^{i+15} ((x_{y,d}) - \bar{x}_i)^2}{N \cdot 31}}$$

Se considera como sospechosas las mediciones cuya dispersión en valor absoluto son mayores de tres veces este desvío calculado:

$$|x_{y,d} - \bar{x}_i| > 3 \cdot S_i$$

Para el caso del control de la precipitación el proceso es algo más complicado ya que debe realizarse en forma indirecta a través de la temperatura, esto debido a que la

distribución de la lluvia es altamente asimétrica, lo que no permitiría realizar los controles basados en el supuesto de distribución normal de los datos.

Una vez realizado el control completo sobre los datos de temperatura se procede con los de la lluvia. Para esto deben considerarse dos grupos de días los lluviosos y los no lluviosos.

Se obtiene entonces la media y la desviación estándar de la variación térmica de cada uno de estos tipos de días:

Para días lluviosos

$$E_{pi} = \frac{\sum_{y=1}^N \sum_{i=i-15}^{i+15} (tmáx_{d,y} - tmín_{d,y})}{Np}$$

$$\sigma_{pi} = \sqrt{\frac{\sum_{y=1}^N \sum_{i=i-15}^{i+15} ((tmáx_{d,y} - tmín_{d,y}) - E_{pi})^2}{Np}}$$

Donde Np = número de días lluviosos total, E_{pi} = media interanual de la variación de la temperatura de un día lluvioso, i día del año considerado, y $C p$ es decir año en el que el día fue lluvioso

Para días no lluviosos

$$E_{npi} = \frac{\sum_{y=1}^N \sum_{i=i-15}^{i+15} (tmáx_{d,y} - tmín_{d,y})}{Nnp}$$

$$\sigma_{npi} = \sqrt{\frac{\sum_{y=1}^N \sum_{i=i-15}^{i+15} ((tmáx_{d,y} - tmín_{d,y}) - E_{npi})^2}{Nnp}}$$

Donde Nnp = número de días no lluviosos considerados

Para determinar el carácter anómalo de un dato se considera otra vez la categoría del día y algunas condiciones a cumplir en cuanto a la temperatura:

Si el día en análisis es no lluvioso:

- temperatura máxima del día menor a la del día anterior.
- temperatura mínima del día mayor a la del día anterior.
- la variación térmica del día es menor a la media menos tres veces el desvío:

$$(tmáx_{d,y} - tmín_{d,y}) < (Enpi - 3 \cdot \sigma pi)$$

Si el día en análisis es lluvioso:

- temperatura máxima del día mayor a la del día anterior
- temperatura mínima del día menor a la del día anterior.
- Variación térmica del día mayor a la media menos tres veces el desvío:

$$(tmáx_{d,y} - tmín_{d,y}) > (Epi - 3 \cdot \sigma pi)$$

3.2.3. Tercer Nivel – Consistencia temporal

El control relativo a este tipo de verificación es para evidenciar eventuales anomalías entre datos temporalmente contiguos y se basa en la hipótesis que el cambio en el tiempo de las mediciones del parámetro meteorológico no puede superar determinados límites.

Se puede proceder a la verificación de la consistencia temporal mediante diversos sistemas de control, algunos de los cuales son muy simples. La eficacia del control depende del valor umbral elegido para confrontar la dispersión o alejamiento temporal de las mediciones; es decir su ajuste a la condición específica local.

Un criterio es la variación respecto al valor precedente. En este caso se confronta la diferencia entre dos valores sucesivos con el valor umbral.

$$\Delta = x_t - x_{t-1}$$

El dato será sospechoso si $\Delta > \text{valor límite}$

Otro criterio es la comparación con la climatología de la diferencia de un día con el siguiente. Se calcula la media climática de la diferencia entre dos intervalos consecutivos (días) como media móvil de orden 31 a fin de obtener una estimación robusta y sin distorsión

$$\bar{\Delta}_i = \frac{\sum_{y=1}^N \sum_{d=i-15}^{i+15} ((x_{y,d}) - (x_{y,d-1}))}{N \cdot 31}$$

Donde $\bar{\Delta}_i$ = media móvil interanual de la diferencia de la variable meteorológica x entre dos días consecutivos para el día i , año y , d = día del año considerado.

Se obtiene la desviación estándar de esta media móvil para cada día del año de toda la serie:

$$S_{\bar{\Delta}_i} = \sqrt{\frac{\sum_{y=1}^N \sum_{d=i-15}^{i+15} ((x_{y,d} - x_{y,d-1}) - \bar{\Delta}_i)^2}{N \cdot 31}}$$

Se consideran sospechosos los datos con diferencias respecto al valor precedente mayor en valor absoluto a tres veces el desvío.

$$|(x_{y,d} - x_{y,d-1}) - \bar{\Delta}_i| > 3 \cdot S_{\bar{\Delta}_i}$$

Como en el caso anterior para verificar la calidad de los datos de precipitación se lo hace a través de la variabilidad térmica entre dos días consecutivos. Para esto ahora se deberán considerar tres grupos de días:

- dos días consecutivos de lluvia (p)
- dos días consecutivos no lluviosos (np)
- dos días consecutivos uno de cada clase (pnp)

Entonces se realiza el análisis para cada uno de estos grupos y se determina la condición de anómalo o no del los datos:

$$\Delta Epi = \frac{\sum_{y=1}^N \sum_{i=i-15}^{i+15} (tmáx_{d,y} - tmín_{d,y}) - (tmáx_{d-1,y} - tmín_{d-1,y})}{Np}$$

$$\sigma \Delta pi = \sqrt{\frac{\sum_{y=1}^N \sum_{i=i-15}^{i+15} ((tmáx - t\ min)_{d,y} - \Delta Epi)^2}{Np}}$$

Para los otros dos casos se calcula igual media y desvío sólo que se coloca Nnp y Npnp respectivamente.

La consideración de dato anómalo se dará para cada uno de los grupos si se dan las siguientes condiciones:

Dos días consecutivos de lluvia:

$$\left| (tmáx - tmín)_{d,y} - (tmáx - tmín)_{d-1,y} - \Delta E_{pi} \right| > 3 \cdot \sigma \Delta p_i$$

Dos días consecutivos no lluviosos:

$$\left| (tmáx - tmín)_{d,y} - (tmáx - tmín)_{d-1,y} - \Delta E_{npi} \right| > 3 \cdot \sigma \Delta n_{pi}$$

Dos días consecutivos, uno de lluvia y el otro no:

$$\left| (tmáx - tmín)_{d,y} - (tmáx - tmín)_{d-1,y} - \Delta E_{pnpi} \right| > 3 \cdot \sigma \Delta pn_{pi}$$

3.2.4. Cuarto Nivel – Consistencia espacial

La comparación de datos relevantes en puntos diversos del dominio espacial representa uno de los métodos mayormente utilizados para averiguar la eventual presencia de errores en los datos.

Uno de los problemas de estos métodos es la elección de la estación con la cual confrontar los datos a controlar. Aparte de pertenecer a una condición climática común es necesario individualizar el procedimiento concreto para seleccionar la más oportuna de las estaciones entre todas las disponibles.

Un primer criterio es comparar con la más cercana, sin embargo esto no es garantía para ver la correspondencia en los datos.

Un segundo criterio o método es correlacionar la estación a controlar con otras; la que tiene mayor correlación será la que se use para confrontarla; esto tampoco es una seguridad ya que los montos precipitados pueden ser múltiples y entonces la correlación es espuria.

4. GENERACIÓN DE SERIES HISTÓRICAS Y CONFORMACIÓN DE LA BASE DE DATOS

4.1. Consideraciones previas

Es necesario previo a la presentación de la información, efectuar una diferenciación entre elemento y parámetro climático.

El parámetro es un dato producto de la observación directa, en tanto que el elemento, si bien puede ser a la vez parámetro, como en el caso de la presión y la radiación, en general puede ser definido por un conjunto de parámetros. Siendo así llamaremos elementos climáticos a la temperatura, humedad, viento y precipitación; estos son los esenciales. La presión atmosférica y la radiación solar son a la vez elementos y parámetros.

A modo de ejemplo podemos citar el caso de la temperatura que constituye el elemento, a su vez la misma puede ser analizada por medio de distintos parámetros como pueden ser la temperatura máxima, temperatura mínima., temperatura promedio. Otro caso típico es el del viento que puede ser analizado a través de los parámetros dirección y velocidad.

En este capítulo se presenta, para cada variable meteorológica analizada, y luego de haber realizado el análisis de calidad pertinente, las nuevas series históricas de valores diarios obtenidas como resultado de la agregación de la información de base.

La información de base está constituida por observaciones con frecuencia de quince minutos, a excepción del periodo comprendido entre el 04/04/2006 al 15/08/2006 en donde la misma es de diez minutos (Ver Apartado 2.1.3 Historial de funcionamiento de la estación meteorológica).

Ante la ausencia de alguna observación, o bien debido a que algún dato ha sido eliminado del registro por no cumplir con las condiciones de calidad impuestas, y con el objeto de lograr consistencia y coherencia interna en las nuevas series generadas, se ha omitido el valor del parámetro o elemento diario correspondiente.

La nueva información generada es presentada en dos formatos típicos, gráficos y planillas.

Los gráficos que se presentan posibilitan una visualización rápida del conjunto y de las posibles variaciones estacionales. Estos han sido construidos sobre la base de la información mostrada en el formato de planillas, las cuales son presentadas en función de cada elemento y parámetro analizado, en el Anexo 2.

4.2. Temperatura

La temperatura vulgarmente puede ser definida como el grado de sensibilidad del calor de una sustancia, más frío o más caliente. Teóricamente se dice que la temperatura es directamente proporcional a la energía interna del movimiento molecular de la materia, comenzando desde el cero absoluto en el que se considera que el movimiento molecular deja de existir.

Las escalas de temperaturas más comunes usadas en la práctica son la Celsius ($^{\circ}\text{C}$) y la Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$). Para fines teóricos, de aplicación de desarrollos físicos ó termodinámicos y de experimentación, se utiliza la escala Kelvin también llamada absoluta, la cual ha sido adoptada por el Sistema Internacional de Unidades.

Para el caso de la información recabada en la Estación Meteorológica Casposo del elemento temperatura, se ha realizado el análisis a través de tres parámetros. Estos son temperatura promedio diaria, temperatura máxima diaria y temperatura mínima diaria.

La información de base ha sido suministrada tanto en grados Celsius como Fahrenheit. El tratamiento ha sido efectuado utilizando la escala Celsius, comúnmente manejada en nuestro medio. A los efectos de la conversión de una escala a otra se pueden utilizar las siguientes expresiones:

$$^{\circ}\text{C} = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{1.8}$$

$$^{\circ}\text{F} = 1.8 \cdot ^{\circ}\text{C} + 32$$

Se han generado series históricas de temperatura promedio diaria, máxima diaria y mínima diaria, para cada uno de los años analizados. Dicha información se presenta tanto en forma gráfica, Figuras 4.1, 4.2 y 4.3, como así también en formato de tablas, las cuales están incluidas en el Anexo 2.

**TEMPERATURAS DIARIAS - MÁXIMA, MÍNIMA Y PROMEDIO - [°C]
AÑO 2006**

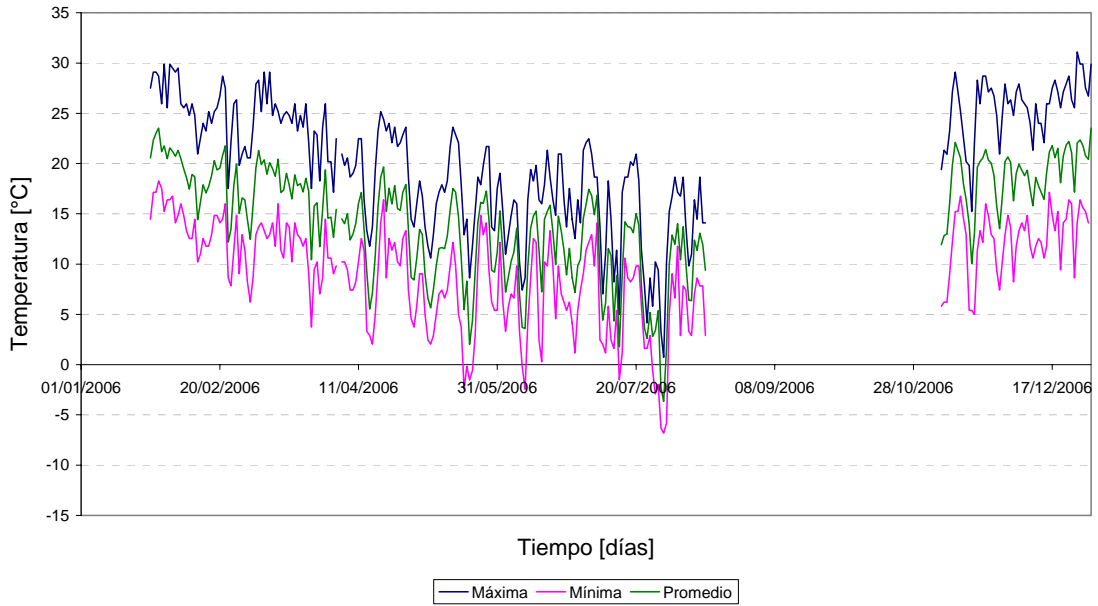


Figura 4.1: Temperaturas promedio, máximas y mínimas diarias. Año 2006

**TEMPERATURAS DIARIAS - MÁXIMA, MÍNIMA Y PROMEDIO - [°C]
AÑO 2007**

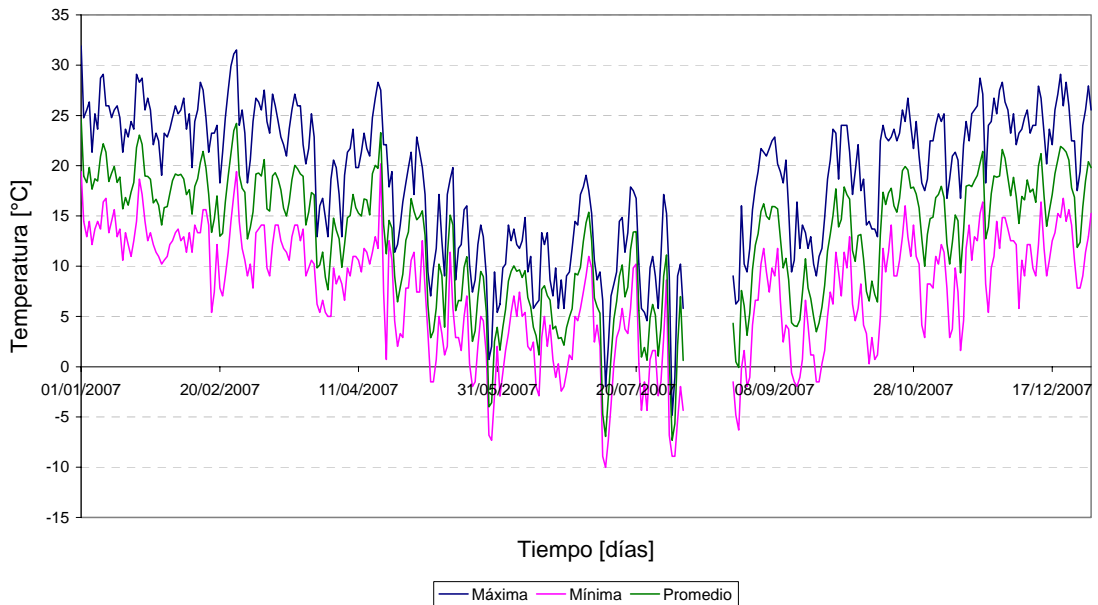


Figura 4.2: Temperaturas promedio, máximas y mínimas diarias. Año 2007

**TEMPERATURAS DIARIAS - MÁXIMA, MÍNIMA Y PROMEDIO - [°C]
AÑO 2008**

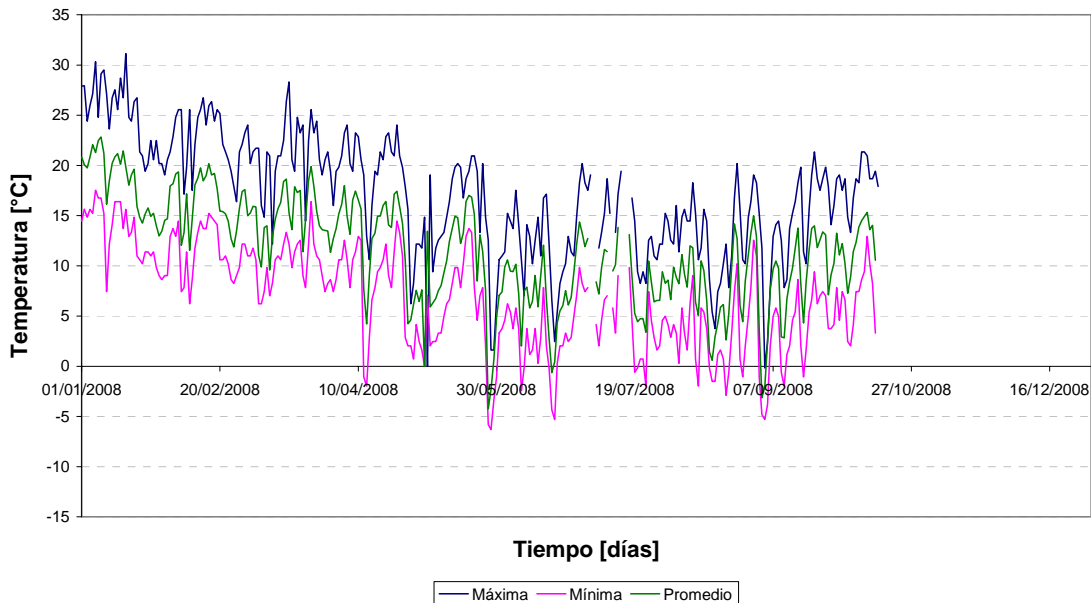


Figura 4.3: Temperaturas promedio, máximas y mínimas diarias. Año 2008

4.3. Humedad relativa

Se denomina humedad ambiental a la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Existen varias maneras de expresar el vapor de agua en el aire, así tenemos: humedad absoluta, relación de mezcla, tensión de vapor de agua, temperatura punto de rocío y humedad relativa.

La humedad absoluta es la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Se expresa en gramos de agua por kilogramo de aire seco (g/kg), gramos de agua por unidad de volumen (g/m^3) o como presión de vapor (Pa o KPa o mmHg). A mayor temperatura, mayor cantidad de vapor de agua, en estado de vapor, permite acumular el aire.

La humedad relativa es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica. Esta es la forma más habitual de expresar la humedad ambiental y se expresa en porcentaje.

La información recopilada en la Estación Meteorológica Casposo en relación a la humedad ambiental, corresponde al parámetro humedad relativa.

El tratamiento con rigor científico de esta información requiere del análisis de los datos observados; la agregación de datos a nivel diario y/o mensual necesariamente conduce a la pérdida de información. A pesar de ello se han generado series históricas de humedad relativa promedio diaria, máxima diaria y mínima diaria, para cada uno de los

años analizados. Dicha información se presenta tanto en forma gráfica, Figuras 4.4, 4.5 y 4.6, como así también en formato de tablas incluidas en el Anexo 2.

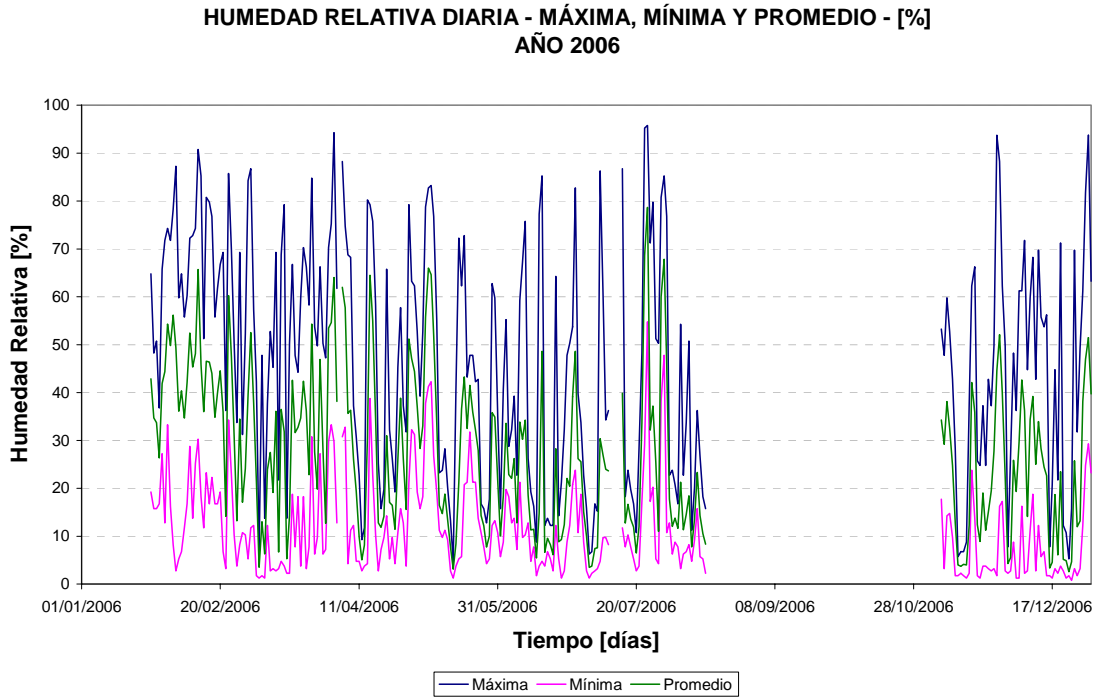


Figura 4.4: Humedad relativa, promedio diario, máximas y mínimas diarias. Año 2006

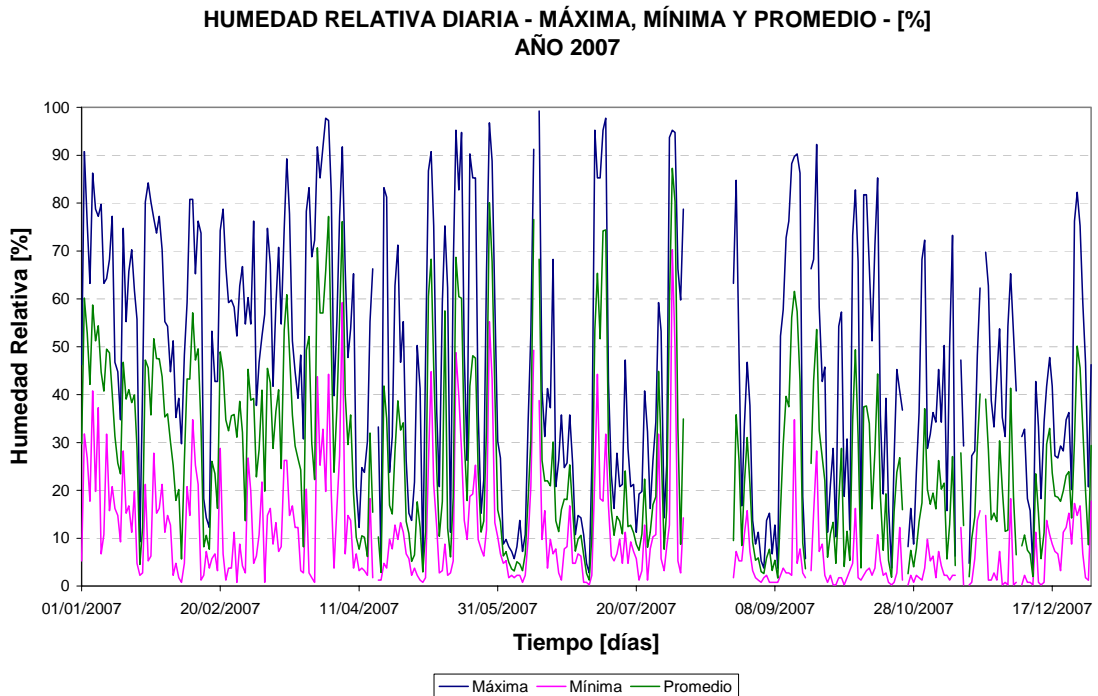


Figura 4.5: Humedad relativa, promedio diario, máximas y mínimas diarias. Año 2007

**HUMEDAD RELATIVA DIARIA - MÁXIMA, MÍNIMA Y PROMEDIO - [%]
AÑO 2008**

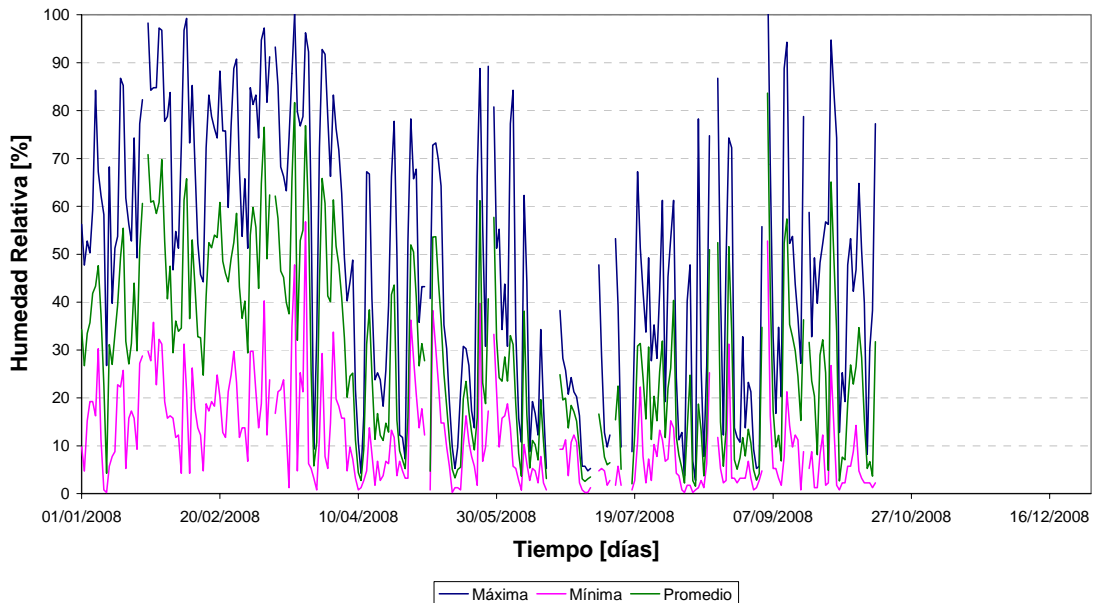


Figura 4.6: Humedad relativa, promedio diario, máximas y mínimas diarias. Año 2008

4.4. Punto de rocío

El punto de rocío o temperatura de rocío es la temperatura a la que empieza a condensar el vapor de agua contenido en el aire, produciendo rocío, neblina o, en caso de que la temperatura sea lo suficientemente baja, escarcha.

No constituye por si mismo un elemento ni un parámetro climático, sino que el mismo es función de la temperatura ambiente y de la humedad relativa. Normalmente se lo utiliza como un índice de “incomodidad” al brindar una idea de cuan cómodos o incómodos nos sentimos dentro del marco del tiempo caluroso y húmedo de la temporada estival.

La literatura especializada cita diversas ecuaciones que permiten estimar el punto de rocío, una de las más difundidas es:

$$PR = \sqrt[8]{\frac{HR}{100}} \cdot [112 + (0.9 \cdot T)] + (0.1 \cdot T) - 112$$

Donde PR = punto de rocío [°C], T = temperatura [°C], HR = humedad relativa [%]

La información de base ha sido suministrada tanto en grados Celsius como Fahrenheit. El tratamiento ha sido efectuado utilizando la escala Celsius, comúnmente manejada en nuestro medio.

Se han generado series históricas de punto de rocío promedio diario, máximo diario y mínimo diario, para cada uno de los años analizados. Dicha información se presenta tanto en forma gráfica, Figuras 4.7, 4.8 y 4.9, como así también en formato de tablas incluidas en el Anexo 2.

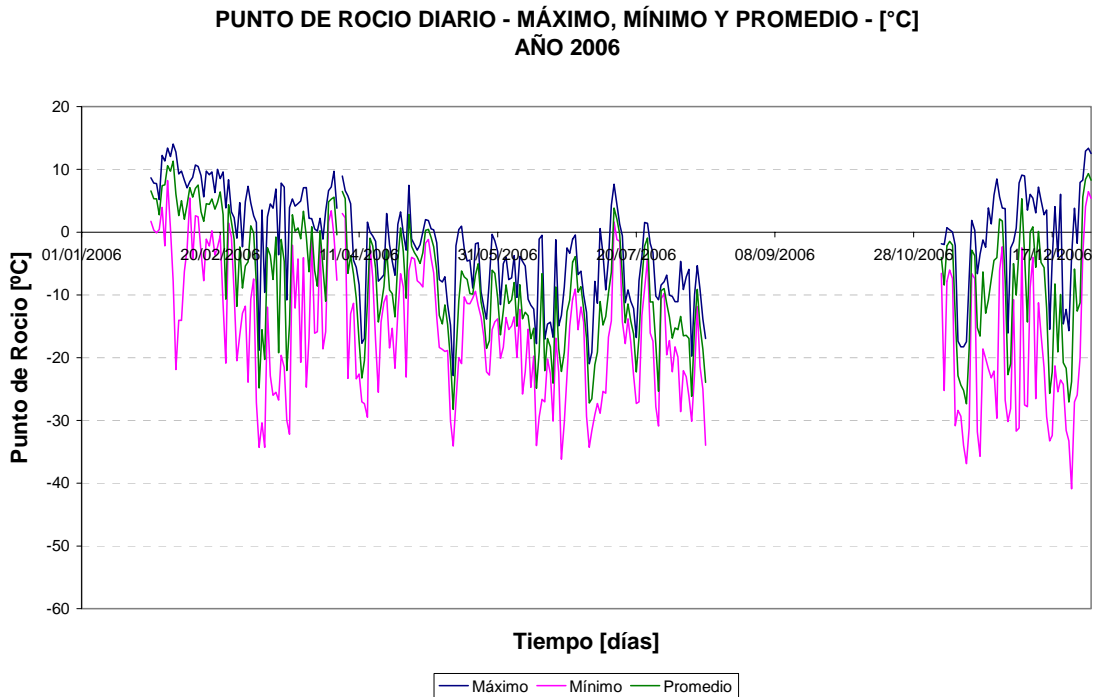


Figura 4.7: Punto de rocío, promedio diario, máximos y mínimos diarios. Año 2006

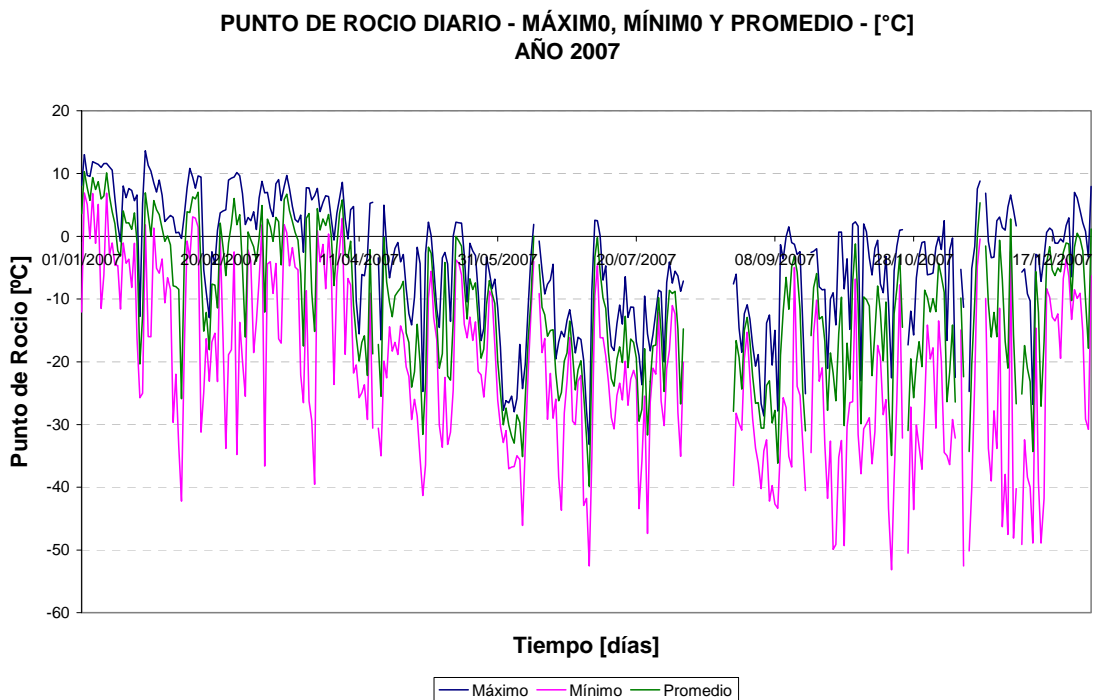


Figura 4.8: Punto de rocío, promedio diario, máximos y mínimos diarios. Año 2007

**PUNTO DE ROCIO DIARIO - MÁXIMO, MÍNIMO Y PROMEDIO - [°C]
AÑO 2008**

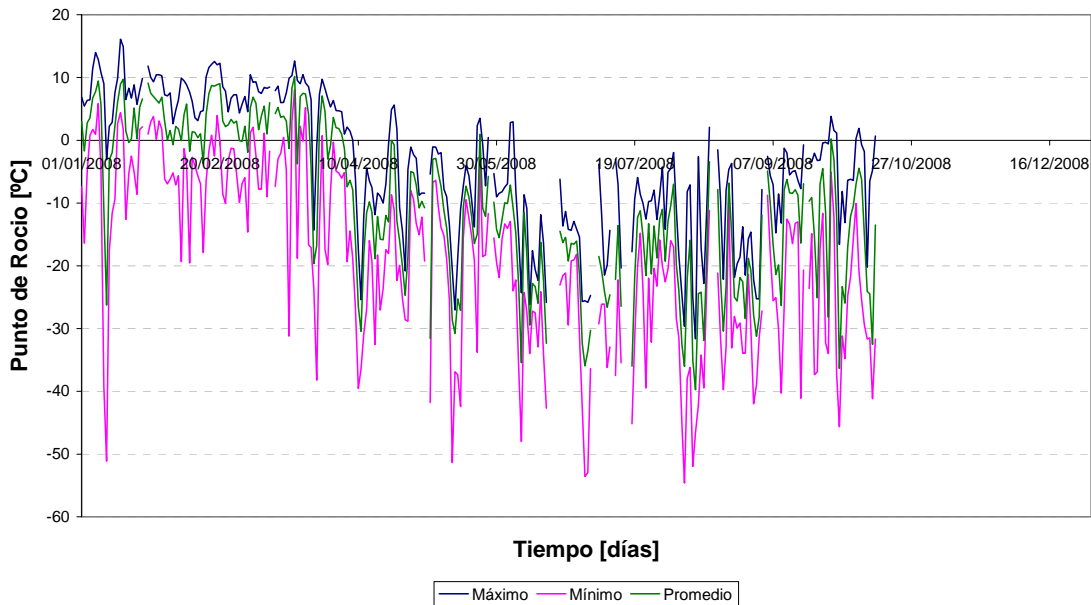


Figura 4.9: Punto de rocío, promedio diario, máximos y mínimos diarios. Año 2008

4.5. Precipitación

Es la altura de lámina de agua meteórica que se formaría en un espacio de un metro cuadrado de terreno horizontal considerado impermeable y para una precipitación ocurrida. La precipitación puede ser en forma líquida o sólida, así tendremos: lluvia, llovizna, niebla, granizo, lluvia y granizo, nieve, rocío. La medición de la precipitación en forma líquida se realiza en milímetros, mientras que la sólida se expresa en centímetros, que es la medida del espesor de nieve que cubre el suelo, a su vez esta puede tomarse como equivalente de agua.

La precipitación constituye un elemento climático, el cual puede ser analizado a través de la medición de parámetros tales como, cantidad, frecuencia e intensidad.

Para el caso de la información correspondiente a la Estación Meteorológica Casposo, la misma ha sido suministrada en dos unidades distintas, milímetros y pulgadas, con una frecuencia de observación de quince minutos en su mayoría, a excepción del año 2006 en donde algunos meses contienen una frecuencia de observación de diez minutos.

Se han generado series históricas de precipitación diaria, para cada uno de los años analizados. Dicha información se presenta tanto en forma gráfica, Figuras 4.10, 4.11 y 4.12, como así también en formato de tablas, las cuales están incluidas en el Anexo 2. Estas tablas también indican los valores de precipitación mensual y la cantidad de días de precipitación.

**PRECIPITACIÓN DIARIA - [mm]
AÑO 2006**

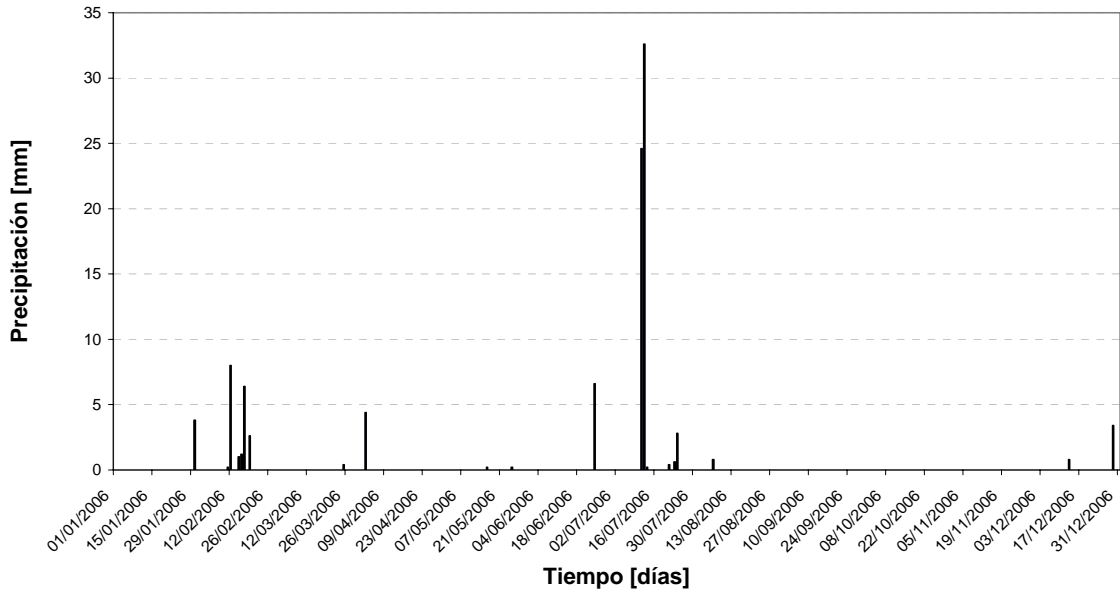


Figura 4.10: Precipitación diaria. Año 2006

**PRECIPITACIÓN DIARIA - [mm]
AÑO 2007**

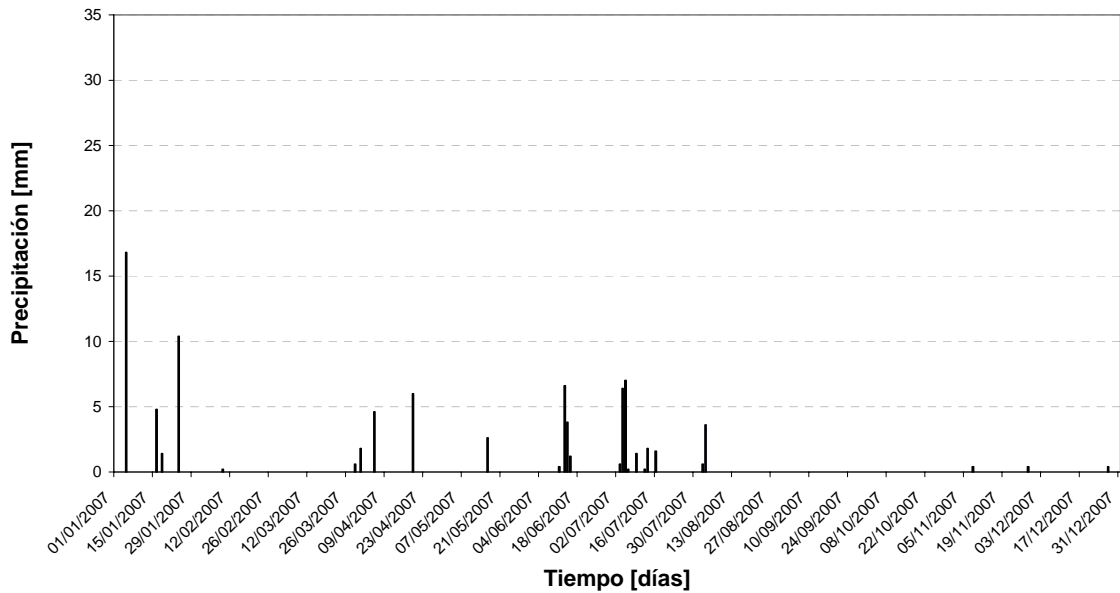


Figura 4.11: Precipitación diaria. Año 2007

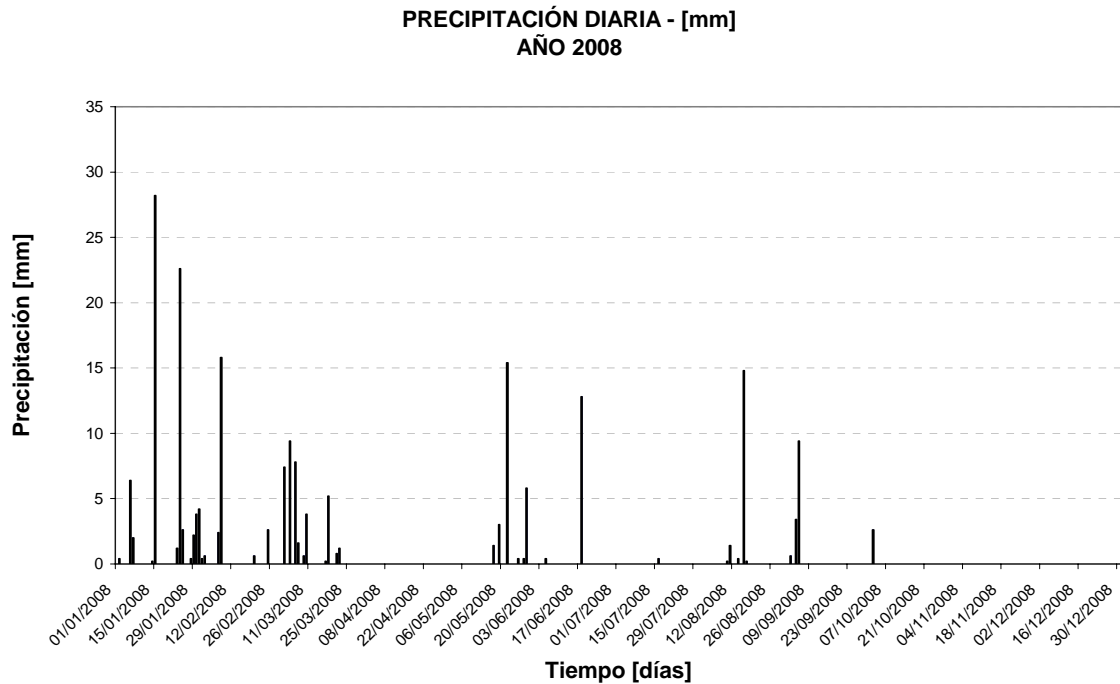


Figura 4.12: Precipitación diaria. Año 2008

4.6. Presión atmosférica

Se define a la presión atmosférica, también conocida como barométrica, al peso que ejerce sobre un centímetro cuadrado de superficie terrestre la atmósfera. La presión de una atmósfera en condiciones normales, o sea 0 °C de temperatura, una latitud de 45° sur o norte y a nivel del mar, es igual a 760 mm de columna de mercurio o bien 1013,25 milibares.

La Estación Meteorológica Casposo brinda esta información como salida, en cinco unidades distintas a saber: milímetros y pulgadas de mercurio, milibares, Pascals y KPascals. A los efectos del tratamiento, la unidad considerada ha sido milibares.

Este elemento climático, constituye por si mismo un parámetro.

Se han generado series históricas de presión barométrica promedio diario, máximo diario y mínimo diario, para cada uno de los años analizados. Dicha información se presenta tanto en forma gráfica, Figuras 4.13, 4.14 y 4.15, como así también en formato de tablas, las cuales están incluidas en el Anexo 2.

**PRESIÓN ATMOSFÉRICA DIARIA - MÁXIMA, MÍNIMA Y PROMEDIO - [mbar]
AÑO 2006**

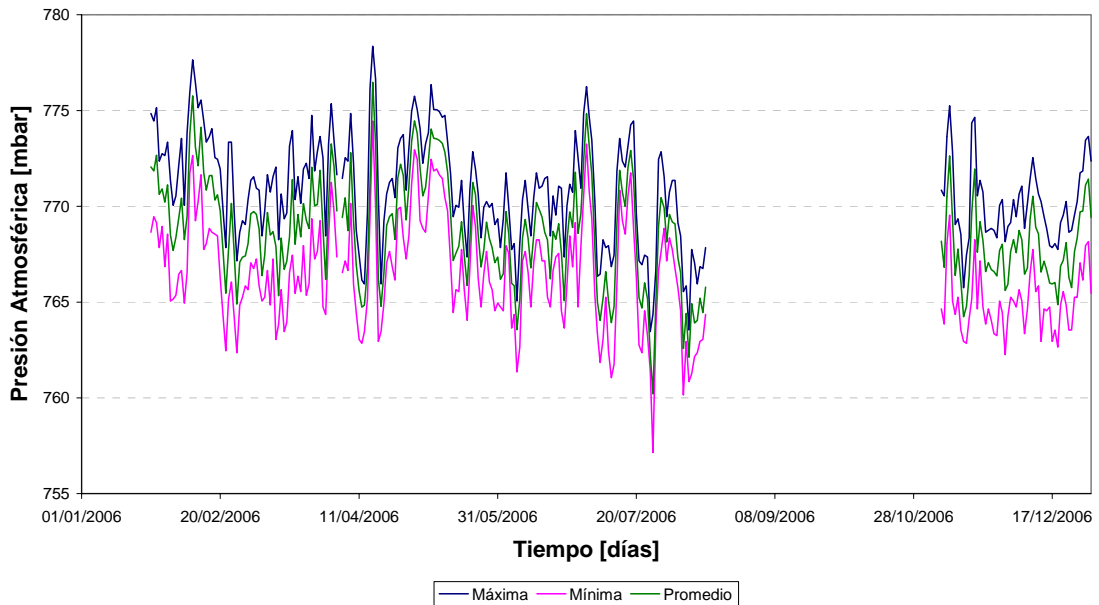


Figura 4.13: Presión barométrica, promedio diario, máximos y mínimos diarios. Año 2006

**PRESIÓN ATMOSFÉRICA DIARIA - MÁXIMA, MÍNIMA Y PROMEDIO - [mbar]
AÑO 2007**

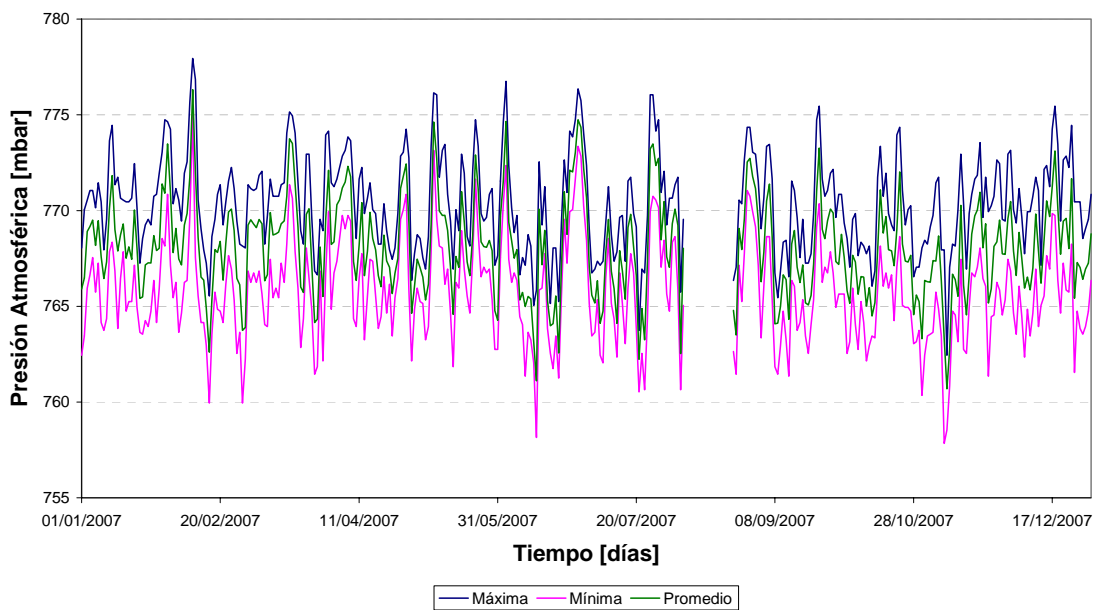


Figura 4.14: Presión barométrica, promedio diario, máximos y mínimos diarios. Año 2007

**PRESIÓN ATMOSFÉRICA DIARIA - MÁXIMA, MÍNIMA Y PROMEDIO - [mbar]
AÑO 2008**

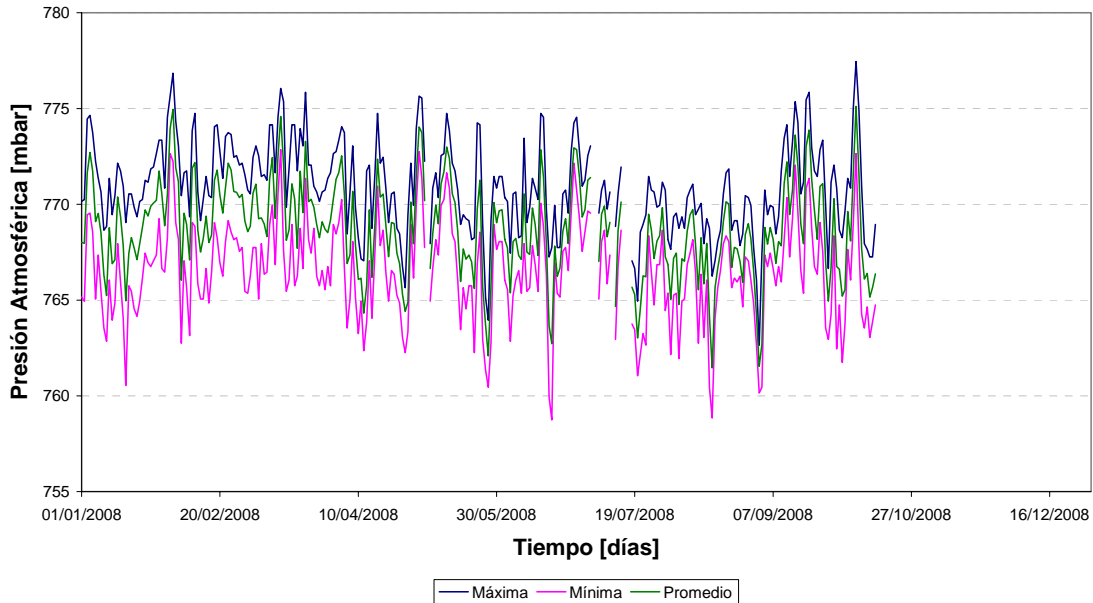


Figura 4.15: Presión barométrica, promedio diario, máximos y mínimos diarios. Año 2008

4.7. Viento

El viento es simplemente aire en movimiento. Una acepción más precisa de éste indica que está determinado por el movimiento horizontal o vertical del aire sobre la superficie de la tierra, con respecto a un punto fijo. Interesa en meteorología conocer su dirección e intensidad, esto físicamente es considerado como un vector.

Definimos, “dirección” como el lugar desde donde sopla el viento y “velocidad” a la distancia recorrida por un punto supuesto natural de la masa de aire, por unidad de tiempo. Ambos constituyen parámetros del elemento climatológico viento.

Se suele considerar otra característica del viento, tal es el caso de las ráfagas o rachas, que si bien no constituye un parámetro dado que es una velocidad del viento, es considerado en algunos análisis de corte científico. Se define como ráfaga a un viento fuerte, repentino y de corta duración.

Para la estación meteorológica HOBO[®], las revoluciones del anemómetro medidor de velocidad se acumulan cada tres segundos durante el intervalo de medición seleccionado. El dato entregado para dicho intervalo es la velocidad media de todo el intervalo de registro, mientras que el correspondiente a la ráfaga o racha es la mayor velocidad de tres segundos de viento, registrada durante el intervalo de registro.

La estación automática localizada en el Proyecto Minero Casoso, entrega información de velocidad del viento y rachas en metros por segundo, kilómetros por hora,

millas por hora y nudos, mientras que para dirección brinda el ángulo medido en sentido dextrógiro con origen en el norte.

Se han generado series históricas de velocidad del viento promedio diario, máximo diario y mínimo diario, para cada uno de los años analizados. Dicha información se presenta tanto en forma gráfica, Figuras 4.16, 4.17 y 4.18, como así también en formato de tablas, las cuales están incluidas en el Anexo 2.

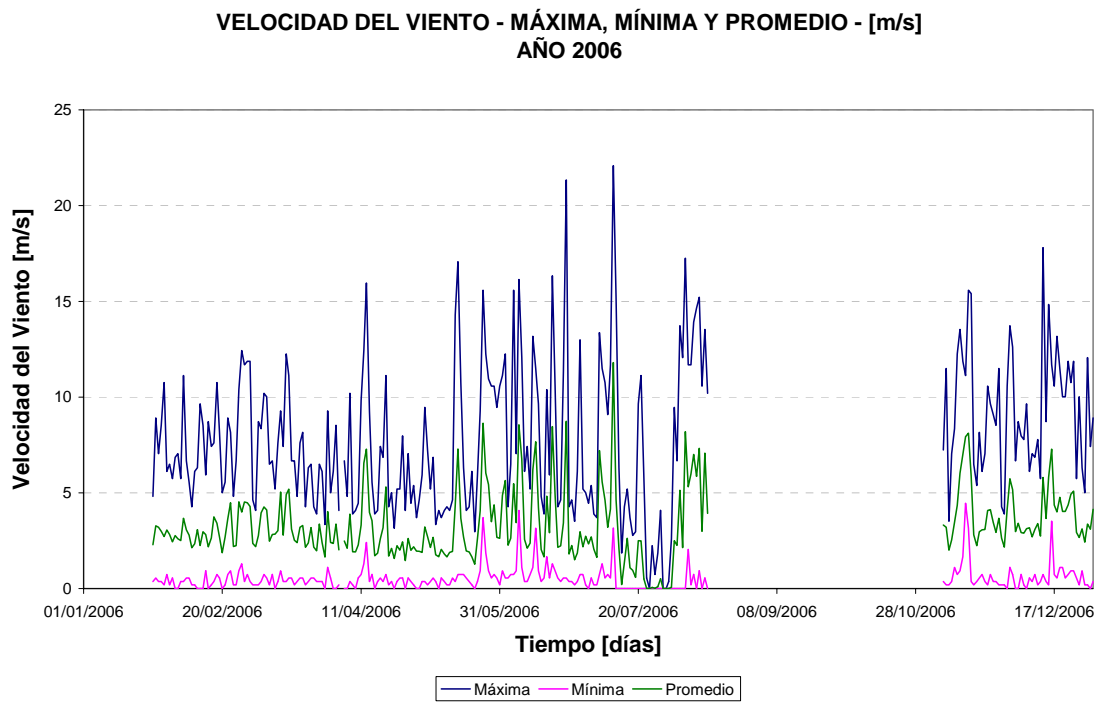


Figura 4.16: Velocidad del viento, promedio diario, máximos y mínimos diarios. Año 2006

VELOCIDAD DEL VIENTO - MÁXIMA, MÍNIMA Y PROMEDIO - [m/s]
AÑO 2007

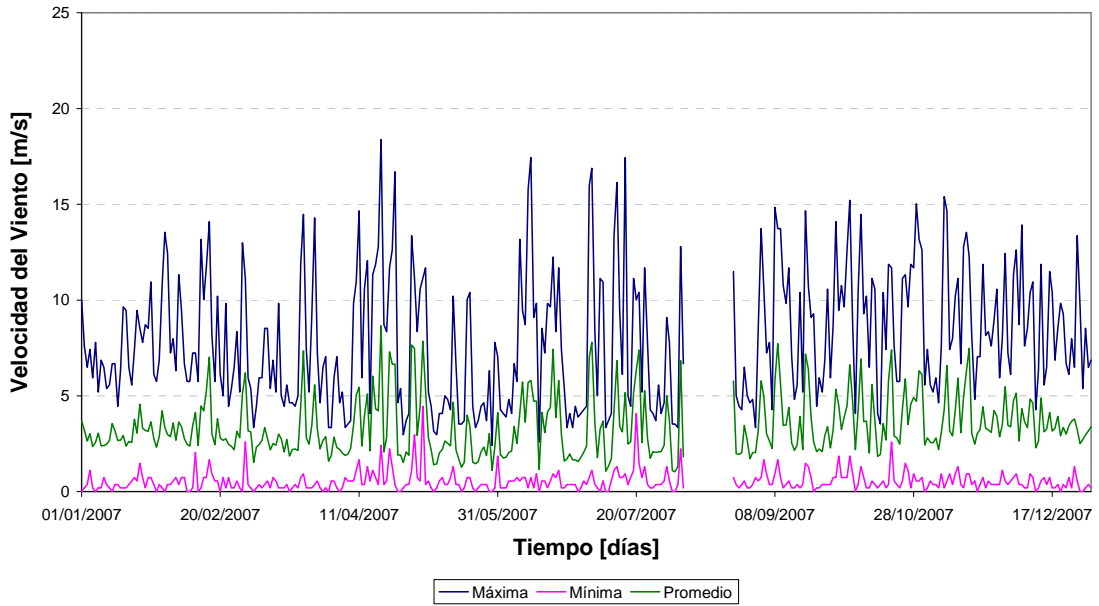


Figura 4.17: Velocidad del viento, promedio diario, máximos y mínimos diarios. Año 2007

VELOCIDAD DEL VIENTO - MÁXIMA, MÍNIMA Y PROMEDIO - [m/s]
AÑO 2008

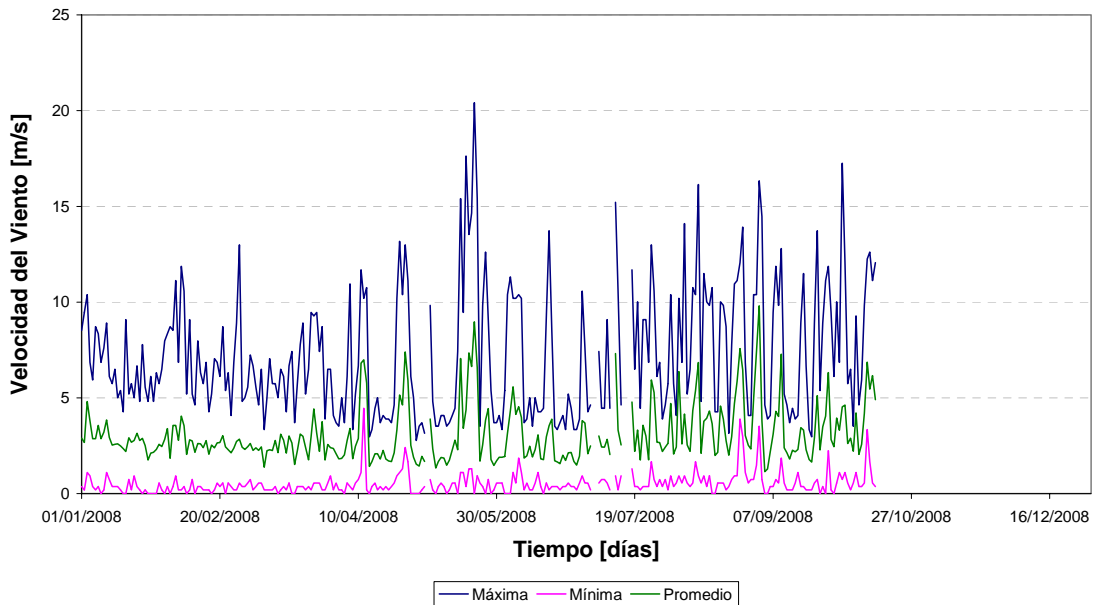


Figura 4.18: Velocidad del viento, promedio diario, máximos y mínimos diarios. Año 2008

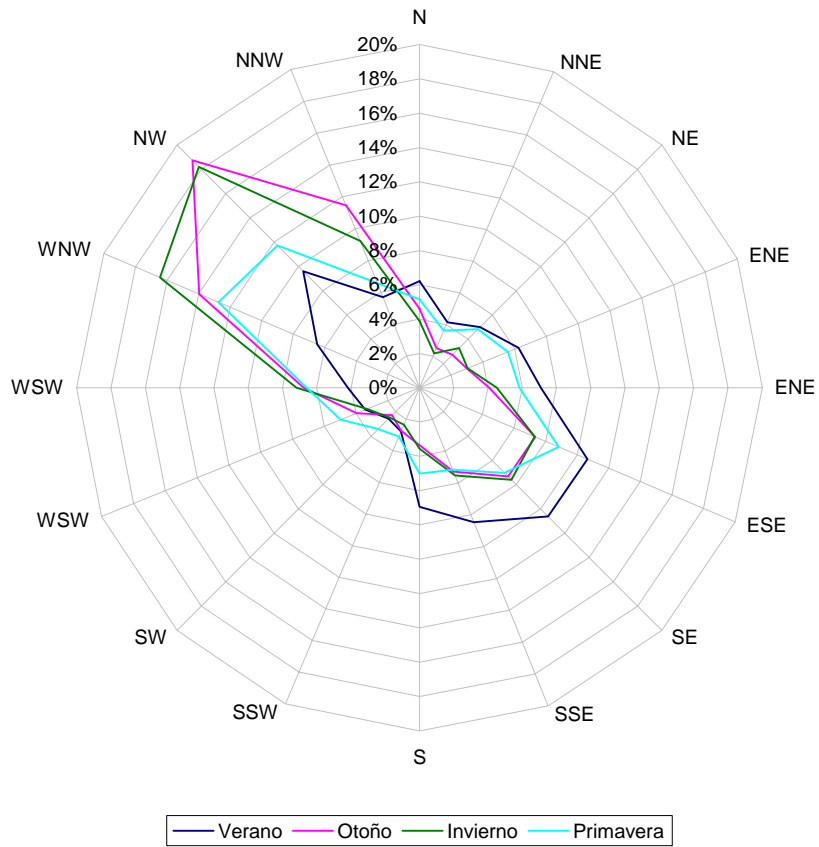


Figura 4.19: Rosa de frecuencias de la dirección de viento por estación. Año 2007

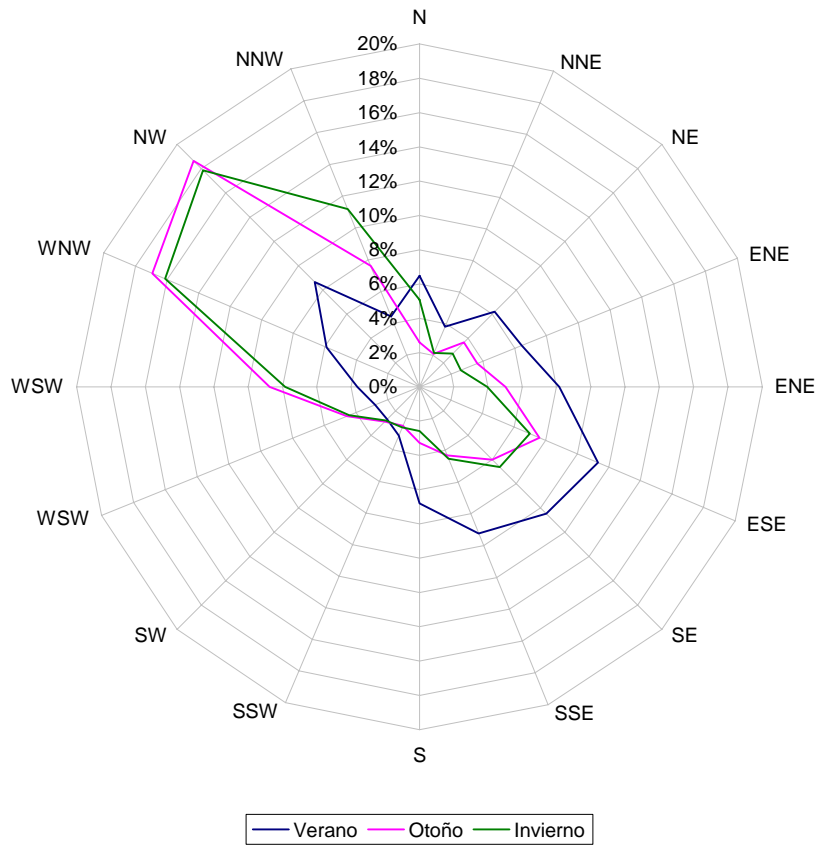


Figura 4.20: Rosa de frecuencias de la dirección de viento por estación. Año 2008

5. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LA INFORMACIÓN

5.1. Consideraciones previas

Al analizar los datos meteorológicos contenidos en una muestra, es importante presentar diversos resúmenes numéricos de la información que contiene. A estos resúmenes, que representan características de la muestra, se denominan 'estadísticas'. Existe una gran variedad de resúmenes numéricos que pueden calcularse con los datos de la muestra. Cada uno de éstos ofrece una descripción propia de algún aspecto de interés.

De los muchos aspectos de los datos, tres son los más importantes:

- Medidas de tendencia central
- Medidas de dispersión
- Medidas de forma

5.1.1. Medidas de tendencia central

Cuando se estudia una variable, habitualmente interesa saber en qué lugar se encuentran ubicados sus valores. Es el conocimiento primario acerca de sus características.

Esta noción de un valor que represente una característica de 'centro' de una población, es uno de los primeros elementos de información que se busca establecer para describirla.

Si se desea representar numéricamente este valor central, existen distintas representaciones de este 'centro'. Entre las más comunes se encuentran: el promedio, moda y la mediana.

Promedio

Sean, x_1, x_2, \dots, x_n , n observaciones muestrales, definiremos promedio de estas observaciones al valor dado por:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Moda

Es un valor del recorrido de las observaciones que presenta mayor frecuencia que aquellos a su alrededor. Su objetivo es identificar zonas donde se producen aglomeraciones

de datos, sin embargo, podría ser que por el solo hecho de haber una observación extra en un punto aislado, éste pudiese aparecer como una moda.

Mediana

La mediana es el valor de la variable que deja el mismo número de datos antes y después que él, una vez ordenados estos. De acuerdo con esta definición el conjunto de datos menores o iguales que la mediana representarán el 50% de los datos, y los que sean mayores que la mediana representarán el otro 50% del total de datos de la muestra. La mediana coincide con el percentil 50, con el segundo cuartil y con el quinto decil.

5.1.2. Medidas de dispersión

Al analizar un conjunto de datos, resulta a menudo conveniente expresar numéricamente la variabilidad que existe entre ellos.

Para llevar a cabo esta descripción, se usan varias estadísticas que usan relaciones internas entre los datos. Comúnmente estas relaciones tienen que ver con diferencias de los datos o funciones de ellos respecto de algunas estadísticas de posición.

Dependiendo del tipo de diferencia usada, se obtienen distintas expresiones que entregan visiones parciales de la forma en que los datos varían. Estas visiones parciales se complementan para entregar un cuadro más completo de la dispersión observada entre los datos.

Rango

El Rango es una medida de dispersión muy simple, es la diferencia entre el mayor y el menor valor de los datos representados en la muestra.

Al usar los extremos de una muestra, se corre el riesgo de obtener resultados muy cambiantes debido a la posible presencia de algunos valores mucho mayores o mucho menores que la gran parte de los datos.

Esta dificultad muestra un aspecto negativo del rango, sin embargo, su gran simplicidad de cálculo, hace que en muchas situaciones sea práctico su uso.

$$Rango = x_{m\acute{a}x} - x_{m\acute{i}n}$$

Varianza

Dado un conjunto de datos, una forma de medir su variabilidad consiste en calcular las diferencias de cada dato respecto del centro, representado por su promedio. Como las

diferencias tienen signos negativos o positivos, según el dato sea menor o mayor que el promedio, la simple suma de las diferencias no sirve por los valores se compensan.

Para calcular la estadística denominada 'varianza muestral' se elevan al cuadrado las diferencias mencionadas y se les calcula el promedio. De esta forma, se reúnen aditivamente todos los efectos relativos a cada observación.

De manera más formal podemos decir que la varianza muestral está dada por:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Desviación estándar muestral

La varianza muestral está medida en el cuadrado de las unidades observadas al hacer las mediciones contenidas en la muestra. Para lograr una estadística que use las mismas unidades que las observaciones, es necesario calcular su raíz cuadrada.

Lo anterior conduce a la definición de la estadística denominada 'desviación estándar muestral', que no es otra cosa que la raíz cuadrada de la varianza, está dada por:

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

El uso de esta estadística es recomendado en aquellos conjuntos de datos que ofrecen cierto grado de simetría respecto de su centro. En estos casos, habitualmente tiene sentido medir discrepancias de un valor con el centro de los datos usando múltiplos de la desviación estándar.

5.1.3. Medidas de forma

Además de identificar la ubicación y dispersión que tienen los datos, es importante determinar su forma, como un complemento de su descripción.

Se presentará dos medidas de uso común: el coeficiente de asimetría y el coeficiente de curtosis.

Asimetría

Además de la posición y la dispersión de un conjunto de datos, es común usar medidas de forma en la descripción. Una de estas medidas es una estadística que busca

expresar la simetría, o falta de ella, que manifiestan los datos. Esta estadística se llama coeficiente de asimetría y está definido por la expresión:

$$a_x = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\hat{\sigma}^3}$$

Se observa que la diferencia de una observación respecto del promedio de los datos, se encuentra elevada al cubo. Esto tiene como resultado que, observaciones alejadas del promedio, aporten un gran valor a la suma; ya sea positivo o negativo. En consecuencia, si los grandes valores de la diferencia están producidos por datos mayores que el promedio, el coeficiente tenderá a ser positivo. Si, por el contrario, predominan observaciones muy menores que el promedio, el coeficiente será negativo. Finalmente, si las observaciones presentan un alto grado de simetría respecto al promedio, el coeficiente asumirá valores cercanos a cero.

Si el valor de este coeficiente es mayor que cero entonces se dice que la distribución de los datos se encuentra sesgada a la derecha, si es menor que cero entonces se dice que está sesgada a la izquierda.

Curtosis.

El coeficiente de curtosis mide cuan 'puntiaguda', concentrada en torno a la media, es una distribución respecto de un estándar. Este estándar es una forma acampanada denominada 'normal'.

El coeficiente de curtosis está definido como:

$$Curtosis = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{\left(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right)^2} - 3$$

De acuerdo a su valor, los datos puede clasificarse en: leptocúrticos, con valores grandes para el coeficiente; mesocúrticos, con valores medianos para el coeficiente y platicúrticos, con valores pequeños para el coeficiente.

6. CONCLUSIONES

Se ha realizado el inventario de la información recepcionada correspondiente a la Estación Meteorológica Casposo. La misma comprende los datos recabados desde su puesta en funcionamiento, en enero del 2006, hasta la primera quincena del mes de octubre del 2008. Los elementos y parámetros climáticos considerados son los mencionados en el apartado “2.2 Información meteorológica recibida”, “Tabla 2.1: Variables observadas, unidades de medida y longitud del registro”

Por medio de la utilización de técnicas estadísticas, y cuando la longitud de los registros lo ha permitido, se ha realizado el análisis de calidad de la información. En tal sentido se ha efectuado un primer contraste, en función del rango de medición de los distintos sensores dispuestos en la estación meteorológica.

Se realizó el análisis de la consistencia interanual de la información, sin embargo, es menester mencionar las reservas del caso con el mismo, dada la exigua longitud de los registros históricos logrados al momento del análisis. Este inconveniente será salvado en virtud de que dichos registros logren mayor longitud temporal.

La consistencia espacial no ha sido factible de realizar debido a la imposibilidad de contar con un registro histórico contemporáneo, de las mismas variables motivo del estudio, que pertenezcan a una estación lo más próxima posible a la del Proyecto Minero Casposo.

En el análisis de calidad efectuado y por consiguiente en las determinaciones posteriores realizadas, se han omitido los elementos radiación solar y humedad de superficie foliar (leaf wetness).

En relación a la radiación solar, el registro histórico evidencia prolongados periodos de tiempo con valores en correspondencia con el límite superior del rango de medición del sensor (ver apartado “2.1.2 Características técnicas del instrumental instalado”, sensor de radiación solar). Esto en principio, sería indicativo de la existencia de un problema de saturación del sensor, lo cual invalida a la serie histórica obtenida hasta el momento.

En relación con el parámetro humedad de la superficie foliar, este tiene una longitud de registro muy exigua, que permita un análisis consistente de los valores observados.

Se han generado nuevas series históricas, sobre la base de la información horaria obtenida luego de efectuado el análisis de calidad correspondiente. Las nuevas series, que

poseen frecuencia diaria, son presentadas en formato gráfico en el Capítulo 4 y en formato de planilla en el Anexo 2.

Las variables climáticas consideradas se presentan en la base de datos, con unidades correspondientes al sistema internacional de medidas en consonancia con las de uso corriente en nuestro medio.

Con la información depurada por el análisis de calidad realizado, como así también la correspondiente a las nuevas series históricas logradas, se ha conformado una nueva base de datos. Esta, lograda con el software comercial Microsoft Access, contiene la información mencionada, discriminada por año, mes y día, para cada uno de los elementos y parámetros climáticos analizados, que se corresponden con los descriptos en Capítulo 4.

Dentro del conjunto de análisis realizados, se ha efectuado la determinación de la estadística descriptiva de las series históricas de frecuencia diaria, a fin de colaborar con una mejor interpretación y entendimiento del cúmulo de información existente.

Los estadígrafos obtenidos, presentados conjuntamente con la información que les da origen en las planillas del Anexo 2, contemplan medidas de tendencia central, de dispersión y de forma.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Palomares Losada, Ana María; (2002) “*Caracterización del régimen de vientos y desarrollo de un modelo de predicción eólica a escala local en el estrecho de Gibraltar*”. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Físicas. Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I. Madrid – España.
2. Vanlesberg, Susana; Fibbi, Luca; Ibarrola, Silvia; Crotti, Chiara; (2004). “*Datos meteorológicos, su control y tratamiento*”. CIOMTA - Centro de Investigación, Observación y Monitoreo Territorial y Ambiental. Universidad Católica de Santa Fe. Santa Fe – Argentina.
3. Sixto Guevara Vásquez (2003). “*Estimación de la radiación solar*”. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima – Perú.
4. Garcia, Norberto (1991). “*Elementos de Climatología*”. Colección Ciencia y Técnica. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe – Argentina.
5. Fernández, Hugo W; Meissl, Analía. Menna, Zulma (2005). “*Diseño de obras especiales y drenaje de carreteras*”. Apuntes de clase del modulo de hidrología. Carrera de especialización en Caminos de Montaña. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Juan. San Juan – Argentina.
6. Fernández, Hugo (2007). “*Proyecto minero Casposo. Hidrológica superficial. Informe técnico*”. Instituto de Investigaciones Hidráulicas. Universidad Nacional de San Juan. San Juan – Argentina.
7. Onset Computer Corporation (2006). “*HOBO Micro Station. User’s Guide*”. USA.