

TABLA DE CONTENIDOS

SECCIÓN 6.5 Clima.....	1
6.5 CLIMA	6.5-1
6.5.1 INTRODUCCIÓN.....	6.5-1
6.5.2 ÁREA DE ESTUDIO.....	6.5-1
6.5.3 OBJETIVOS	6.5-2
6.5.4 METODOLOGÍA.....	6.5-2
6.5.5 RESULTADOS	6.5-3
6.5.5.1 Ubicación y características de las estaciones meteorológicas.....	6.5-3
6.5.5.2 Características climatológicas.....	6.5-7
6.5.5.3 Parámetros climáticos en el área del Proyecto	6.5-11
6.5.6 CONCLUSIONES.....	6.5-47

FIGURAS

Figura 6.5-1: Mapa de clasificación climática de Panamá, según Köppen.....	6.5-9
Figura 6.5-3: Mapa de isoyetas anuales, período 1971-2002	6.5-12
Figura 6.5-4: Distribución espacial de la temperatura a nivel global	6.5-18
Figura 6.5-5: Isotermas anuales para la República de Panamá, período 1972-2002...	6.5-19
Figura 6.5-6: Mapa de evapotranspiración potencial de Panamá, período 1971-2002	6.5-26
Figura 6.5-7: Media anual de la presión al nivel del mar, correspondiente al período 1979- 1995	6.5-45
Figura 6.5-8: Mapa de presiones sobre el área de Panamá y alrededores.....	6.5-46

TABLAS

Tabla 6.5-1:	Estaciones meteorológicas ubicadas en el área de influencia del Proyecto.....	6.5-3
Tabla 6.5-2:	Precipitaciones y temperaturas promedio mensuales históricas del área del Proyecto	6.5-10
Tabla 6.5-3:	Estaciones meteorológicas utilizadas para los análisis de clima ...	6.5-13
Tabla 6.5-4:	Precipitaciones promedio mensuales en las estaciones meteorológicas La Llana y Cerro Quema.....	6.5-14
Tabla 6.5-5:	Precipitaciones promedio mensuales en las estaciones La Miel y Cerro Quema	6.5-15
Tabla 6.5-6:	Precipitación media mensual en las estaciones La Miel, La Llana y Cerro Quema	6.5-16
Tabla 6.5-7:	Temperaturas promedio mensuales del área del Proyecto.....	6.5-20
Tabla 6.5-8:	Temperatura media mensual, calculada de acuerdo a la ecuación altotérmica para sitios ubicados a las elevaciones de 200, 900 y 950 msnm	6.5-20
Tabla 6.5-9:	Promedio histórico del total mensual de brillo solar en la estación Los Santos, período 1972-2008	6.5-23
Tabla 6.5-10:	Promedio histórico del total diario de brillo solar en la estación Los Santos, período 1972-2008	6.5-24
Tabla 6.5-11:	Promedio histórico de la evaporación mensual en la estación Los Santos, período 1964-2014	6.5-27
Tabla 6.5-12:	Promedio histórico de la humedad relativa en la estación Los Santos, período 1964-2014.....	6.5-29
Tabla 6.5-13:	Tasas de evaporación efectiva mensual promedio para el área del Proyecto y Los Santos	6.5-31
Tabla 6.5-14:	Promedio histórico de la velocidad del viento mensual a 10 m de altura en Los Santos, período 1964- 2014.....	6.5-32
Tabla 6.5-15:	Promedio histórico de la velocidad del viento mensual a 2 m de altura en Los Santos, período 1964- 2014.....	6.5-32

GRÁFICOS

Gráfico 6.5-1: Análisis de correlación de doble acumulada de la lluvia en La Llana y Cerro Quema	6.5-14
Gráfico 6.5-2: Análisis de la correlación de doble acumulada de la lluvia en la Miel y Cerro Quema	6.5-16
Gráfico 6.5-3: Comparación de la lluvia media mensual en las estaciones La Miel, La Llana y Cerro Quema.....	6.5-17
Gráfico 6.5-4: Comparación de la temperatura calculada con la ecuación altotérmica para elevaciones de 200, 900 y 950 msnm	6.5-21
Gráfico 6.5-5: Distribución espacial del brillo solar en la República de Panamá ..	6.5-22
Gráfico 6.5-6: Promedio histórico del total mensual de brillo solar en la estación Los Santos, período 1972-2008	6.5-23
Gráfico 6.5-7: Radiación media diaria registrada en la estación N°4, desde el 18 de mayo de 2013 hasta junio de 2014	6.5-25
Gráfico 6.5-8: Evaporación y humedad relativa media mensual en la estación Los Santos, período 1964-2014	6.5-30
Gráfico 6.5-9: Comparación de la evaporación en área del Proyecto y en la estación Los Santos, período 1964-2014.....	6.5-31
Gráfico 6.5-10: Comparación de la velocidad media del viento a 2 y 10 m de altura con la evaporación media mensual, en la estación Los Santos.	6.5-33
Gráfico 6.5-11: Rosa de los vientos del mes de enero, estación La Llana	6.5-34
Gráfico 6.5-12: Rosa de los vientos del mes de febrero, estación La Llana	6.5-35
Gráfico 6.5-13: Rosa de los vientos del mes de marzo, estación La Llana	6.5-36
Gráfico 6.5-14: Rosa de los vientos del mes de abril, estación La Llana	6.5-37
Gráfico 6.5-15: Rosa de los vientos del mes junio de 2013, estación HOBO U30 .	6.5-38
Gráfico 6.5-16: Rosa de los vientos del mes de julio de 2013, estación HOBO U30.....	6.5-39

Gráfico 6.5-17: Rosa de los vientos del mes de agosto de 2013, estación HOBO U30 ..	6.5-40
.....
Gráfico 6.5-18: Rosa de los vientos del mes de octubre de 2013, estación HOBO U30 ..	6.5-41
.....
Gráfico 6.5-19: Rosa de los vientos del mes de enero de 2014, estación HOBO U30.....	6.5-42
.....
Gráfico 6.5-20: Rosa de los vientos del mes de febrero de 2014, estación HOBO U30...	6.5-43
.....
Gráfico 6.5-21: Rosa de los vientos del mes de marzo de 2014, estación HOBO U30	6.5-44
.....
Gráfico 6.5-22: Comportamiento diario de la presión en la estación N°4 en el período del 18 de mayo al 18 de junio del 2014	6.5-47

SECCIÓN 6.5

Clima

6.5 CLIMA

6.5.1 INTRODUCCIÓN

El Proyecto se localiza sobre la península de Azuero, en los distritos de Tonosí y Macaracas, en la provincia de Los Santos, aproximadamente a 45 km de distancia al suroeste de la ciudad de Chitré, que a su vez se encuentra a una distancia aproximada de 250 km por carretera de la Ciudad de Panamá.

Tal como se detalló en la Sección 3, el Proyecto consiste en una mina a tajo abierto convencional. Entre las facilidades que considera, incluye dos tajos (La Pava y Quemita); una poza de lixiviación con sus respectivas instalaciones para el procesamiento del mineral; el depósito de roca estéril Chontal; una plataforma de facilidades mineras; dos fajas transportadoras; y facilidades auxiliares como el camino de mina, caminos internos, tanques, pozos de agua, polvorines, etc.

La presente sección contiene los resultados del estudio de clima el cual está organizado de la siguiente forma:

- Área de estudio;
- Objetivos;
- Metodología;
- Resultados;
- Conclusiones.

6.5.2 ÁREA DE ESTUDIO

Para efecto de la caracterización del clima se consideró como área de estudio al área denominada huella del Proyecto y alrededores, ubicada entre las cuencas hidrográficas del Río Tonosí (124), cuencas entre el Río Tonosí y el Río La Villa (126) y la cuenca del Río La Villa (128).

6.5.3 OBJETIVOS

El objetivo del presente estudio comprende la caracterización climática del área del Proyecto sobre la base de la determinación de los principales parámetros meteorológicos como: precipitación, temperatura, humedad relativa, evaporación, velocidad y dirección del viento.

6.5.4 METODOLOGÍA

El estudio del clima tiene el propósito de caracterizar el clima, a través del comportamiento de los elementos meteorológicos que prevalecen en el sitio donde se el Proyecto y sus áreas adyacentes, dentro de las zonas de concesión minera de la empresa.

Para lograr este objetivo se analizaron los datos obtenidos en la estación meteorológica instalada por MCQSA dentro del área del Proyecto, identificada como estación meteorológica HOBO U30.

También, se procedió a analizar la información registrada en algunas estaciones meteorológicas ubicadas en la provincia de Los Santos que forman parte de la red de estaciones que administra la Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A (ETESA), a través de la Gerencia de Hidrometeorología. Esta información provine de tres estaciones de las principales cuencas hidrográficas que se ubican en la provincia de Los Santos, las cuales son las cuencas No.124 del Río Tonosí, la No.128 de Río La Villa y la No. 126 de las cuencas entre los ríos Tonosí y La Villa.

La metodología utilizada para caracterizar el clima incluye como primera etapa una descripción de la localización de las estaciones meteorológicas por cuencas y sus características. Posteriormente de las estaciones existentes, se seleccionaron las que por sus características, permitan caracterizar climáticamente el área del Proyecto. Finalmente se analizó el comportamiento de los diferentes parámetros, según los registros en las estaciones de interés, a nivel nacional, regional y local.

6.5.5 RESULTADOS

6.5.5.1 Ubicación y características de las estaciones meteorológicas

Se recopiló y analizó información de la red de estaciones meteorológicas, que opera la Gerencia de Hidrometeorología de ETESA y que existen en el área del Proyecto. Los parámetros climáticos analizados incluyen: precipitación, temperatura, brillo solar, evapotranspiración, evaporación, humedad relativa, presión atmosférica y velocidad y dirección del viento, se elaboró la rosa de los vientos para los datos de la estación HOBO U30, propiedad de la Mina Cerro Quema y las estaciones de La Llana y La Miel de propiedad de ETESA.

En la Tabla 6.5-1 se presentan las características de las estaciones que opera ETESA, ubicadas en las tres cuencas de interés y que aportan información relevante para el análisis de los parámetros climatológicos.

Tabla 6.5-1: Estaciones meteorológicas ubicadas en el área de influencia del Proyecto

Número	Nombre	Elevación (m)	Latitud	Longitud	Fecha Inicio	Fecha Final
124-001	TONOSI	15	7° 23' 00"	80° 27' 00"	01/01/1924	01/05/1997
124-002	LA LLANA	60	7° 30' 07"	80° 33' 03"	01/09/1966	
124-005	EL CORTEZO	150	7° 25' 00"	80° 38' 00"	01/04/1974	01/03/2000
124-006	ALTOS DE GUERA	220	7° 33' 00"	80° 37' 00"	01/04/1974	30/12/1998
124-007	CERRO QUEMA	377	7° 35' 51"	80° 28' 26"	30/10/2006	
124-008	GUERA	0	9° 29' 07"	80° 33' 08"	26/03/2014	
126-001	LAS TABLAS	43	7° 46' 00"	80° 17' 00"	01/07/1958	01/12/1998
126-002	POCRI	70	7° 39' 43"	80° 07' 08"	01/07/1970	
126-005	PEDASI	47	7° 31' 37"	80° 01' 25"	01/06/1967	
126-006	LA PALMA	39	7° 42' 00"	80° 12' 00"	01/12/1966	01/12/1998
126-007	LAS CRUCES	84	7° 49' 00"	80° 26' 00"	01/12/1966	01/12/1998
126-008	LOS ANGELES	32	7° 53' 00"	80° 21' 00"	01/12/1966	01/03/2000
126-009	LAS TRANCAS	150	7° 44' 00"	80° 22' 00"	01/09/1967	01/03/2000
126-010	VALLE RICO	173	7° 37' 23"	80° 21' 11"	01/06/1972	
126-011	LOS ASIENTOS	150	7° 31' 00"	80° 08' 00"	01/06/1972	01/12/1998
126-012	LA MIEL	220	7° 33' 00"	80° 20' 00"	01/06/1972	
126-013	EL CANAFISTULO	140	7° 37' 14"	80° 13' 55"	01/07/1972	

Número	Nombre	Elevación (m)	Latitud	Longitud	Fecha Inicio	Fecha Final
126-015	CANAS	8	7° 26' 55"	80° 15' 46"	01/04/1974	
126-016	EL EJIDO	30	7° 55' 00"	80° 23' 00"	01/10/1976	01/12/1998
128-001	LOS SANTOS	16	7° 56' 27"	80° 25' 03"	01/10/1964	
128-002	ATALAYITA	20	7° 52' 00"	80° 32' 00"	01/12/1964	01/12/1976
128-003	LAS MINAS	350	7° 47' 00"	80° 44' 00"	01/09/1959	01/03/2000
128-004	MACARACAS	111	7° 44' 00"	80° 33' 00"	01/05/1955	31/05/2013
128-005	LA MESA DE MACARACAS	180	7° 38' 00"	80° 37' 00"	01/05/1959	01/12/1998
128-006	LOS POZOS	260	7° 47' 00"	80° 39' 00"	01/03/1967	01/12/1998
128-010	PESE	80	7° 54' 00"	80° 37' 00"	01/07/1972	
128-011	LLANO DE PIEDRA	150	7° 39' 00"	80° 34' 00"	01/08/1972	01/03/2000
128-012	PITALOZA ARRIBA	380	7° 38' 00"	80° 40' 00"	01/11/1972	01/03/2000
128-016	PAN DE AZUCAR	250	7° 44' 00"	80° 42' 00"	01/04/1977	

Del listado de estaciones presentado en la Tabla.6.5-1, a continuación se describe con mayor detalle aquellas que aportan información específica para los diferentes análisis climatológicos para la descripción del área del Proyecto.

6.5.5.1.1 Estaciones meteorológicas ubicadas en la Cuenca No. 124 del Río Tonosí

La cuenca del río Tonosí, en la provincia de Los Santos, se encuentra localizada en la vertiente del Pacífico panameño. El punto más elevado de esta cuenca es el Cerro Quema, ubicado al noreste con una elevación de 950 msnm. La cuenca tiene un área de drenaje de 716.8 km² hasta la desembocadura en el océano Pacífico; el río Tonosí posee una longitud de 91 km y la elevación media de la cuenca es de 160 msnm.

La cuenca del río Tonosí, registra una precipitación media anual de 2,606 msnm; asimismo presenta una distribución espacial heterogénea de la lluvia entre los 2,000 mm y los 2,400 mm. De acuerdo con los datos registrados por las diferentes estaciones de la cuenca, se observa un núcleo ubicado en la zona oeste, el cual presenta precipitaciones entre 2,800 mm y 3,200 mm. A partir de estos valores, las precipitaciones varían descendiendo desde el interior de la cuenca hacia el litoral, llegando a alcanzar valores de 2,000 mm. En lo que se refiere al régimen de lluvia, el

92% ocurre entre los meses de mayo a noviembre y el 8% restante se registra entre los meses de diciembre a abril.

Las estaciones meteorológicas de la cuenca No.124 del río Tonosí, que se han considerado inicialmente para este estudio son las siguientes:

6.5.5.1.1.1 *Estación Tonosí 124-001*

Se encuentra localizada en el extremo sureste de la cuenca del río Tonosí a una elevación de 15 msnm. Para el período de precipitación anual de 1,924 a 1,992 se obtiene un promedio de 2,013.1 mm. Esta estación además de la lluvia registra otros parámetros, tales como temperatura y humedad.

6.5.5.1.1.2 *Estación La Llana 124-002*

Se trata de una estación tipo pluviométrica ubicada aproximadamente a 7 km de Cerro Quema, en el noroeste de la cuenca del río Tonosí, a una elevación de 60 msnm. Evaluando el período de precipitación anual de 1,967 a 1,990, da un promedio 2,551.6 mm.

6.5.5.1.1.3 *Estación Altos de Güera 124-006*

Es una estación tipo pluviométrica ubicada a 12 km de Cerro Quema, en la parte norte de la cuenca del río Tonosí, a una elevación de 220 msnm. El promedio para el período de precipitación anual de 1,975 a 1,991, es de 2,101.5 mm.

6.5.5.1.2 Estaciones meteorológicas ubicadas dentro de la Cuenca No. 128 del Río La Villa

La cuenca del río La Villa se localiza en la península de Azuero, entre las provincias de Herrera y Los Santos en la vertiente del Pacífico. El área de drenaje total de la cuenca comprendida hasta su desembocadura en el golfo de Parita, es de 1,284.3 km². La longitud del río principal, La Villa, es de 125 km. La elevación media de la cuenca es de 135 msnm y su punto más alto se encuentra en el cerro Cacarañado, situado en el suroeste de la cuenca con una elevación máxima de 997 msnm.

Los principales afluentes del río La Villa son los ríos Estibaná, el Gato, Tebario y Esquiguita. El río La Villa es la principal fuente de agua de la Península de Azuero.

Sus aguas se utilizan principalmente para consumo doméstico, uso industrial y riego. La disponibilidad del recurso agua es limitada debido a que la cuenca está ubicada en una de las regiones más secas del país.

Las estaciones meteorológicas de esta cuenca que se han considerado para este estudio son las siguientes:

6.5.5.1.2.1 *Estación Llano de Piedra 128-011*

Se trata de una estación meteorológica de tipo pluviométrica, que está ubicada aproximadamente a 10 km de la estación Cerro Quema, al sur de la cuenca del río La Villa, a una elevación de 150 msnm. Al evaluar el período de precipitación anual de 1,974 a 1,991, se obtiene un promedio 1,782.5 mm.

6.5.5.1.2.2 *Estación Pitaloza Arriba 128-012*

Es una estación meteorológica de tipo pluviométrica, ubicada a 17 km del Cerro Quema, al sur de la cuenca del río La Villa. Esta estación se ubica a una elevación de 380 msnm. Para el período de precipitación anual de 1,973 a 1,991, se obtiene un promedio 2,091.5 mm.

6.5.5.1.3 Estaciones meteorológicas ubicadas en la Cuenca No.126 de los ríos entre el Río Tonosí (124) y el Río La Villa (128)

Esta cuenca se localiza en la provincia de Los Santos en la vertiente del Pacífico. Comprende el territorio situado entre los ríos Tonosí y La Villa. El área de drenaje total de la cuenca es de 2,170 km² y la longitud del río Guararé es de 45 km. La elevación media de la cuenca es de 75 msnm y el punto más alto se encuentra en el cerro Canajagua, ubicado al oeste de la cuenca, con una elevación máxima de 830 msnm.

La estación meteorológica de esta cuenca que se ha considerado para este estudio es la siguiente:

6.5.5.1.3.1 *Estación La Miel 126-012*

Se trata de una estación meteorológica de tipo pluviométrica, ubicada a 20 km de Cerro Quema, en el suroeste de la cuenca, a una elevación de 220 msnm. Evaluando el periodo de precipitación anual de 1,973 a 1,991, da un promedio 1,801.0 mm.

6.5.5.2 Características climatológicas

6.5.5.2.1 Nivel nacional

Las características climatológicas de Panamá son propias de clima tropical ya que de acuerdo a la posición geográfica del país, éste se encuentra a bajas latitudes, muy cercanas al Ecuador, por lo cual queda sometido a intensas radiaciones durante el día (seis horas aproximadamente), con temperaturas medias anuales que oscilan entre 14°C y 27° C. La evaporación media anual del país es de aproximadamente 1,700 mm y la humedad relativa promedio es de 75%. Estas condiciones son propicias para la formación de grandes nubes de desarrollo vertical que originan lluvias abundantes. Las lluvias son de tipo convectivas u orográficas, debido a la presencia de altas montañas.

El régimen de lluvias del país está determinado por el paso de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCI), que define las dos temporadas climáticas que ocurren en Panamá, la temporada seca y la temporada húmeda. Cuando la ZCI se encuentra en el sur del país se genera la temporada seca, lo cual en promedio ocurre entre los meses de diciembre a abril. Sin embargo, cuando la ZCI se encuentra en el norte del país se genera la temporada húmeda, lo cual ocurre en el mes de mayo. Luego, se experimenta un segundo periodo seco, generalmente entre los meses de junio y julio; mientras que en el mes de septiembre, la ZCI empieza a retornar nuevamente hacia el sur, produciendo las más fuertes precipitaciones en los meses de octubre y noviembre.

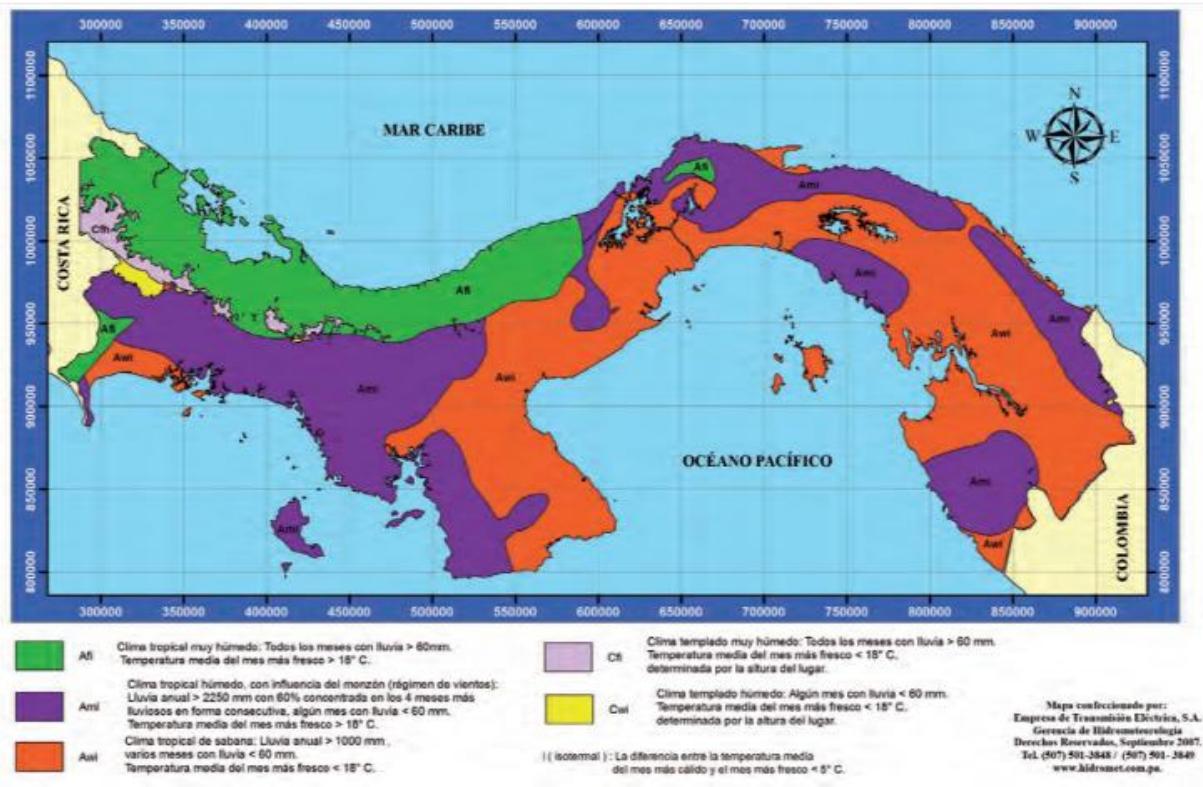
En la Península de Azuero, en donde se encuentra el área de interés de este estudio, al igual que en todo el país, se distinguen dos estaciones, la seca y la húmeda. La primera de ellas, la seca, se extiende desde finales de noviembre hasta inicios de mayo, y la húmeda, desde mayo hasta noviembre, con menor intensidad que en el

resto del país. La costa oriental de la península de Azuero es la región más seca de Panamá y suele sufrir prolongadas sequías.

Según la clasificación climática de Köppen (Figura 6.5-1), en el territorio panameño predomina el clima tropical húmedo, que se extiende a través del istmo y abarca gran parte de la costa del Pacífico el cual se caracteriza por presentar precipitaciones mayores de 2,500 mm al año.

Por otro lado, el clima tropical de sabana (Aw), de la clasificación climática de Köppen, extendido a todo lo largo del arco del pacífico, incluyendo la región de Azuero y otras, se caracteriza por presentar precipitaciones anuales menores a los 2,500 mm y una estación seca prolongada, influida por los vientos del océano Pacífico que chocan contra las montañas. Tal es el caso del área circundante al Proyecto, y por la corriente de Humboldt. En este tipo de clima se desarrollan las plantas tropicales cuyos requerimientos son de mucho calor y humedad.

Figura 6.5-1: Mapa de clasificación climática de Panamá, según Köppen



6.5.5.2.2 Nivel regional

En las tierras bajas de la Península de Azuero, se encuentra el bosque seco o selva tropófila, altamente intervenida y alternada con extensas sabanas; sin embargo, en áreas como el Canajagua, El Montuoso, Cerro Hoya y otros puntos relativamente elevados, se presenta el clima tropical húmedo modificado por la altitud.

De los registros de temperatura en las estaciones de ETESA, resulta que la provincia de Los Santos se caracteriza por tener temperaturas que oscilan entre 23°C y 32°C en la zona de costa, con mínimas de 14°C en la región montañosa, como es el caso del Cerro Quema. Las precipitaciones registradas en las estaciones meteorológicas se sitúan en un margen superior a 1,700 mm anuales, aumentando los valores en las zonas montañosas hasta los 4,000 mm, lo que permite la presencia bosques nublados, como es el caso de Cerro Quema.

6.5.5.2.3 Nivel local

Cerro Quema se caracteriza por tener un clima Tropical de Sabana, con una precipitación anual mayor a 1,000 mm, con varios meses con lluvia menor a los 60 mm, y una temperatura media del mes más fresco menor a 18°C. Respecto al área del Proyecto, las temperaturas en las zonas altas alcanzan mínimos puntuales, en ciertas horas de la noche, de 14°C (Tabla 6.5-2).

Tabla 6.5-2: Precipitaciones y temperaturas promedio mensuales históricas del área del Proyecto

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura máxima media (°C)	33.6	34.1	34.8	35.4	35.4	34.4	34.0	34.3	34.0	33.8	33.5	33.3	35.4
Temperatura mínima media (°C)	18.8	19.2	19.9	21.0	22.0	21.7	21.1	21.2	21.0	21.2	20.5	19.7	19.2
Precipitación total (mm)	12.1	0.7	3.7	21.1	111.2	137.3	96.6	123.2	161.6	224.8	126.9	46.6	1053.7

De la Tabla 6.5-2, se deduce que la temperatura media anual para la provincia de Los Santos es de 27.3°C, lo cual es superior a los 22°C que establece W. Köppen en su clasificación climática. Aunado a esto, la información de precipitación calculada para el

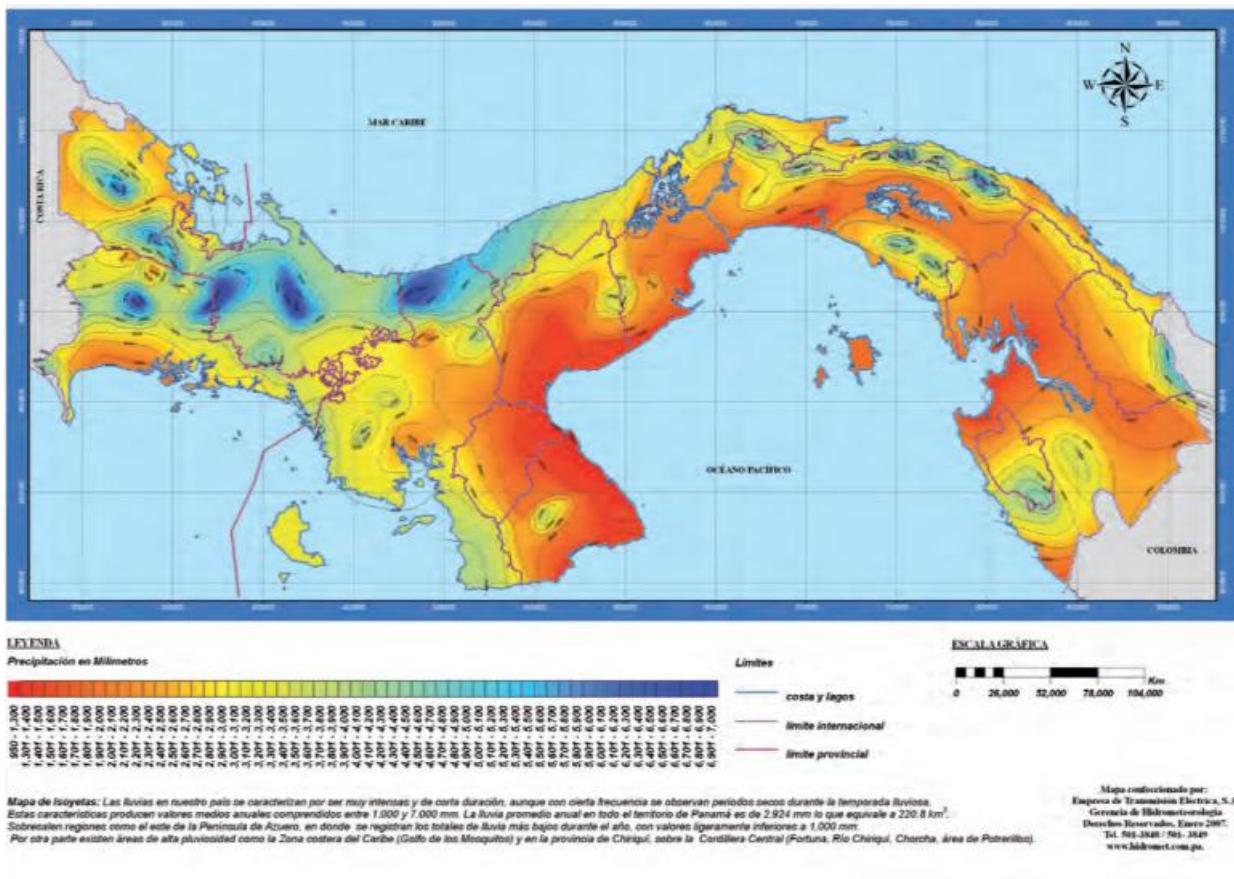
sitio de Cerro Quema, para años húmedos, oscilan entre 2,449.4 mm y 1,733.3 mm, con una precipitación promedio anual de 2,008 mm, lo que confirma que al área del Cerro Quema le corresponde un clima tropical de sabana que se caracteriza por precipitaciones anuales menores a los 2,500 mm y una estación seca prolongada, fuertemente influido por los vientos del océano Pacífico que chocan contra las montañas del Cerro Quema, por la corriente de Humboldt.

6.5.5.3 Parámetros climáticos en el área del Proyecto

6.5.5.3.1 Precipitación

La Figura 6.5-3, muestra la representación espacial de la lluvia media anual en la República de Panamá. De la misma figura se desprende que los mayores acumulados anuales de lluvia se registran en la vertiente del Caribe panameño con 4,500 mm por año en las zonas costeras y 6,900 mm por año en las regiones montañosas de Bocas del Toro, Chiriquí y el norte de Veraguas. Los valores más bajos ocurren en la región conocida como Arco Seco de Azuero que abarca las provincias de Herrera, Los Santos y Coclé. Estos valores oscilan entre 950 y 2,000 mm al año.

Figura 6.5-2: Mapa de isoyetas anuales, período 1971-2002



De la Figura 6.5-3 se deduce que en Azuero, donde se encuentra el Proyecto, la lluvia presenta valores bajos en relación al resto del país, estos oscilan entre 1,500 y 2,500 mm por año.

Con el objetivo de caracterizar del clima en el área del Proyecto, se han seleccionado cinco estaciones meteorológicas en las diferentes cuencas situadas cerca del Proyecto. Para seleccionar estas estaciones se tomaron criterios como la cercanía al Proyecto, la densidad de las series y su consistencia.

Este análisis se inicia con una revisión de las precipitaciones registradas en las estaciones meteorológicas para determinar las mismas dentro del área de interés. La metodología utilizada para definir la lluvia en el sitio de Cerro Quema, es de doble acumulada.

A continuación, se presenta la Tabla 6.5-3 con la lista de las estaciones meteorológicas seleccionadas para realizar los análisis de clima.

Tabla 6.5-3: Estaciones meteorológicas utilizadas para los análisis de clima

Número	Nombre	Coordinadas	Elevación	Tipo
124-002	La Llana	7°30' N 80°33' O	60 msnm	Pluviómetro
126-012	La Miel	7°33' N 80°20' O	220 msnm	Pluviómetro
128-011	Llano de Piedra	7°39' N 80°34' O	150 msnm	Pluviógrafo
S/N	MCQSA / HOBO	7°33'26.37"N 80°30'43.55"E	540 msnm	Tipo A-completa

Fuente: Sitio web de la Gerencia de Hidrometeorología de ETESA y Estación propiedad de Minera Cerro Quema

6.5.5.3.1.1 *Precipitaciones en Cerro Quema vs La Llana*

Los valores de precipitaciones mensuales promedios obtenidos para el sitio de Cerro Quema, fueron comparados con los datos de precipitaciones mensuales promedios registrados en la estación meteorológica La Llana, mediante el método de la doble acumulada, estos datos utilizados para el análisis corresponden para la estación La Llana al periodo 1,967-1,997. Para Cerro Quema, los datos de precipitaciones mensuales promedios utilizados corresponden a los valores de precipitaciones mensuales promedios corregidos, cuyos datos fueron registrados en el sitio en la

estación de Cerro Quema, para el periodo 1994, 1996 y 2011, estos datos se presentan en la Tabla 6.5-4.

Los datos de la estación La Llana corresponden al promedio mensual para el periodo de 1,967-1,997, datos que también se presentan en la Tabla 6.5-4 y Gráfico 6.5-1. Los datos de Cerro Quema son ajustados, es decir se ajustaron con los datos de la Llana y La Miel, de acuerdo al estudio de Factibilidad para el diseño de Taludes de Pozos, presentado por Golder Associates Inc., en enero de 2014 (Anexo 6.5-1). Es importante destacar que de acuerdo a las estimaciones utilizando la lluvia de la Llana y la Miel, el total anual de lluvia para Cerro Quema es de aproximadamente 1,852 mm/año.

Tabla 6.5-4: Precipitaciones promedio mensuales en las estaciones meteorológicas La Llana y Cerro Quema

Estaciones	Precipitación (mm)												TOTAL (mm)
	Ene	Feb.	Mar	Abr.	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
La Llana (mm)	18.3	4.2	15.8	65.7	272.0	348.5	256.8	334.3	382.4	446.2	295.0	89.2	2528.4
MCQSA/HOBO (mm)	14.0	5.6	10.8	50.7	200.1	237.9	201.9	251.8	273.4	309.0	228.0	69.6	1852.7

Fuente: Estudio preliminar de Factibilidad para el diseño de Taludes de Pozos. Enero de 2014

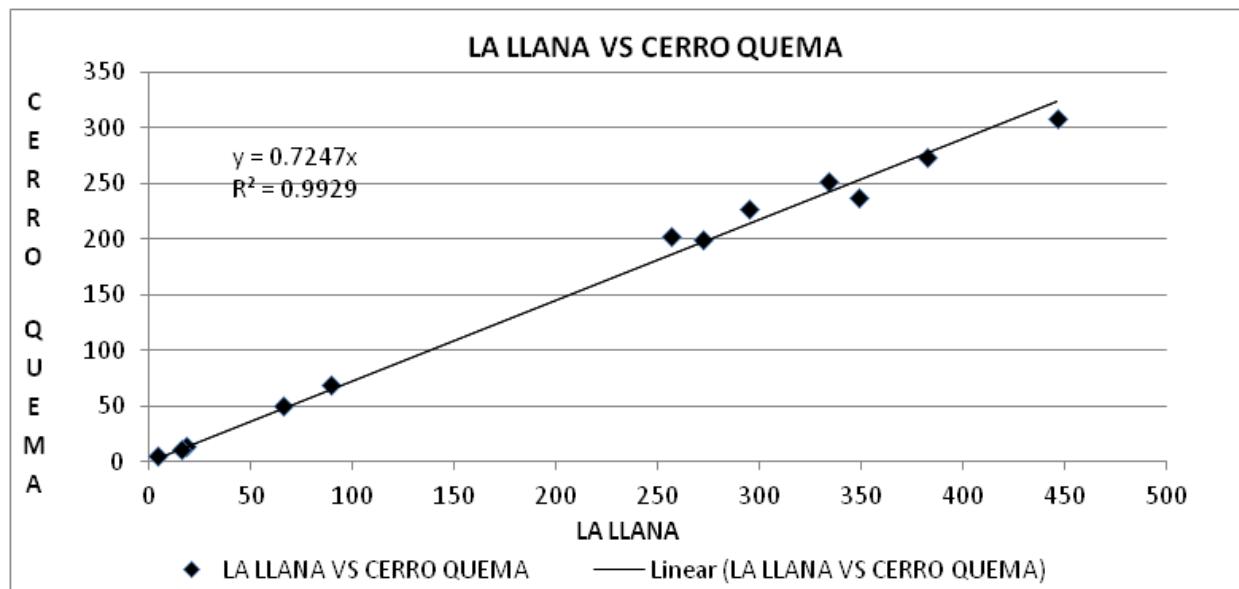


Gráfico 6.5-1: Análisis de correlación de doble acumulada de la lluvia en La Llana y Cerro Quema

La doble acumulada establece que existe entre ambos sitios una correlación con un alto coeficiente de determinación R² (correlación al cuadrado) de 0.9964, el cual sugiere que hay una correlación fuerte entre ambas estaciones. En promedio, hay aproximadamente un 27.53% menos de precipitación en Cerro Quema en comparación con la estación La Llana. Por lo tanto, los datos de precipitación mensual de Cerro Quema se obtienen multiplicando la data de La Llana por 0.7247.

6.5.5.3.1.2 *Precipitaciones en Cerro Quema vs La Miel*

Los valores de precipitaciones mensuales promedios obtenidos para el sitio de Cerro Quema, fueron comparados con los datos de precipitaciones mensuales promedios registrados en la estación meteorológica La Miel, mediante el método de doble acumulada. Los datos para la estación La Miel, corresponden al periodo 1,972-1,997. Para Cerro Quema, los datos de precipitaciones mensuales promedios utilizados corresponden a los valores de precipitaciones mensuales promedios ajustados, cuyos datos fueron registrados en el sitio en la estación de Cerro Quema, para el periodo 1,994; 1,996 y 2,011. Estos datos se presentan en la Tabla 6.5-5 y Gráfico 6.5-2. Los datos de la estación La Miel corresponden al promedio mensual para el periodo de 1,972-1,997, datos mensuales que también aparecen en la misma tabla antes citada.

Tabla 6.5-5: Precipitaciones promedio mensuales en las estaciones La Miel y Cerro Quema

Estaciones	Precipitación (mm)												TOTAL (mm)
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
La Miel (mm)	9.7	1.3	4.3	35.7	173.3	215.3	211.7	227.5	271.9	334.5	214.0	68.3	1767.5
MCQSA/HOBO (mm)	14.0	5.6	10.8	50.7	200.1	237.9	201.9	251.8	273.4	309.0	228.0	69.6	1852.7

Fuente: Estudio preliminar de Factibilidad para el diseño de Taludes de Pozos. Enero de 2014

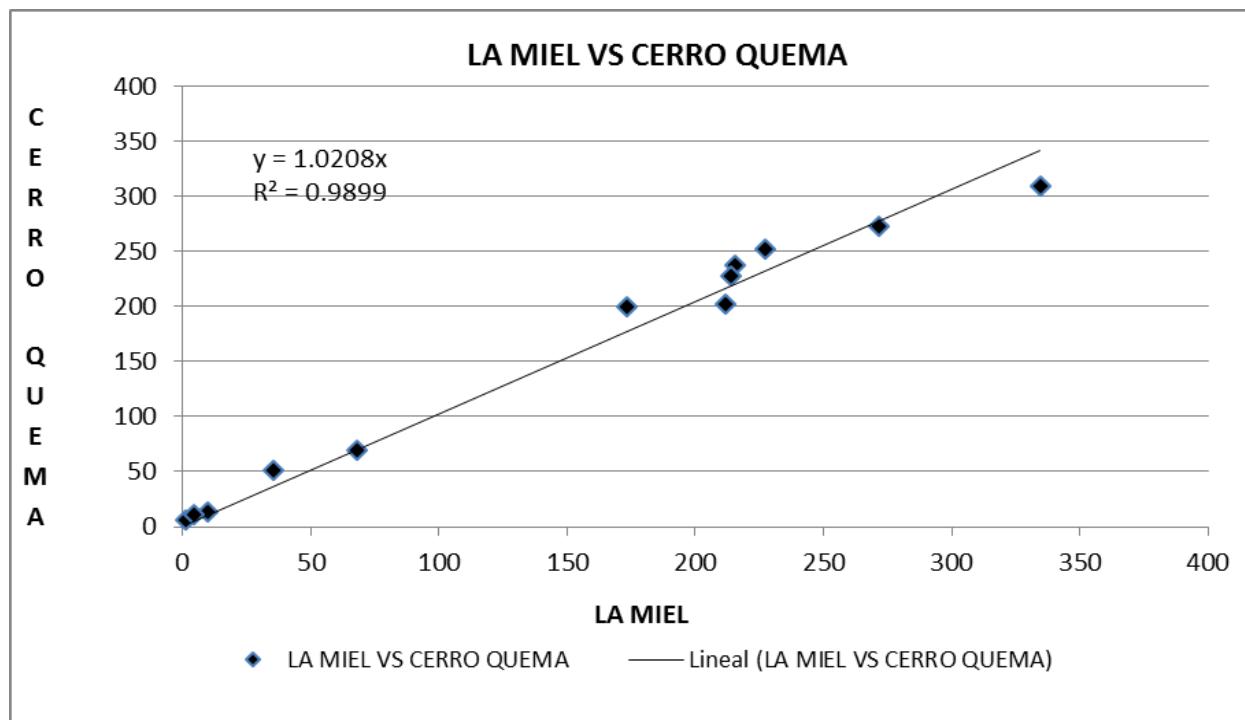


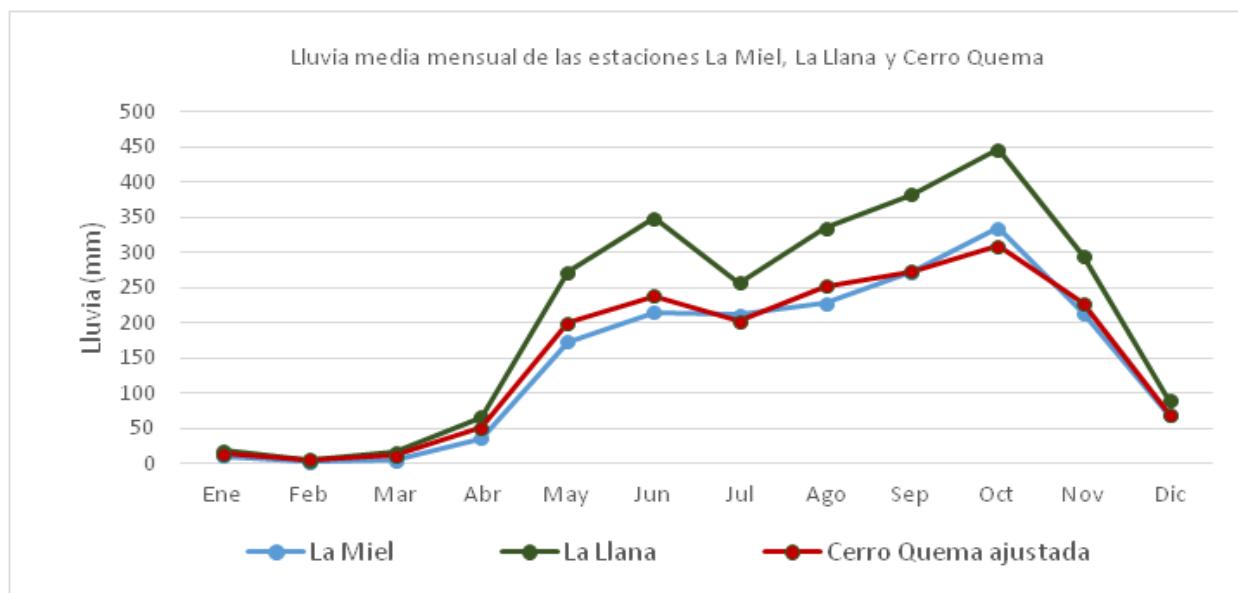
Gráfico 6.5-2: Análisis de la correlación de doble acumulada de la lluvia en la Miel y Cerro Quema

La doble acumulada establece que existe entre ambos sitios, una correlación con un alto coeficiente de determinación R^2 (correlación al cuadrado) de 0.9899, el cual sugiere que hay una correlación fuerte entre ambas estaciones. En promedio, hay aproximadamente un 2.08% más de precipitación en Cerro Quema en comparación con la estación La Miel. Por tanto, se obtuvieron datos de precipitación mensual para Cerro Quema multiplicando la data de La Miel por 1.0208.

Tabla 6.5-6: Precipitación media mensual en las estaciones La Miel, La Llana y Cerro Quema

Estaciones	Precipitación (mm)												TOTAL (mm)
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
La Miel (mm)	9.7	1.3	4.3	35.7	173.3	215.3	211.7	227.5	271.9	334.5	214.0	68.3	1767.5
La Llana (mm)	18.3	4.2	15.8	65.7	272.0	348.5	256.8	334.3	382.4	446.2	295.0	89.2	2528.4
MCQSA/HOBO (mm)	14.0	5.6	10.8	50.7	200.1	237.9	201.9	251.8	273.4	309.0	228.0	69.6	1852.7

Fuente: Estudio preliminar de Factibilidad para el diseño de Taludes de Pozos. Enero de 2014



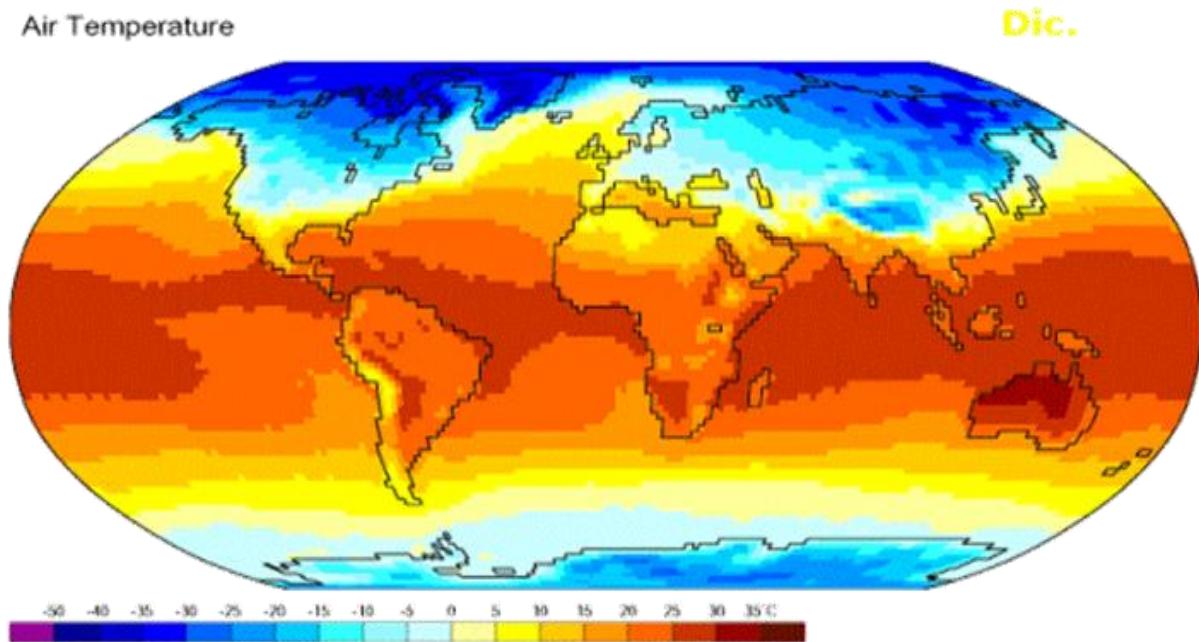
Fuente: SLP, Julio 2014

Gráfico 6.5-3: Comparación de la lluvia media mensual en las estaciones La Miel, La Llana y Cerro Quema

En el Gráfico 6.5-3 se representa la lluvia de las dos estaciones con datos observados en La Miel y La Llana y los datos estimados para Cerro Quema. Ésta última, se ha representado en rojo. Tal como surgió del análisis de doble masa, se puede apreciar que la lluvia en Cerro Quema es 2.08% superior a la lluvia de la estación La Miel y 27.53% menos que en la estación La Llana.

6.5.5.3.2 Temperatura

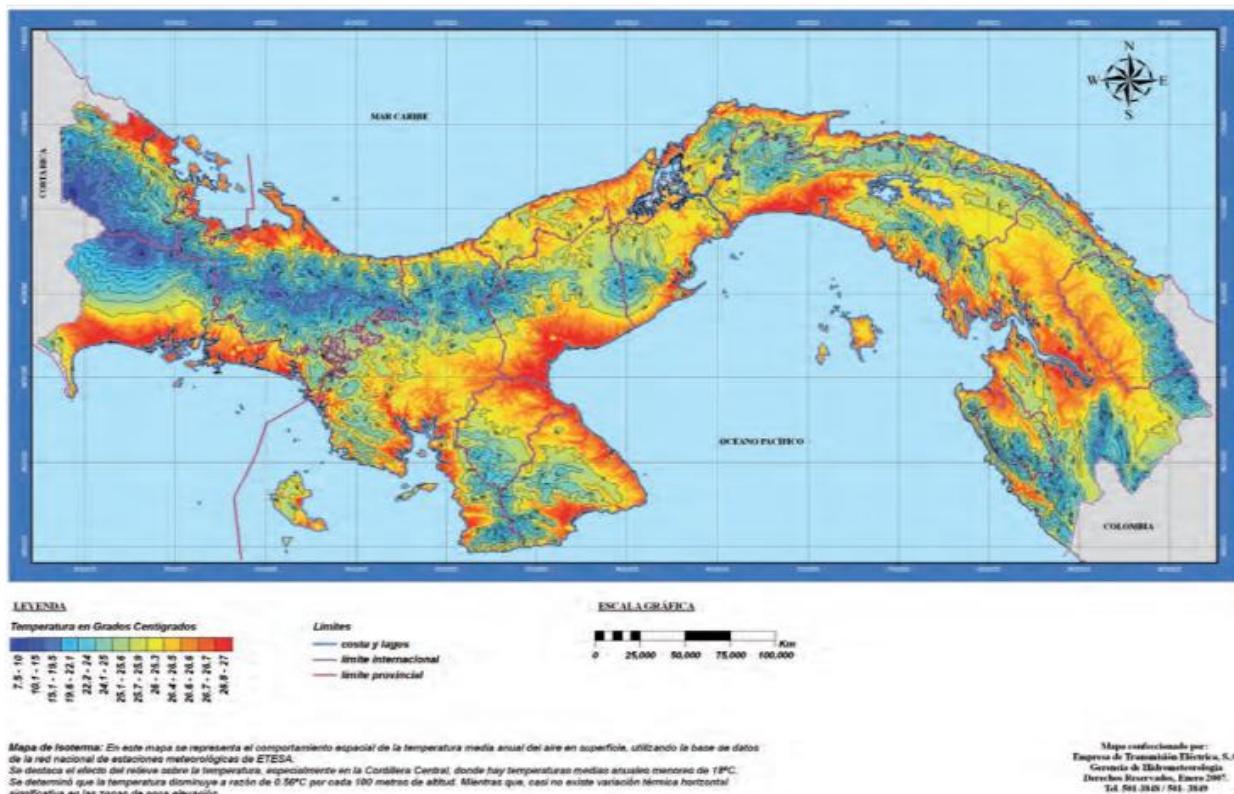
La temperatura del aire es muy importante por ser ésta y sus variaciones la causa inicial de un gran número de fenómenos meteorológicos (Figura 6.5-4).



Fuente: NCEP/NCAR Reanalysis Project, 1959-1997

Figura 6.5-3: Distribución espacial de la temperatura a nivel global

De acuerdo al mapa de Isotermas de la República de Panamá (Figura 6.5-5), se destaca la zona de Azuero con temperaturas media a elevadas entre los 26 y 27°C.



Fuente: Sitio web de la Gerencia de Hidrometeorología, <http://www.hidromet.com.pa/mapas.php> (Año, 2007)

Figura 6.5-4: Isotermas anuales para la República de Panamá, período 1972-2002

En el área del Proyecto se pueden apreciar los cambios estacionales de la temperatura máxima, mínima y media, presentado en la Tabla. 6.5-7. En la misma tabla se puede apreciar que los meses de marzo y abril presentan las temperaturas máximas promedio más altas con media de 35.4°C y que noviembre y diciembre presentan las máximas promedios más bajas con 33.5 y 33.3°C, respectivamente. En cuanto a las mínimas promedio podemos notar que los meses con noches más cálidas son mayo y junio con 22 y 21.7°C, respectivamente y que los meses de enero y febrero presentan las noches más frescas con 18.8 y 19.2°C, respectivamente. De los valores indicados se induce que el comportamiento de la temperatura está fuertemente asociado al comportamiento de la lluvia.

**Tabla 6.5-7: Temperaturas promedio mensuales del área del Proyecto**

Rango de temperatura	Temperatura (°C)												Promedio Anual (°C)
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Temperatura Máxima media (°C)	33.6	34.1	34.8	35.4	35.4	34.4	34	34.3	34	33.8	33.5	33.3	35.4
Temperatura Media (°C)	26.2	26.7	27.4	28.2	28.7	28.1	27.6	27.8	27.5	27.5	27	26.5	27.3
Temperatura Mínima media (°C)	18.8	19.2	19.9	21	22	21.7	21.1	21.2	21	21.2	20.5	19.7	19.2

Fuente: Estudio preliminar de Factibilidad para el diseño de Taludes de Pozos. Enero de 2014

La Tabla. 6.5-8, presenta los datos de temperatura media mensual calculados con la ecuación altotérmica para el sitio de interés, para ello se aplicaron las siguientes alturas 200, 900 y 950 msnm. Las ecuaciones altotérmicas fueron derivadas para Panamá para cada mes del año y para las dos vertientes. En este caso, se utilizan las ecuaciones definidas para la vertiente del Pacífico.

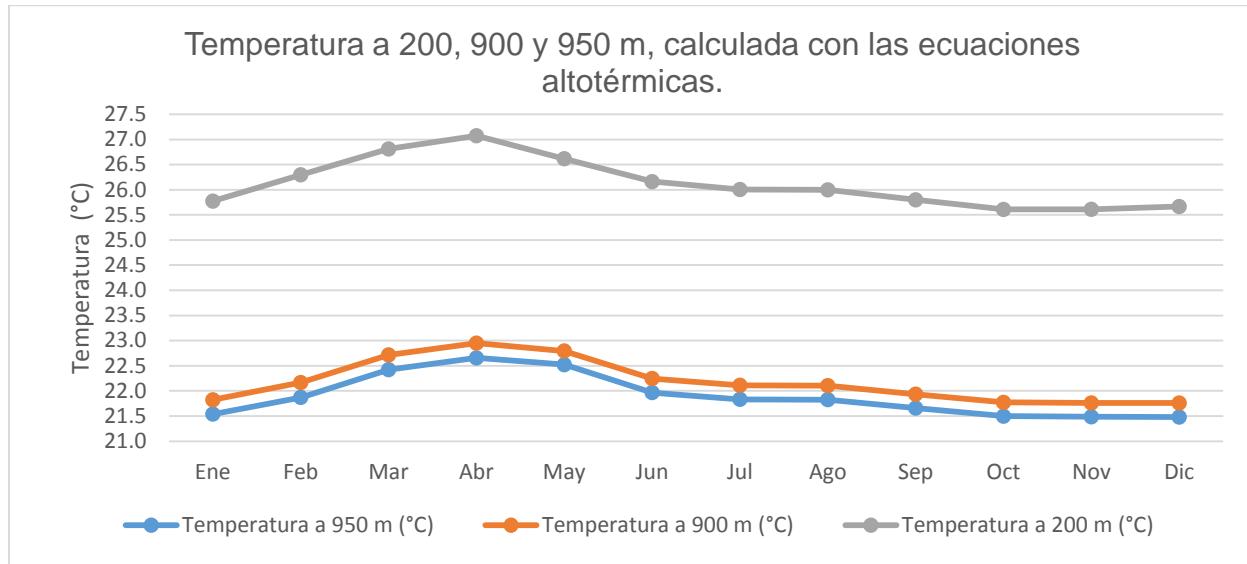
Tabla 6.5-8: Temperatura media mensual, calculada de acuerdo a la ecuación altotérmica para sitios ubicados a las elevaciones de 200, 900 y 950 msnm

Elevación	Temperatura (°C)												Promedio Anual (°C)
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Temperatura a 950 msnm (°C)	21.5	21.9	22.4	22.7	22.5	22.0	21.8	21.8	21.7	21.5	21.5	21.5	21.9
Temperatura a 900 msnm (°C)	21.8	22.2	22.7	23.0	22.8	22.2	22.1	22.1	21.9	21.8	21.8	21.8	22.2
Temperatura a 200 msnm (°C)	25.8	26.3	26.8	27.1	26.6	26.2	26.0	26.0	25.8	25.6	25.6	25.7	26.1

Fuente: Las ecuaciones fueron tomadas del Balance Hídrico Superficial de la República de Panamá, 1971-2002.

Según lo registrado en la Tabla 6.5-8 y el Gráfico 6.5-4 que se muestra a continuación, la temperatura es una función de la altitud por lo que ésta es más baja en el sitio situado a 950 msnm y más alta en el sitio a 200 msnm. Nótese que los valores más altos se alcanzan en los meses de marzo a mayo, siendo abril el más caluroso con una temperatura media de 22.7°C. Los meses de temporada lluviosa presentan los valores más bajos, el valor calculado para octubre y fue de 21.5°C. La media anual es de

21.9°C para el sitio ubicado a 950 msnm, de 22.2°C para el sitio ubicado a 900 msnm y de 26.1°C para el sitio a 200 msnm.



Fuente: SLP; Julio 2014

Gráfico 6.5-4: Comparación de la temperatura calculada con la ecuación altotérmica para elevaciones de 200, 900 y 950 msnm

6.5.5.3.3 Brillo solar

La duración del brillo solar o heliofanía, representa el tiempo total en horas durante el cual incide luz solar directa sobre alguna localidad, entre el alba y el atardecer. El total de horas de brillo solar de un lugar es uno de los factores que determinan el clima de esa localidad (Gráfico 6.5-5).



Fuente: Gerencia de Hidrometeorología de ETESA (Año, 2007)

Gráfico 6.5-5: Distribución espacial del brillo solar en la República de Panamá

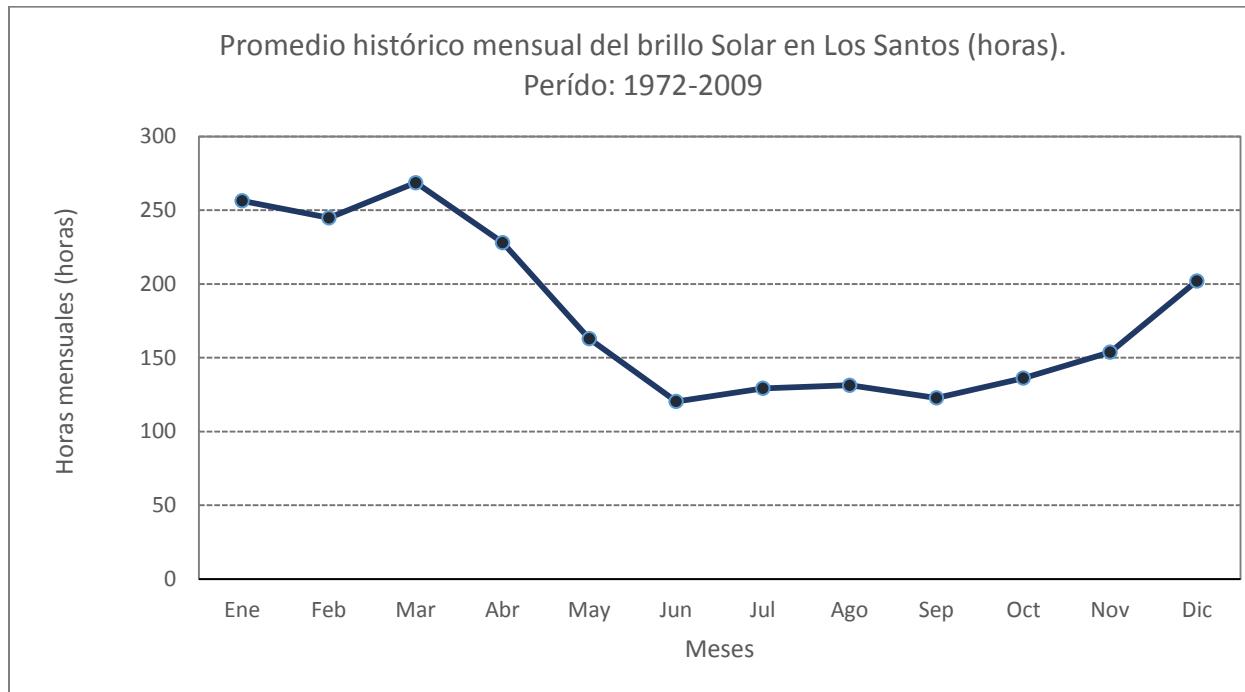
La Figura 6.5-5 representa la distribución espacial del promedio anual del número de horas de sol o de brillo solar en el territorio nacional. De acuerdo a dicha figura se puede indicar que sobre la vertiente del Pacífico se presentan los valores más altos de brillo solar.

En la Tabla 6.5-9 y Gráfico 6.5-6 se puede apreciar que la región de Azuero (estación Los Santos) presenta uno de los valores anuales más altos en la duración del brillo solar, este valor es superior a 2,000 horas al año.

Tabla 6.5-9: Promedio histórico del total mensual de brillo solar en la estación Los Santos, período 1972-2008

Brillo solar (Horas / mes)													Promedio Anual (horas)
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		
256	245	269	228	163	120	129	131	123	136	154	202	2,156.5	

Fuente: Sitio web de la Gerencia de Hidrometeorología de ETESA (Año, 1972-2008)



Fuente: SLP; Julio 2014

Gráfico 6.5-6: Promedio histórico del total mensual de brillo solar en la estación Los Santos, período 1972-2008

En la Tabla 6.5-9 y en el Gráfico 6.5-6, podemos observar que desde diciembre hasta abril se registran los valores más altos en horas de sol en la estación Los Santos, característica que obedece a la marcada diferencia entre la temporada seca y lluviosa. De esto se desprende que los valores más altos en horas de sol se registran en los meses de temporada seca y los más bajos, en los meses de temporada lluviosa. Marzo, mes representativo de la temporada seca, es el que registra los valores más altos de brillo solar con un valor de 2,68.6 horas al mes. En oposición, están los meses de la temporada lluviosa que presentan una disminución generalizada en la duración

del brillo solar en el país. La presencia de la Zona de Convergencia Intertropical genera los desarrollos nubosos y precipitaciones intensas que la caracterizan, lo que favorece la reducción del brillo solar en esta región.

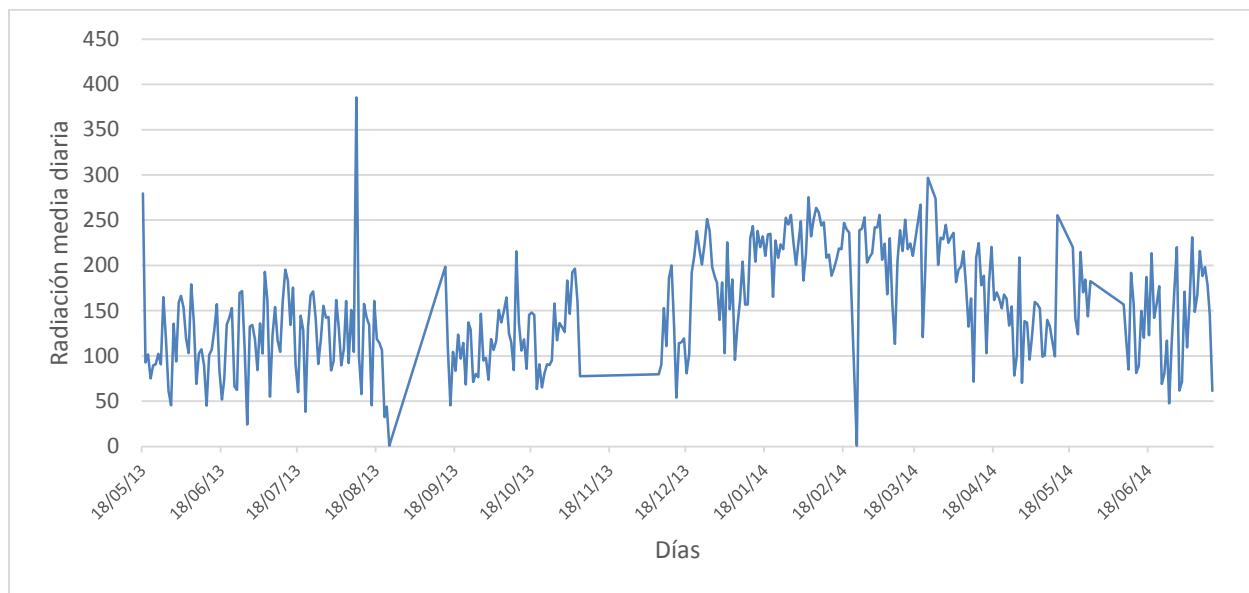
Tabla 6.5-10: Promedio histórico del total diario de brillo solar en la estación Los Santos, período 1972-2008

Brillo solar (Horas / día)												Promedio Anual (horas)
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
8.3	7.9	8.7	7.4	5.3	3.9	4.2	4.2	4	4.4	5	6.5	69.8

Fuente: Gerencia de Hidrometeorología de ETESA (Año, 1972-2008)

En la Tabla 6.5-10 se muestran los valores que representan el comportamiento promedio diario de brillo solar en la estación Los Santos, en la misma se puede notar que los meses de temporada seca registran los valores más altos, tal es el caso de diciembre a abril con 6.5, 8.3, 7.9, 8.7 y 7.4 horas al día de brillo solar, respectivamente. Este comportamiento es similar y se registra en todas las estaciones a lo largo del país.

Por otro lado, la radiación solar está fuertemente relacionada con las horas sol o brillo solar. En el Gráfico 6.5-7 se ha representado la radiación media diaria registrada en la estación La Llana, con datos correspondientes al período que va desde el 18 de mayo de 2,013 hasta junio de 2,014. Hay que tener en cuenta que es un período corto de lectura, con longitud de un año de datos pero suficiente para describir el comportamiento tanto de brillo solar y de radiación solar en un año con un comportamiento regular. Obsérvese que los valores más altos, se presentan en los meses de la temporada seca, desde enero de 2,013 y continúan desde enero de 2,014 y continúan hasta julio de mismo año. Este comportamiento confirma que la radiación solar está asociada fuertemente con el comportamiento de las horas de sol, ya que coinciden los meses con mayores valores en dichos parámetros.



Fuente: SLP; Julio 2014.

Gráfico 6.5-7: Radiación media diaria registrada en la estación N°4, desde el 18 de mayo de 2013 hasta junio de 2014

6.5.5.3.4 Evapotranspiración, evaporación y humedad relativa

El Balance Hídrico (publicado en 2007) que realizó la Gerencia de Hidrometeorología de ETESA con datos del período 1971-2002, muestra que el área de Azuero presenta valores entre 1,101 mm, en las partes más elevadas y 1,343 mm por año en las partes cercanas a las costas. De acuerdo a la Figura 6.5-6 en el área de Cerro Quema, la Evapotranspiración (ETP) se encuentra entre 1,196 y 1,260 milímetros en promedio por año.

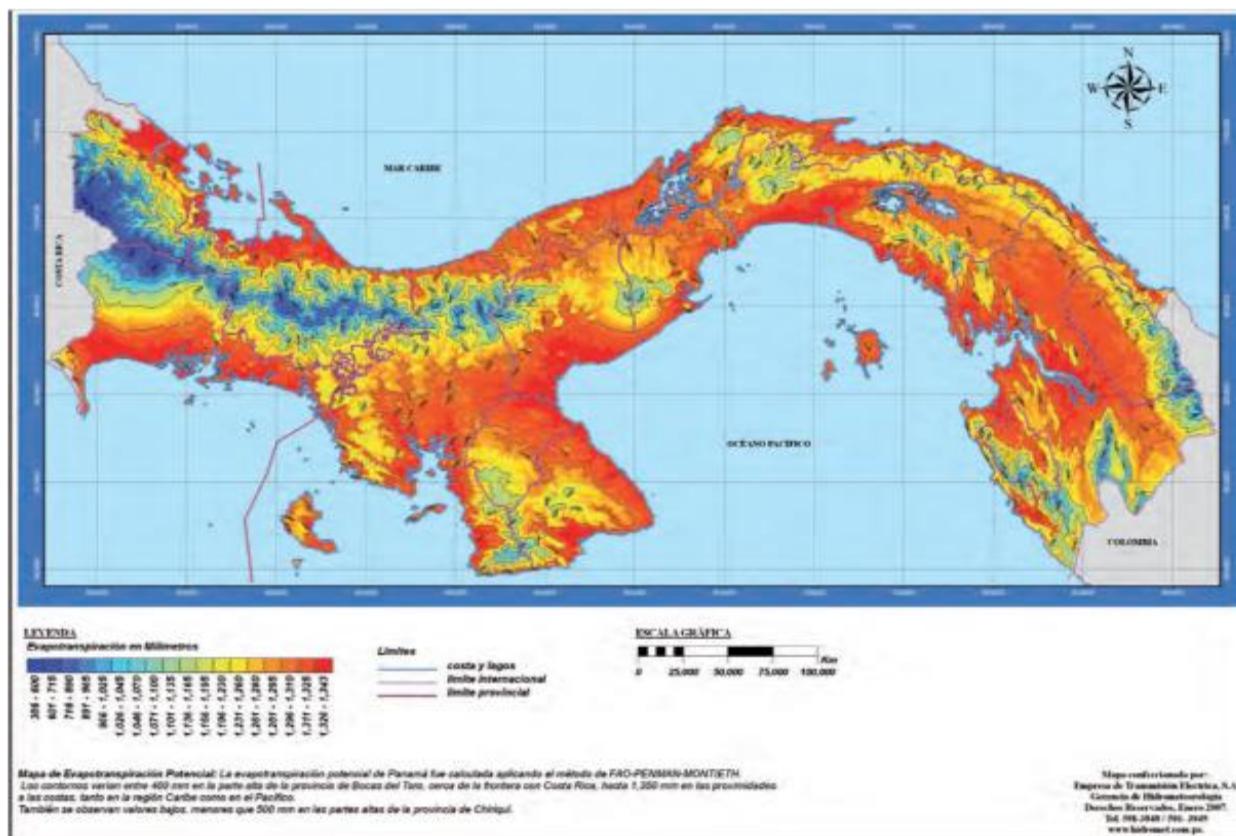



Tabla 6.5-11: Promedio histórico de la evaporación mensual en la estación Los Santos, período 1964-2014

Evaporación	Evaporación mensual (mm)												Promedio mensual (mm)	Promedio anual (mm)
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		
Promedio de la máxima (mm)	256.0	261.4	286.1	269.0	218.9	161.4	187.6	162.1	180.4	207.5	171.5	199.8	213.5	2561.7
Promedio de la media (mm)	196.2	211.2	245.0	219.2	151.3	101.4	105.2	104.6	97.5	96.5	99.6	143.2	147.6	1770.9
Promedio de la mínima (mm)	119.3	164.9	187.3	141.0	99.9	63.9	67.8	51.8	68.8	54.6	57.8	95.8	97.7	1172.9

Fuente: Sitio web de la Gerencia de Hidrometeorología de ETESA (Año, 1964-2014)

6.5.5.3.5 Humedad relativa

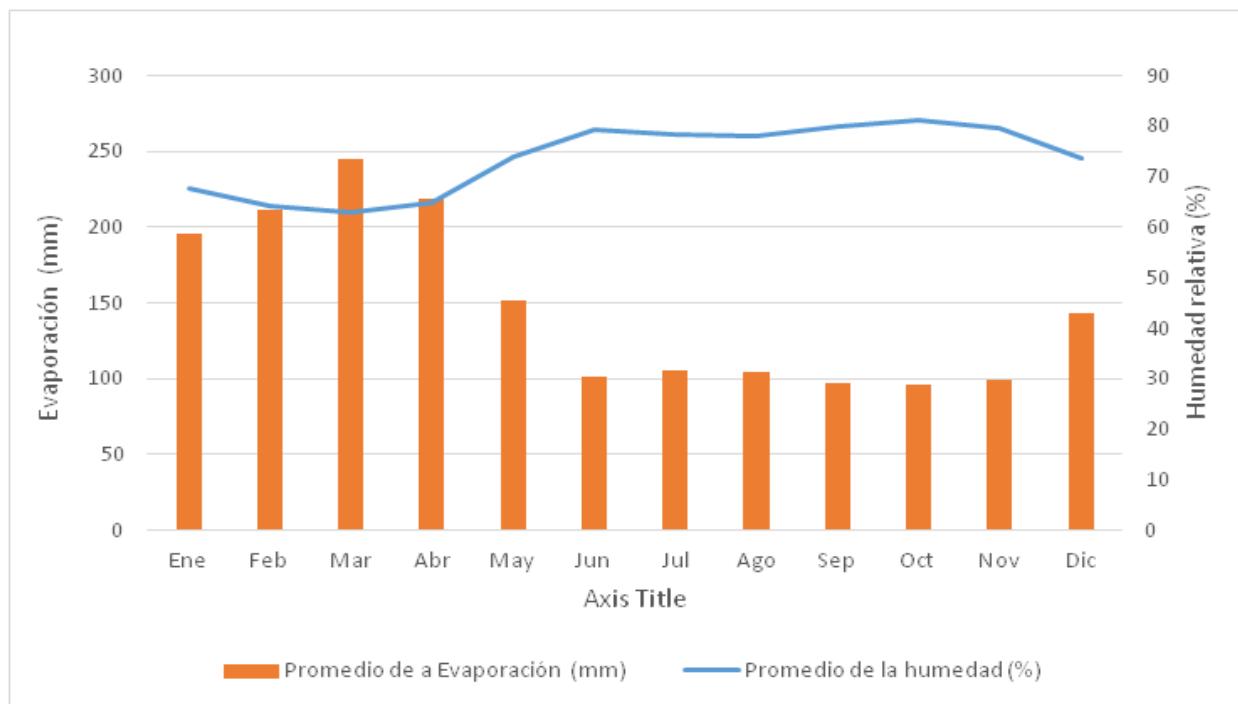
En la Tabla 6.5-12, se presenta el promedio histórico de la humedad relativa en la estación Los Santos, en la cual podemos observar que los valores de las máximas de humedad son valores bajos que no alcanzan el 90 % en ninguno de los meses de la temporada lluviosa. Esto y las elevadas temperaturas explican porque esta zona está dentro de los valores más altos del país en cuanto a evaporación. Obsérvese que el promedio anual de la humedad relativa máxima es de 81.5 % aproximadamente y la mínima es de 51.2 %.

Tabla 6.5-12: Promedio histórico de la humedad relativa en la estación Los Santos, período 1964-2014

Humedad	Humedad relativa (%)												Promedio Anual (%)
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Promedio de la máxima humedad (%)	78.4	72.8	71.8	75.4	82.9	85.9	85.1	85.1	86.6	86.6	85.5	81.7	81.5
Promedio de la humedad (%)	67.6	64.1	63.1	64.8	74.1	79.3	78.5	78.2	79.9	81.3	79.6	73.8	73.7
Promedio de la mínima humedad (%)	41.8	36.7	34.7	35.2	52.2	60.6	57.0	56.5	62.2	66.4	60.1	50.5	51.2

Fuente: Sitio web de la Gerencia de Hidrometeorología de ETESA (Año, 1964-2014)

En el Gráfico 6.5-8 se muestra el comportamiento estacional de la evaporación (mm) y la humedad relativa (%) media mensual en la estación Los Santos. La humedad relativa registra los valores más bajos en febrero, marzo y abril. Este comportamiento es opuesto a la evaporación que justamente en estos meses, registra los valores máximos en esta zona del país. Los meses de temporada lluviosa presentan los valores más bajos de evaporación y los más altos de humedad.



Fuente: SLP; Julio 2014

Gráfico 6.5-8: Evaporación y humedad relativa media mensual en la estación Los Santos, período 1964-2014

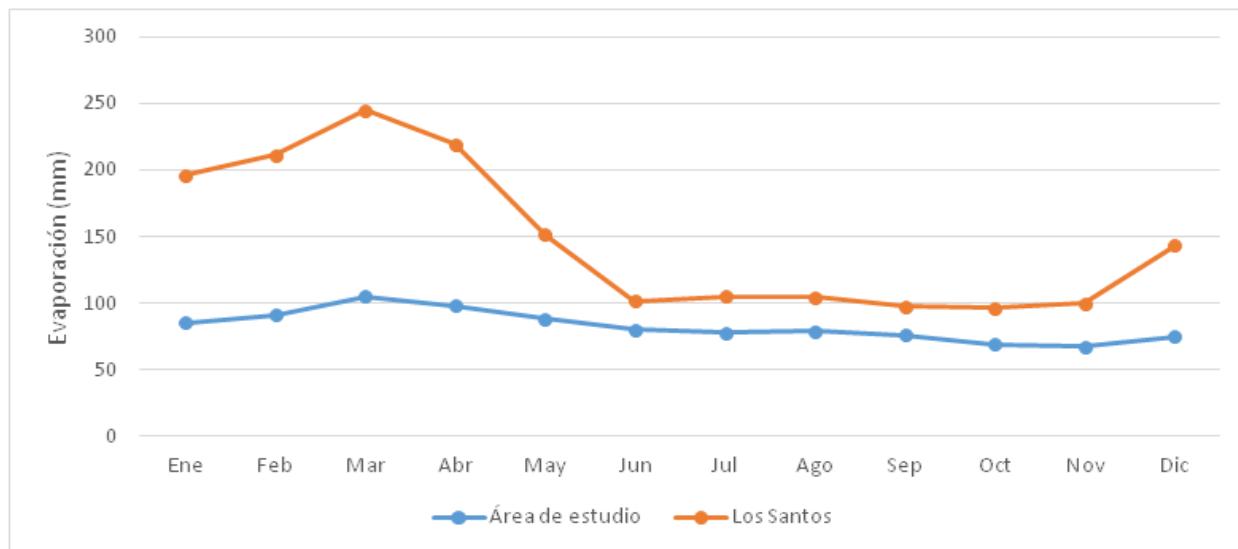
Teniendo en cuenta que las tasas mensuales promedio de evaporación efectiva no están disponibles para este sitio o para alguna estación meteorológica cercana que tenga un entorno geográfico similar, tal como la elevación y la ubicación respecto a la costa, se usaron las tasas de evaporación efectiva desarrolladas por Golder (2009). La Tabla 6.5-13 presenta las tasas de evaporación efectiva promedio por mes en la estación Los Santos y la calculada para el área del Proyecto. Nótese que la evaporación es menor en el área del Proyecto y mayor en la estación Los Santos, lo que se explica por la diferencia de temperatura y de elevación entre los dos lugares.

Tabla 6.5-13: Tasas de evaporación efectiva mensual promedio para el área del Proyecto y Los Santos

Estación	Evaporación mensual (mm)												Promedio mensual (mm)	Promedio anual (mm)
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		
MCQSA	85	91	105	98	88	80	78	79	76	69	67	75	83	991
Los Santos	196	211	245	219	151	101	105	105	98	97	100	143	148	1771

Fuente: SLP; Julio 2014

Al observar la Tabla 6.5-13 y el Gráfico 6.5-9 que contiene la representación estacional de la evaporación en Cerro Quema (en la gráfica se indica como sitio de interés) y en la estación Los Santos, podemos notar que ambas gráficas siguen el mismo patrón estacional, con los valores más altos en los meses de la temporada seca y los más bajos en la temporada lluviosa. En Cerro Quema, marzo presenta la mayor evaporación y los meses de octubre y noviembre los valores más bajos. Sin embargo, como se menciona anteriormente, la elevación del sitio, propicia una menor temperatura y esto a su vez incide en la evaporación del lugar. La evaporación media en Cerro Quema es de 991 mm por año, con una media mensual de 83 mm.



Fuente: SLP; Julio 2014

Gráfico 6.5-9: Comparación de la evaporación en área del Proyecto y en la estación Los Santos, período 1964-2014

6.5.5.3.6 Viento

El viento es el aire en movimiento y se produce por la diferencia de temperatura entre dos sitios. En las Tablas 6.5-14 y 6.5-15, se muestra el comportamiento medio de la velocidad del viento en la estación Los Santos con los datos registrados a 2 y 10 metros de altura. En las mismas, puede observarse que a mayor elevación, el viento alcanza mayor valor. En las tablas mencionadas, también se pueden apreciar las velocidades máximas y mínimas del viento.

Tabla 6.5-14: Promedio histórico de la velocidad del viento mensual a 10 m de altura en Los Santos, período 1964- 2014

Velocidad del viento	Velocidad del viento (m/s)												Promedio anual (m/s)
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Promedio de la máxima (m/s)	4.7	4.7	5.8	4.7	3.6	2.3	2.2	2.0	2.2	1.5	2.4	12.1	4.0
Promedio de la media (m/s)	3.2	3.7	3.6	2.9	1.8	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.2	2.5	2.1
Promedio de la mínima (m/s)	0.9	2.6	1.7	1.7	0.7	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.8	0.9

Fuente: Sitio web de la Gerencia de Hidrometeorología de ETESA (Año: 1964-2014)

Tabla 6.5-15: Promedio histórico de la velocidad del viento mensual a 2 m de altura en Los Santos, período 1964- 2014

Velocidad del viento	Velocidad del viento (m/s)												Promedio anual (m/s)
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Promedio de la máxima (m/s)	3.2	3.7	3.6	2.9	2.2	1.0	1.4	1.2	0.9	0.8	1.5	2.6	2.1
Promedio de la media (m/s)	2.0	2.4	2.2	1.8	1.0	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	1.2	1.2
Promedio de la mínima (m/s)	0.8	1.0	1.2	0.9	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.5

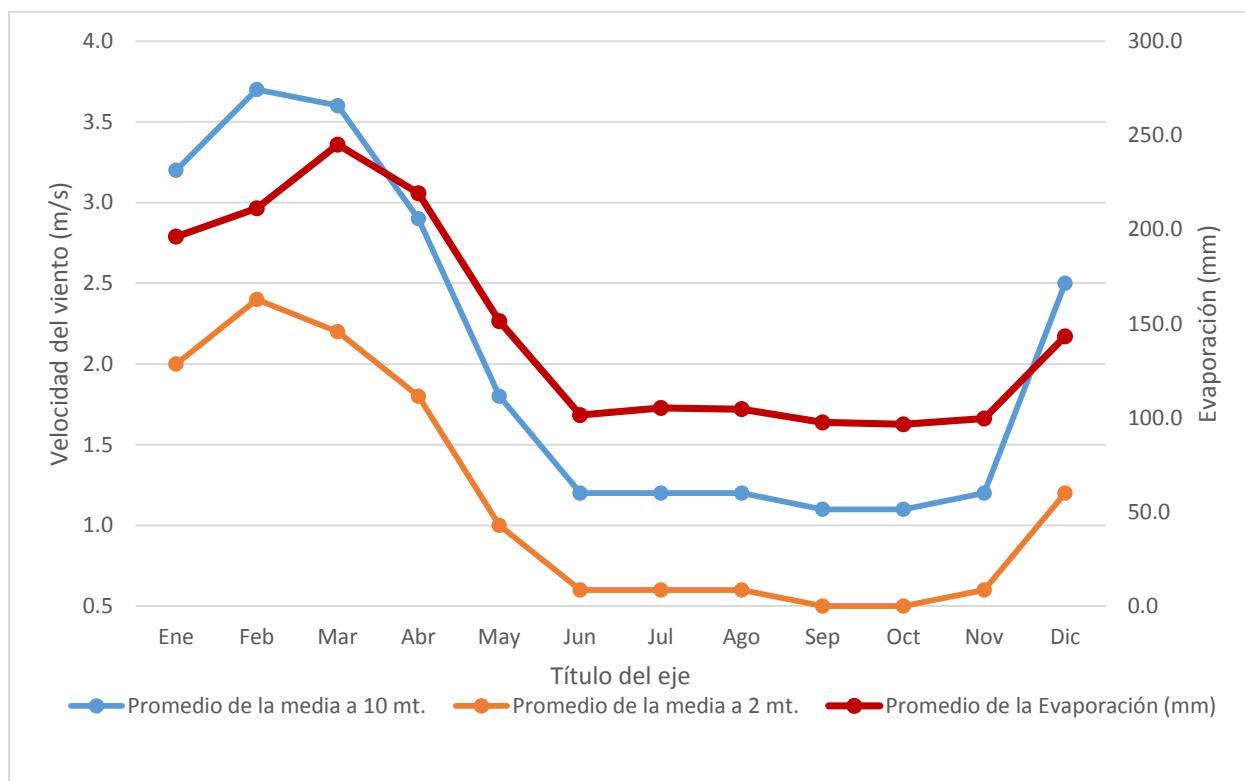
Fuente: Sitio web de la Gerencia de Hidrometeorología de ETESA (Año: 1964-2014)

En el Gráfico 6.5-10 se muestra el comportamiento estacional de la velocidad media del viento a 2 y a 10 m de altura en la estación Los Santos. En la misma se aprecia que tiene un comportamiento estacional bien definido y que las mayores velocidades se

alcanzan en los meses de temporada seca, con los máximos en febrero y marzo; los mínimos en los meses de temporada lluviosa, de junio a noviembre.

Al comparar la velocidad del viento con relación a la altura, se puede concluir que a mayor altura la velocidad es mayor. Este comportamiento está de acuerdo a la teoría, ya que a mayor altura la fricción es menor lo que permite el aceleramiento del viento.

En el Gráfico 6.5-10 se compara el comportamiento de la evaporación con relación a la velocidad del viento, ya que este es un elemento que acelerara el proceso de evaporación y que justamente en los meses de mayor velocidad se dan las mayores temperaturas. Puede observarse que la evaporación y la velocidad del viento mantienen un patrón estacional similar.



Fuente: SLP; Julio 2014

Gráfico 6.5-10: Comparación de la velocidad media del viento a 2 y 10 m de altura con la evaporación media mensual, en la estación Los Santos.

El Gráfico 6.5-11 presenta la rosa de los vientos del mes de enero preparada con los datos de la estación N°4 ubicada en La Llana. En la misma se puede observar que las velocidades entre 4 y 6 m/s presentan una mayor frecuencia con 42.7%.

La dirección predominante es la Nor Este con un 30.5% de frecuencia de ocurrencia.

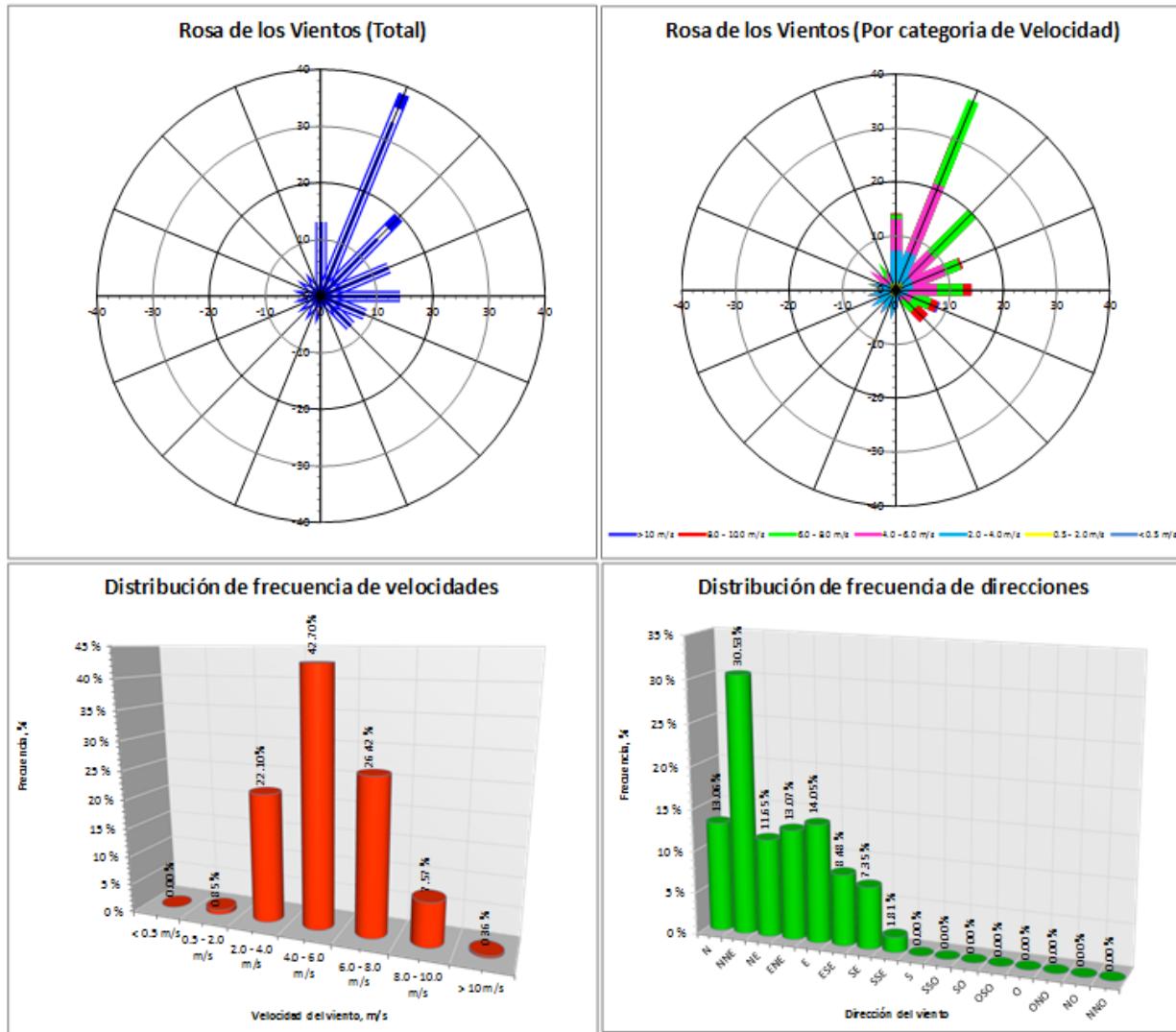


Gráfico 6.5-11: Rosa de los vientos del mes de enero, estación La Llana

El Gráfico 6.5-12 presenta la rosa de los vientos del mes de febrero preparada con los datos de la estación N°4. En la misma se puede observar que las velocidades entre 4 y 6 m/s presentan una mayor frecuencia con 37,15 % y las velocidades entre 6 y 8 m/s

se observan el 31.45 % de las veces. En cuanto a la dirección, la mayor frecuencia es de componente Sur Sur Este (SSE) con 33.15 % y del Este con 18.34 %.

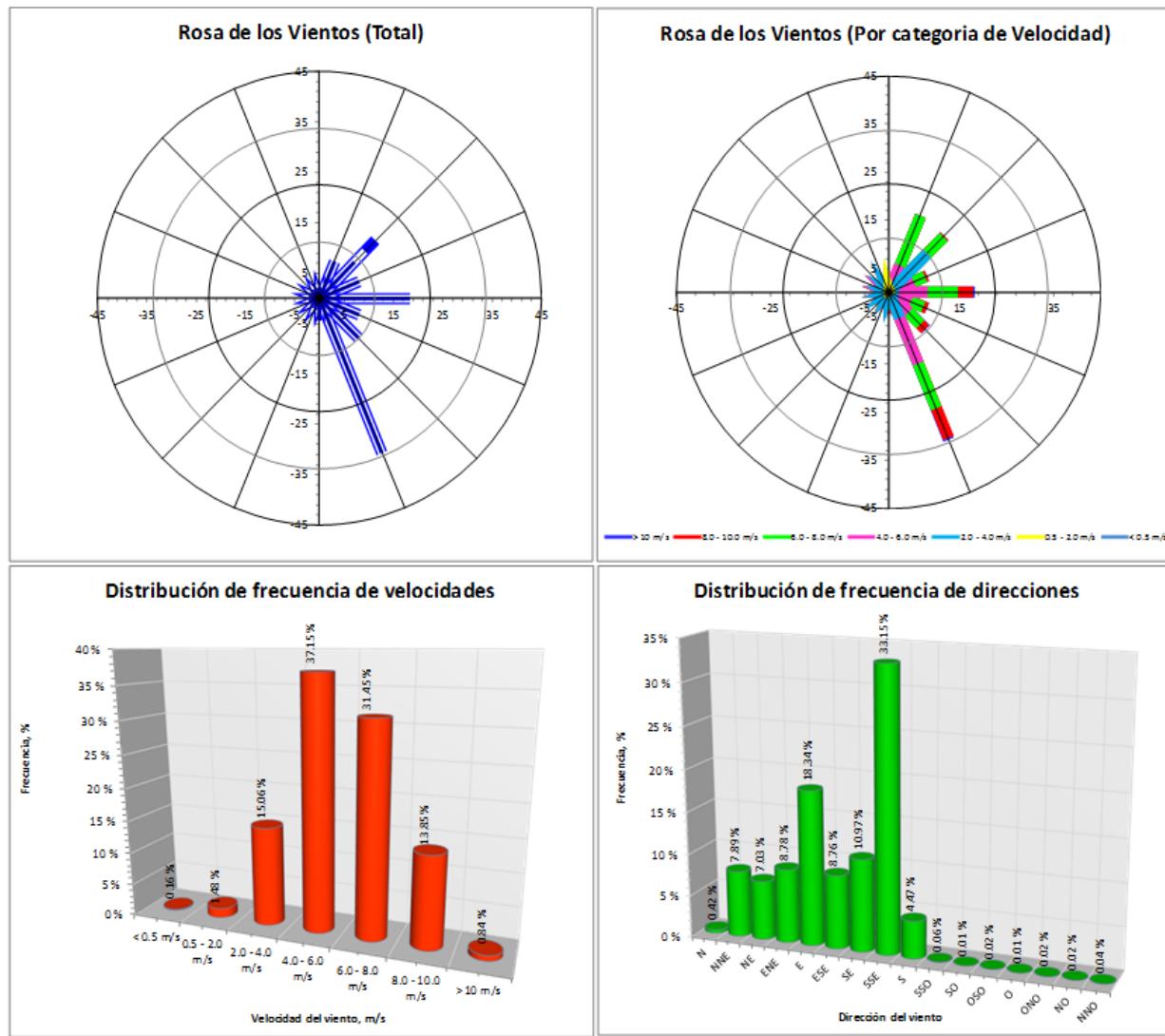


Gráfico 6.5-12: Rosa de los vientos del mes de febrero, estación La Llana

El Gráfica 6.5-13 presenta la rosa de los vientos del mes de marzo preparada con los datos de la estación N°4. En la misma se puede observar que las velocidades entre 8 y 10 m/s presentan una mayor frecuencia con 31.09 %. En cuanto a la dirección, la mayor frecuencia es de componente Este (E) con 32.37 % y del Nor Nor Este (NNE) con 17.72 %.

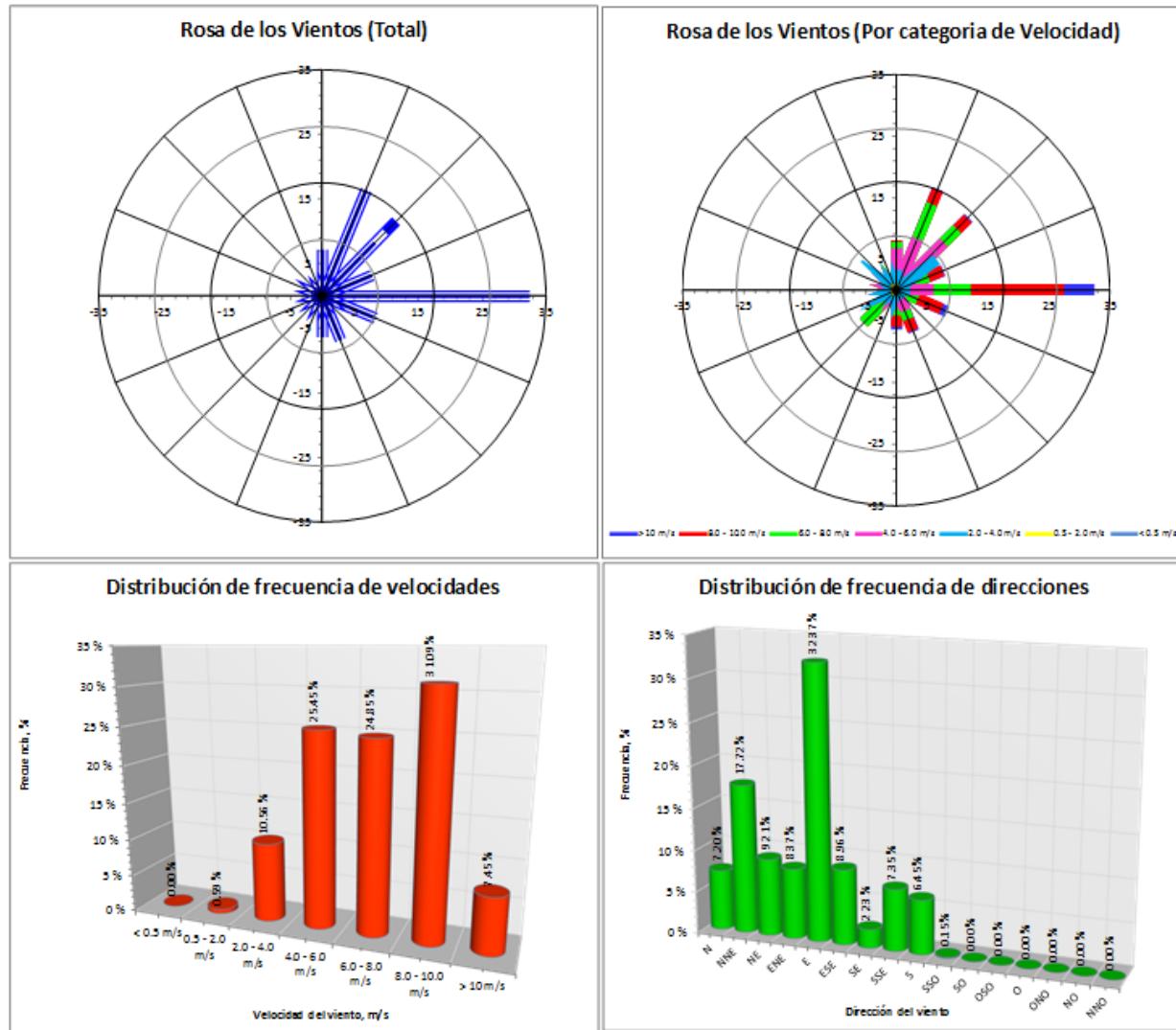


Gráfico 6.5-13: Rosa de los vientos del mes de marzo, estación La Llana

El Gráfico 6.5-14 presenta la rosa de los vientos del mes de abril preparada con los datos de la estación N°4. En la misma se puede observar que las velocidades entre 0.5 y 2 m/s presentan una mayor frecuencia con 35.13 %. En cuanto a la dirección, la mayor frecuencia es de componente Sur Este (SSE) con 22.67 % y del Sur (S) con 17.52 %.

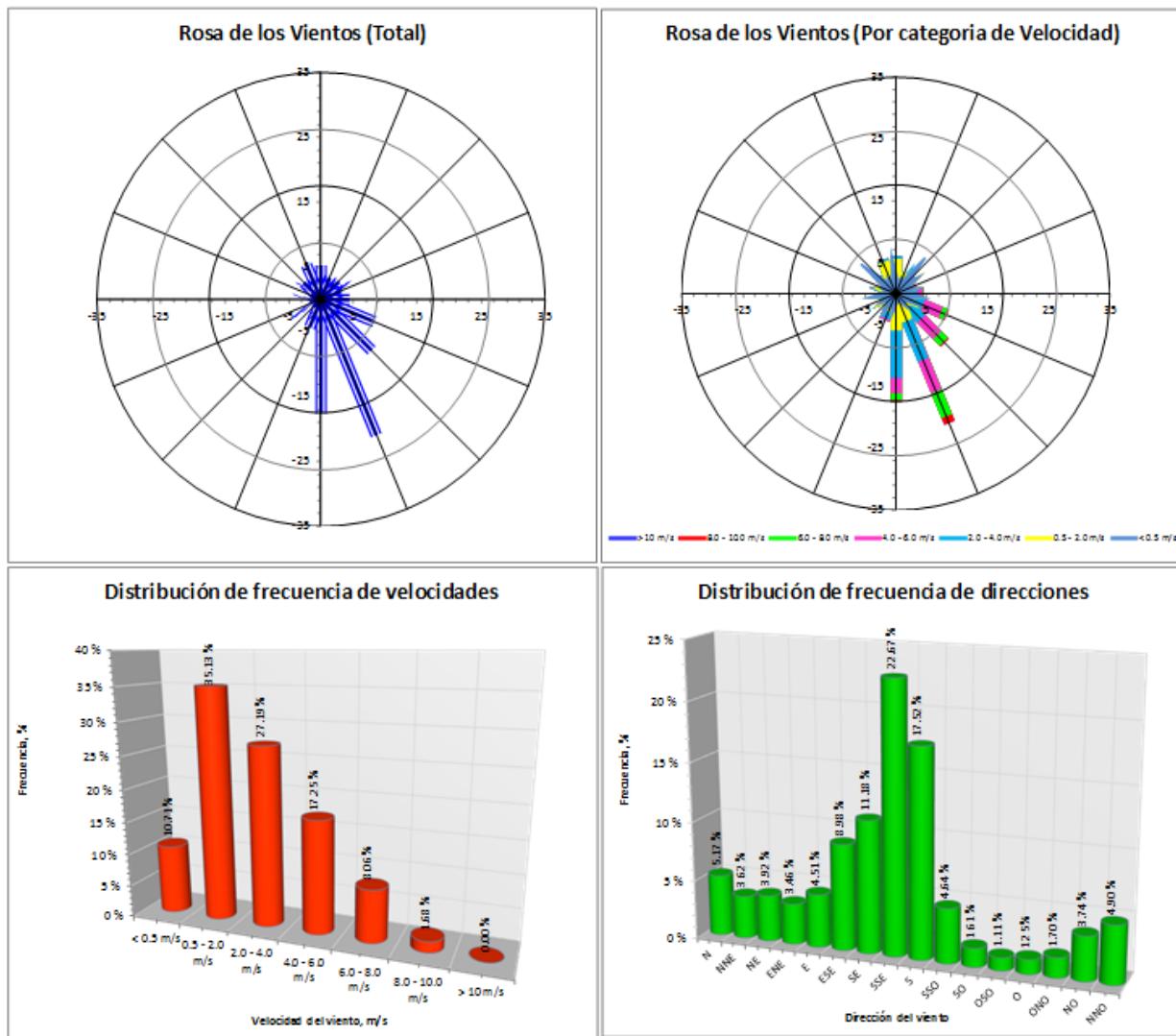


Gráfico 6.5-14: Rosa de los vientos del mes de abril, estación La Llana

Los gráficos de los siguientes meses, para la estación N°4, no se han podido preparar por insuficiencia de datos para hacer el cálculo de las frecuencias. El programa utilizado para la elaboración de la rosa de los vientos no funciona si hay más de 18 días faltantes. Los resultados obtenidos con los datos de la estación N°4, permiten conocer la intensidad y dirección, es decir, el comportamiento de los vientos en área aledaña al proyecto minero Cerro Quema.

A continuación se presenta la rosa de viento con los datos registrados en la estación HOBO U30 ubicada dentro del Proyecto minero, al lado derecho del camino que

conduce a la montaña Cerro Quema, que se encuentra en el sitio de proyecto y que fueron leídos desde junio de 2013 al 13 de julio de 2014. Debido a que se cuenta con un año completo de datos en esta estación, se puede realizar el análisis del viento en el sitio del proyecto minero Cerro Quema.

El Gráfico 6.5-15 presenta la rosa de los vientos del mes de junio de 2013 preparada con los datos de la estación HOBO U30. En la misma se puede observar que las velocidades entre 0.5 y 2 m/s presentan una mayor frecuencia con 55.90%. En cuanto a la dirección, la mayor frecuencia es de componente Sur Sur Este (SSE) con 34.55% y del Sur Este (SE) con 16.34%.

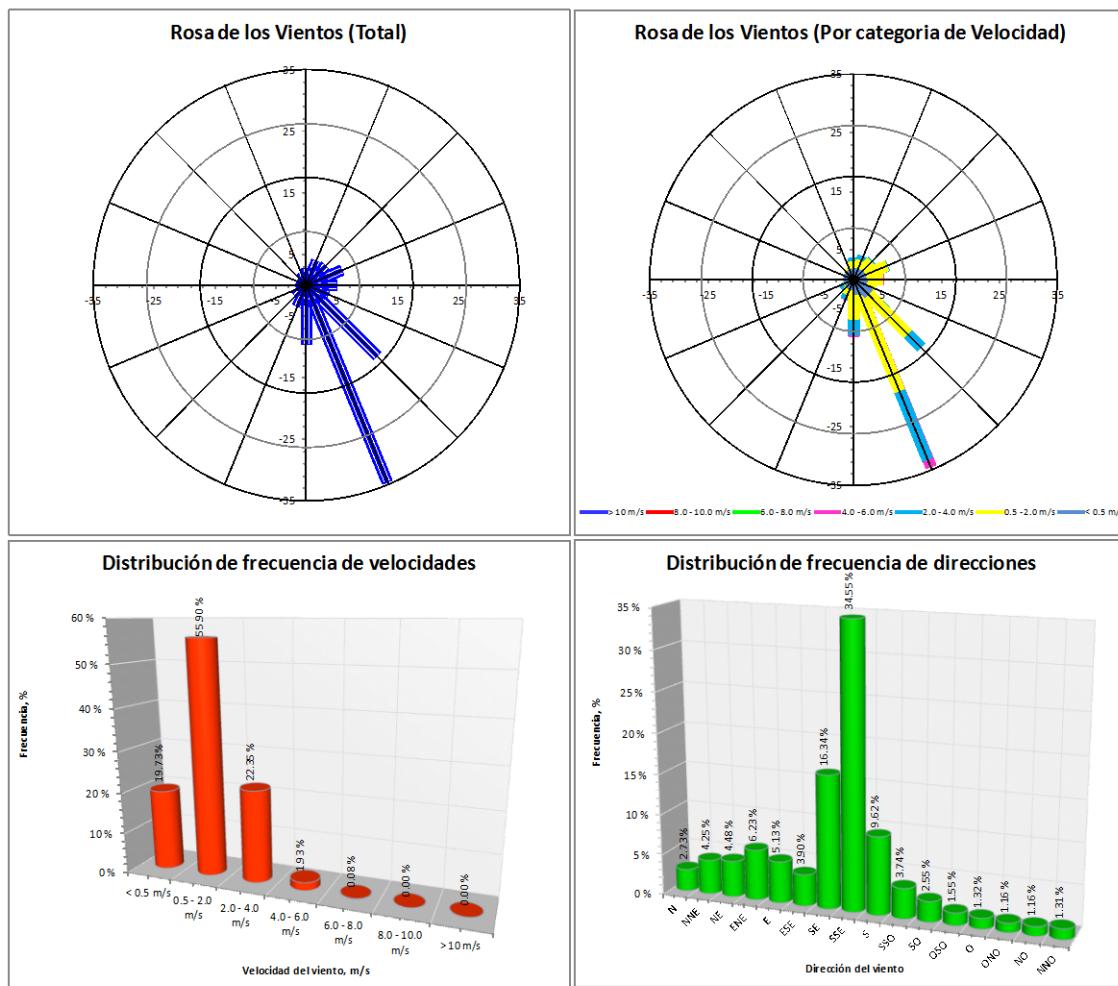


Gráfico 6.5-15: Rosa de los vientos del mes junio de 2013, estación HOBO U30

El Gráfico 6.5-16 presenta la rosa de los vientos del mes de julio de 2013 preparada con los datos de la estación HOBO U30. En la misma se puede observar que las velocidades entre 0.5 y 2 m/s presentan una mayor frecuencia con 50.73%. En cuanto a la dirección, la mayor frecuencia es de componente Sur Sur Este (SSE) con 42.46 % y del Sur Este (SE) con 25.53%.

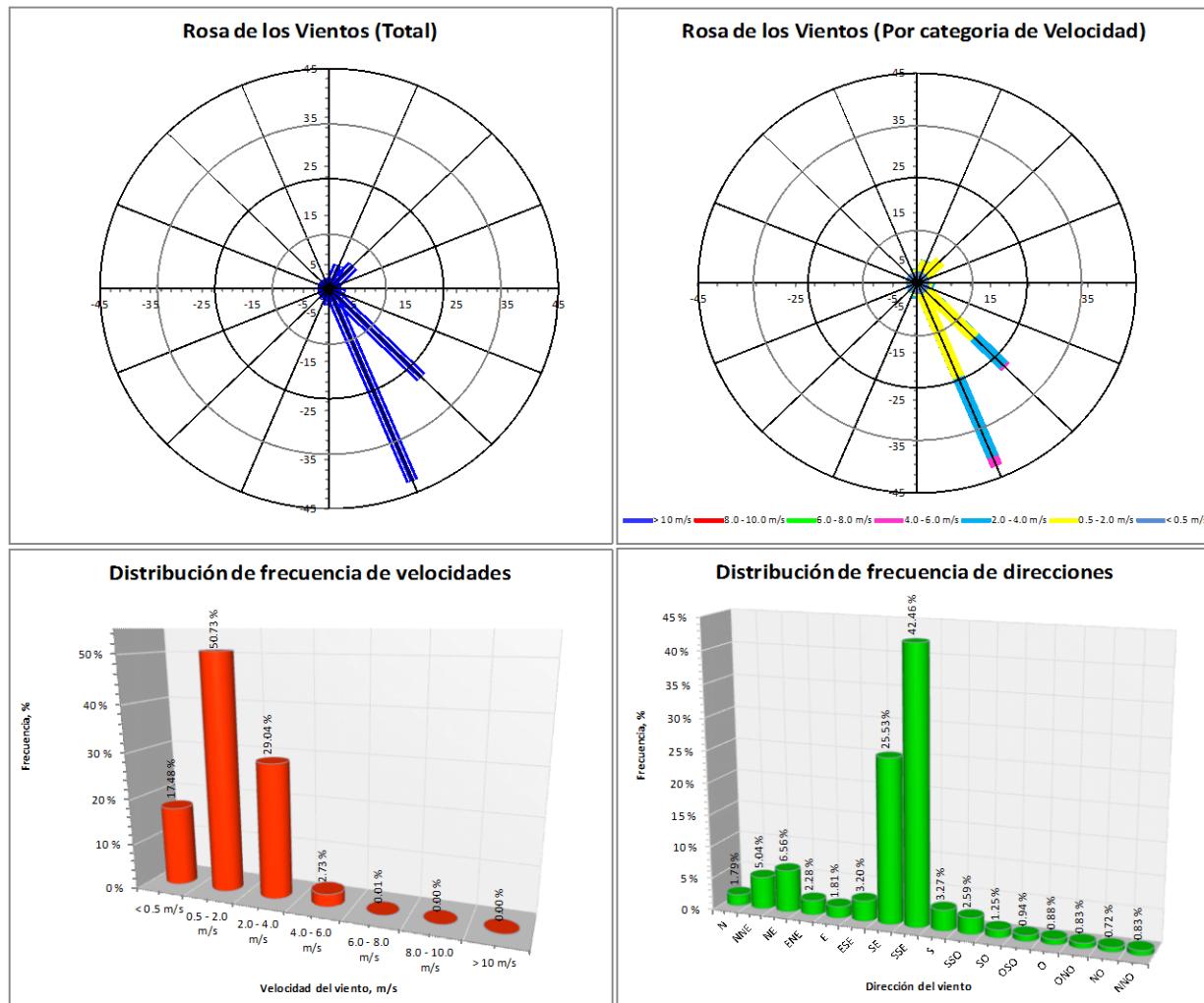


Gráfico 6.5-16: Rosa de los vientos del mes de julio de 2013, estación HOBO U30

El Gráfico 6.5-17 presenta la rosa de los vientos del mes de agosto de 2013 preparada con los datos de la estación HOBO U30. En la misma se puede observar que las velocidades entre 0.5 y 2 m/s presentan una mayor frecuencia con 54.83%. En cuanto

a la dirección, la mayor frecuencia es de componente Sur Este (SE) con 51.39% y del Sur Sur Este (SSE) con 15.36 %.

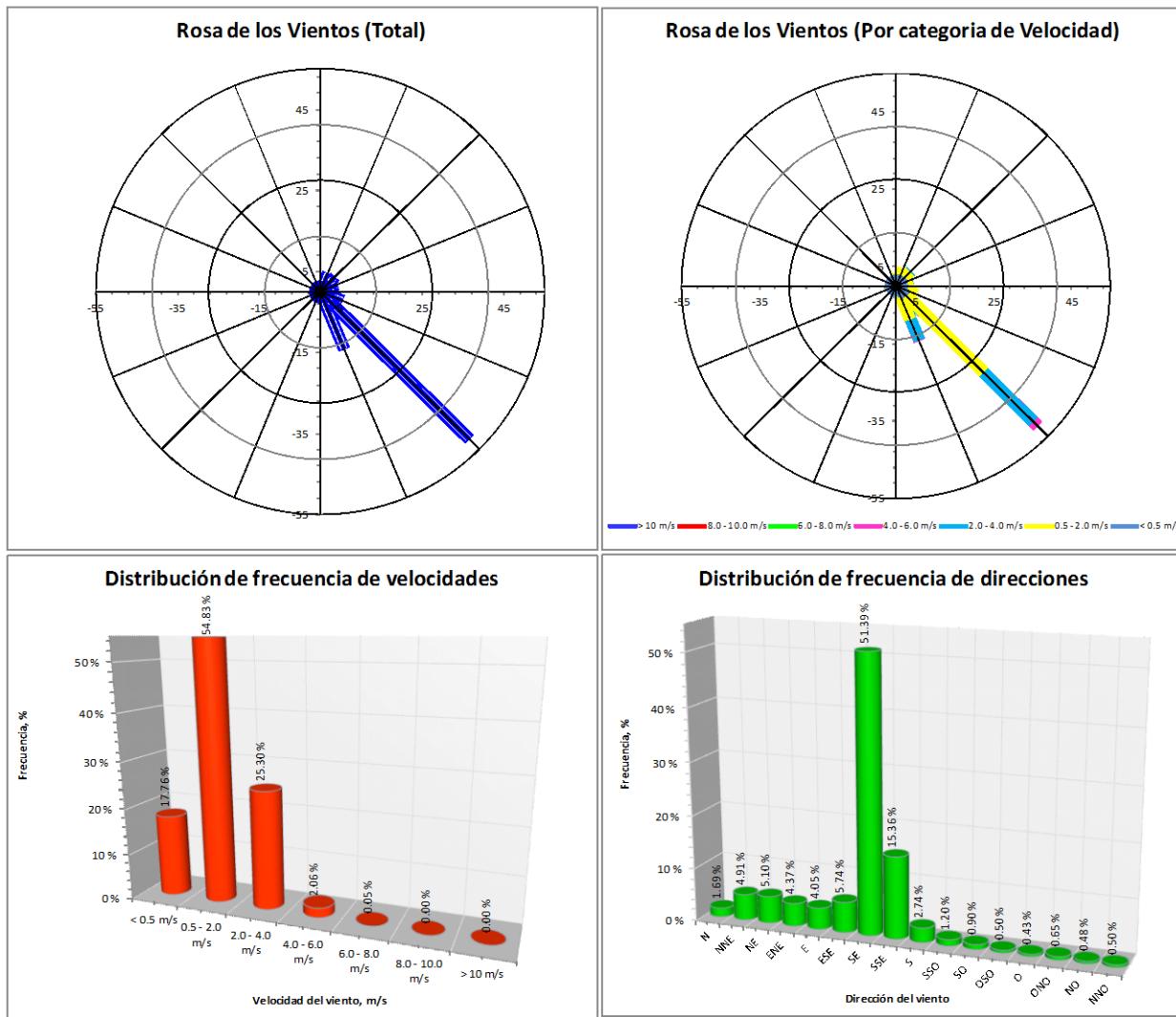


Gráfico 6.5-17: Rosa de los vientos del mes de agosto de 2013, estación HOBO U30

El Gráfico 6.5-18 presenta la rosa de los vientos del mes de octubre de 2013 preparada con los datos de la estación HOBO U30. En la misma se puede observar que las velocidades entre 0.5 y 2 m/s presentan una mayor frecuencia con 58.42%. En cuanto a la dirección, la mayor frecuencia es de componente Sur Sur Este (SSE) con 33.11% y del Sur Este (SE) con 21.45%.

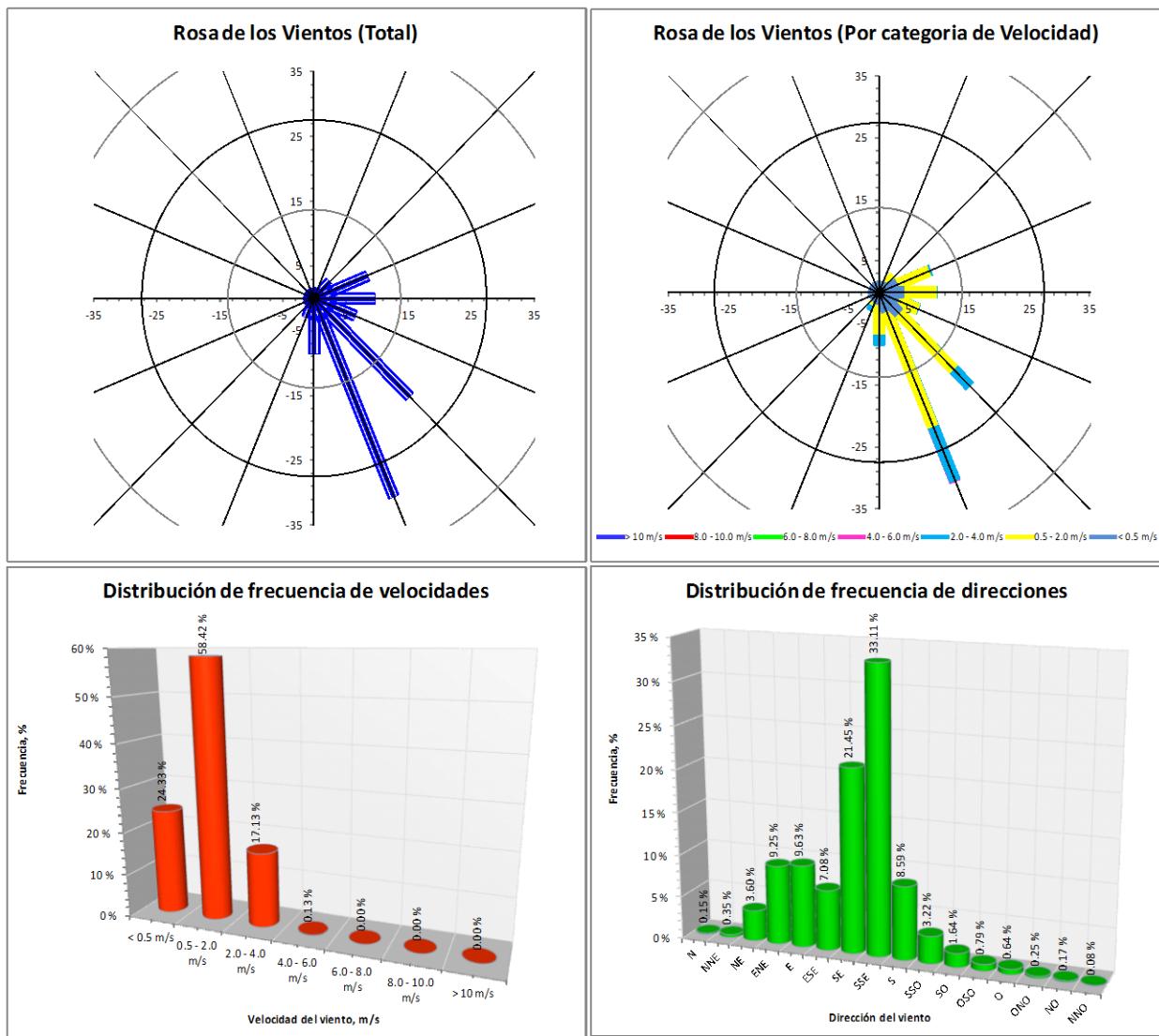


Gráfico 6.5-18: Rosa de los vientos del mes de octubre de 2013, estación HOBO U30

El Gráfico 6.5-19 presenta la rosa de los vientos del mes de enero de 2014 preparada con los datos de la estación HOBO U30. En la misma se puede observar que las velocidades entre 2 y 4 m/s presentan una mayor frecuencia con 36.37%. En cuanto a la dirección, la mayor frecuencia es de componente Sur Este (SE) con 44.24% y del Sur Sur Este (SSE) con 11.25%.

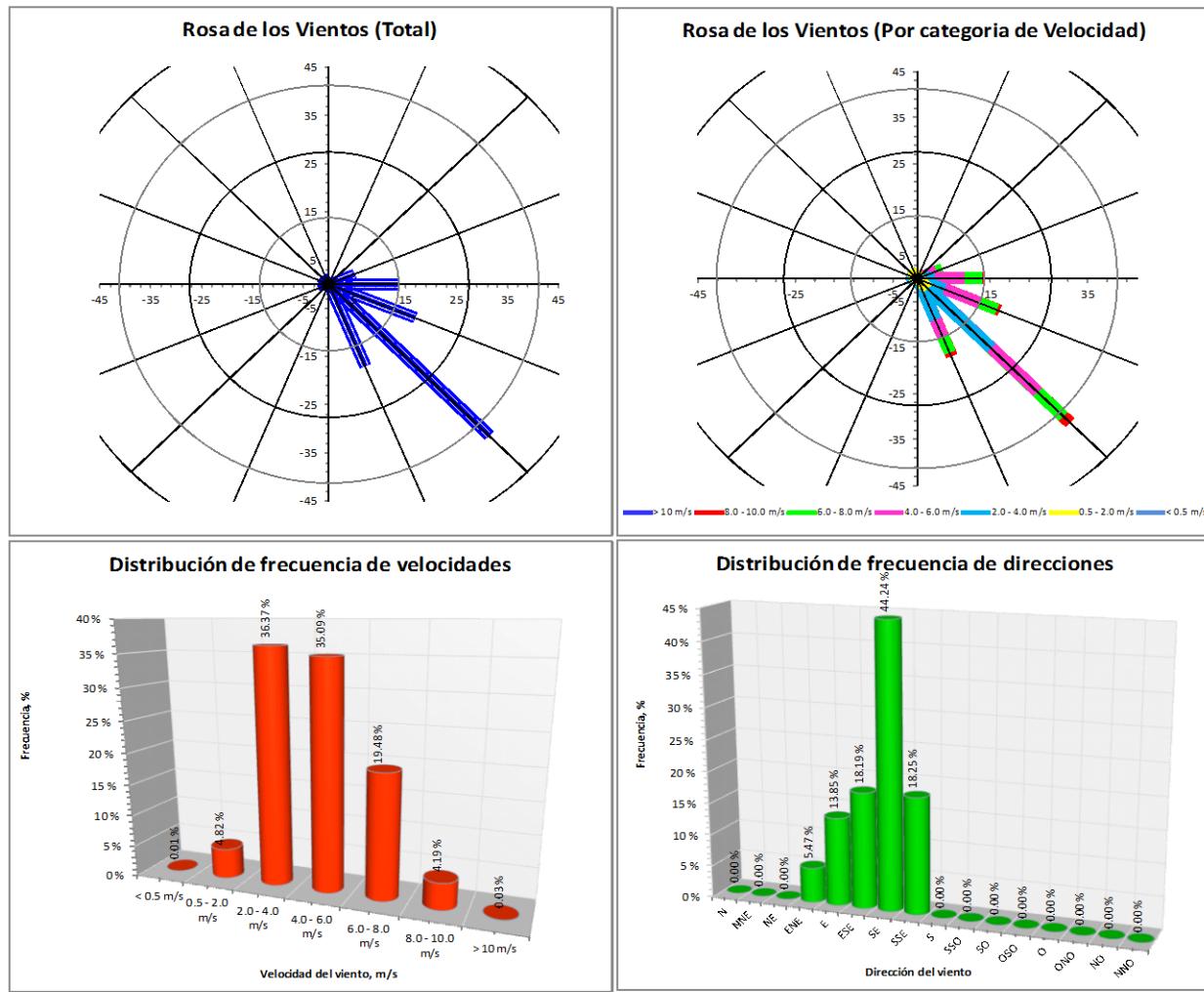


Gráfico 6.5-19: Rosa de los vientos del mes de enero de 2014, estación HOBO U30

El Gráfico 6.5-20 presenta la rosa de los vientos del mes de febrero de 2014 preparada con los datos de la estación HOBO U30. En la misma se puede observar que las velocidades entre 4 y 6 m/s presentan una mayor frecuencia con 35.25%. En cuanto a la dirección, la mayor frecuencia es de componente Sur Este (SE) con 35.94% y del Este (E) con 20.97%.

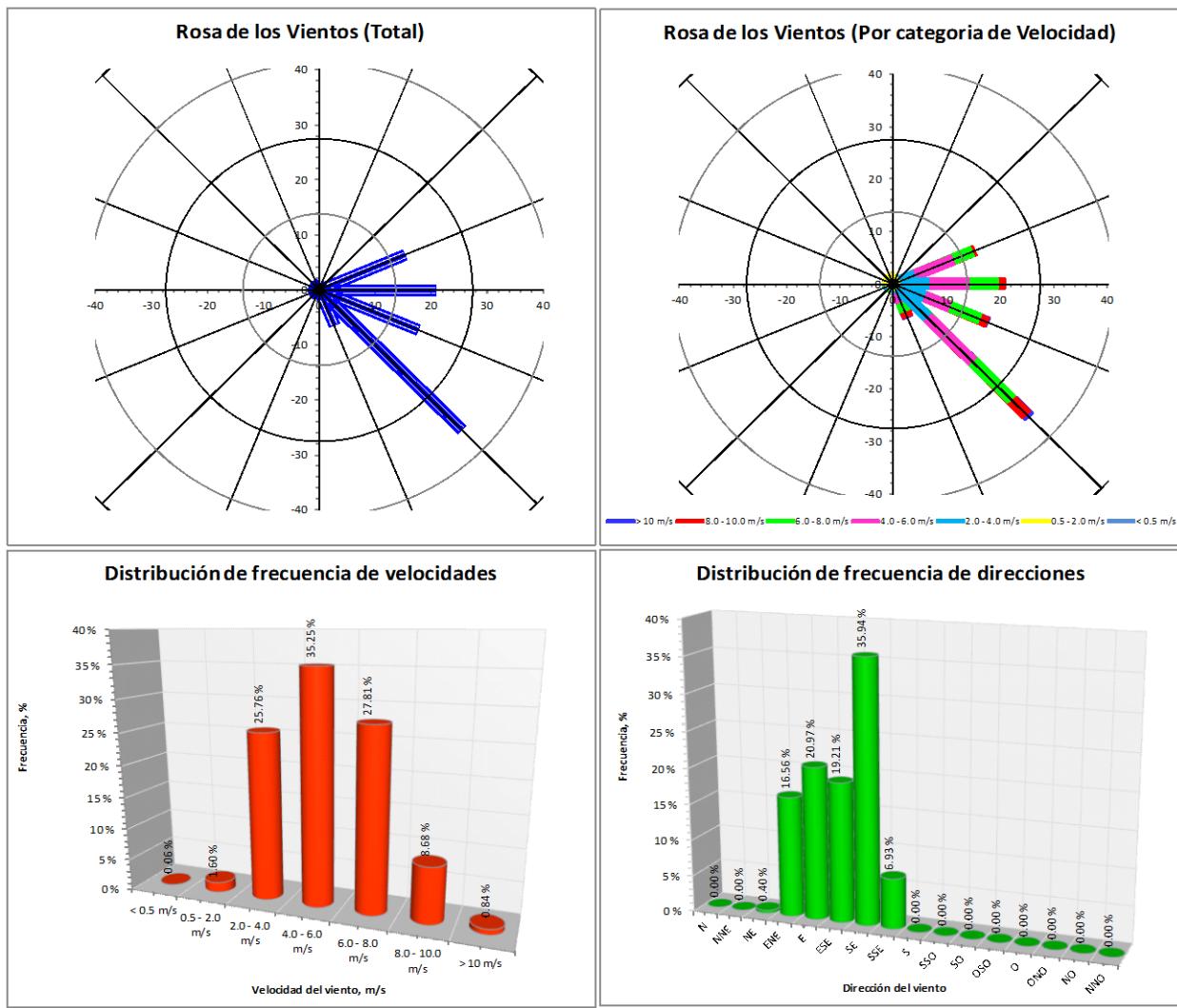


Gráfico 6.5-20: Rosa de los vientos del mes de febrero de 2014, estación HOBO U30

El Gráfico 6.5-21 presenta la rosa de los vientos del mes de marzo de 2014 preparada con los datos de la estación HOBO U30. En la misma se puede observar que las velocidades entre 4 y 6 m/s presentan una mayor frecuencia con 35.55%. En cuanto a la dirección, la mayor frecuencia es de componente Sur Este (SE) con 30.63% y del Este Nor Este (ENE) con 22.85%.

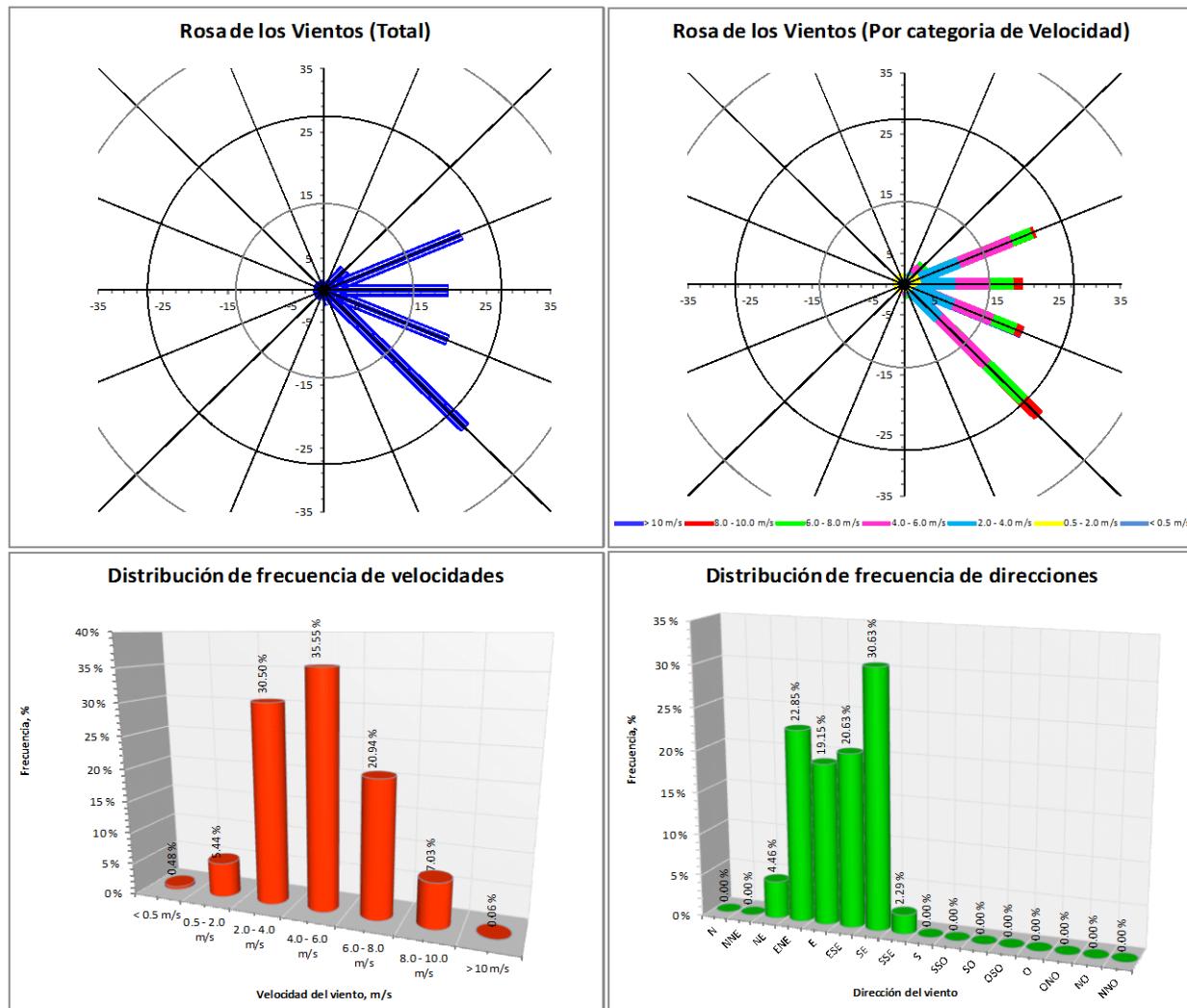


Gráfico 6.5-21: Rosa de los vientos del mes de marzo de 2014, estación HOBO U30

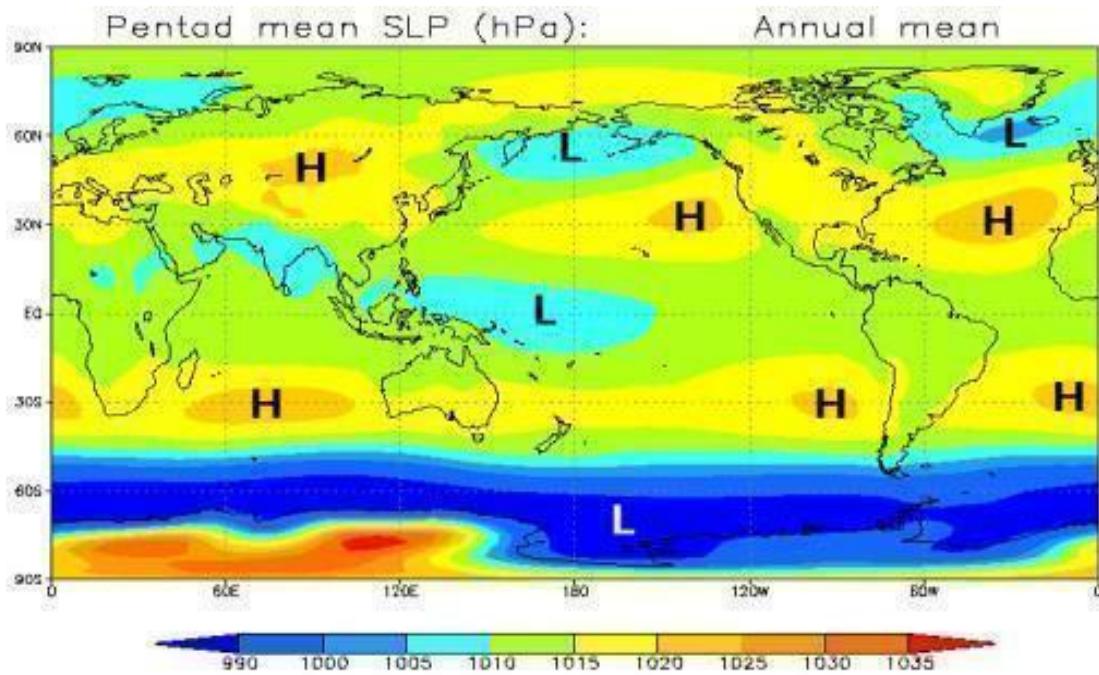
6.5.5.3.7 Presión atmosférica

La presión atmosférica es la fuerza que ejerce el aire por unidad de superficie y varía de acuerdo a la altura y a la latitud de un lugar. La unidad de medida utilizada en nuestro país es la milésima de bar, el milibar (mb) que es equivalente al Hecto Pascal (HP). A medida que uno asciende la presión atmosférica decrece. En capas bajas cerca de la superficie la disminución de la presión con la altura es de aproximadamente 1HP por cada 8m. Esta relación va disminuyendo a medida que la altura aumenta.

De acuerdo a la circulación general atmosférica se sabe que las zonas que se ubican dentro de las latitudes tropicales están afectadas por un cinturón de bajas presiones, conocido como Bajas Ecuatoriales. En los 30° de latitud norte y sur, se ubica el cinturón de las Altas Presiones Subtropicales, a los 60° se ubica otro cinturón de bajas presiones, denominado como cinturón de las Bajas Subpolares, y a los 90° se ubica el cinturón de las Altas Polares.

En la Figura 6.5-7 se puede apreciar que las zonas cercanas a las latitudes ecuatoriales están bajo un régimen de bajas presiones en promedio durante todo el año, esto es comparado con los valores medios de todo el planeta. Estos valores de presión pueden cambiar durante el año.

Los cambios de presión, en relación a su valor promedio, están relacionados con los estados del tiempo; si la presión baja las condiciones son propicias para el mal tiempo y si la presión sube se asocia con un buen tiempo. Las variaciones en la presión atmosférica se relacionan con los cambios en la temperatura.



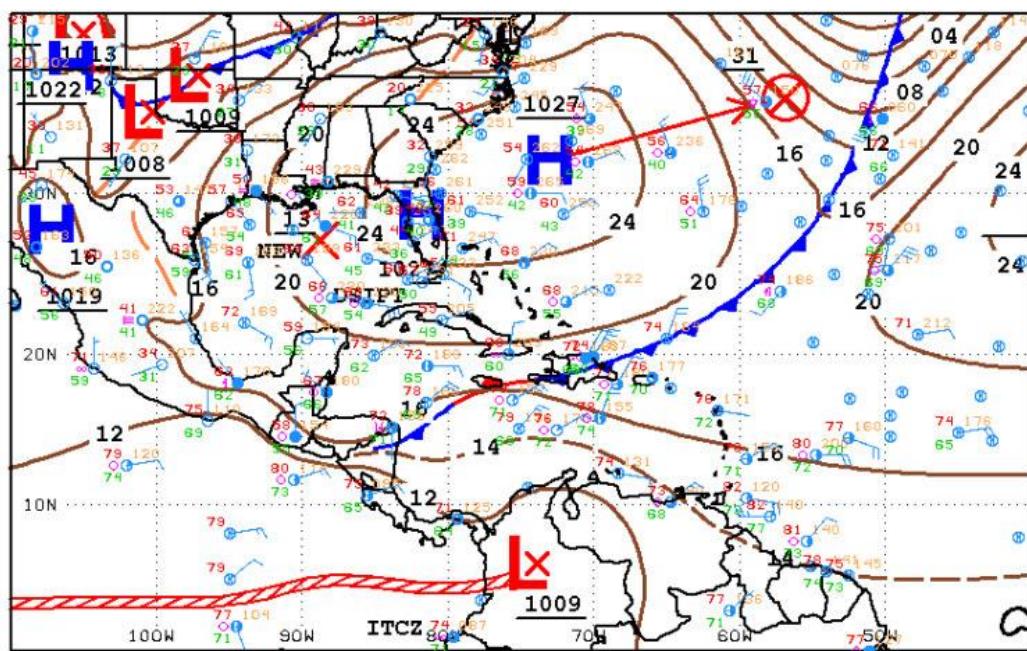
Fuente: NCEP/NCAR Reanalysis Project, 1959-1997

Figura 6.5-6: Media anual de la presión al nivel del mar, correspondiente al período 1979- 1995

En la Figura 6.5-7 se puede apreciar la distribución espacial del promedio de la presión al nivel medio del mar, para todo el planeta. La letra H representa las zonas con alta presión y las Zonas con L, las zonas con baja presión. Al observar la escala de colores se nota que la región Panamá y gran parte de Sur América tienen un valor medio que oscila entre 1000 y 1015 mb.

En nuestro país los sistemas de baja presión interactúan con la Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ, por sus siglas en inglés) y están relacionados con la formación de nubes y producción de precipitación por su flujo de aire ascendente que causa inestabilidad de la atmósfera.

En la Figura 6.5-8 se muestra un mapa regional donde se puede apreciar con mayor detalle el comportamiento de las Isobaras, observe que sobre Panamá la presión es aproximadamente de 1,012 mb. También se aprecia en doble línea la ubicación de la ITCZ para la fecha del mapa.

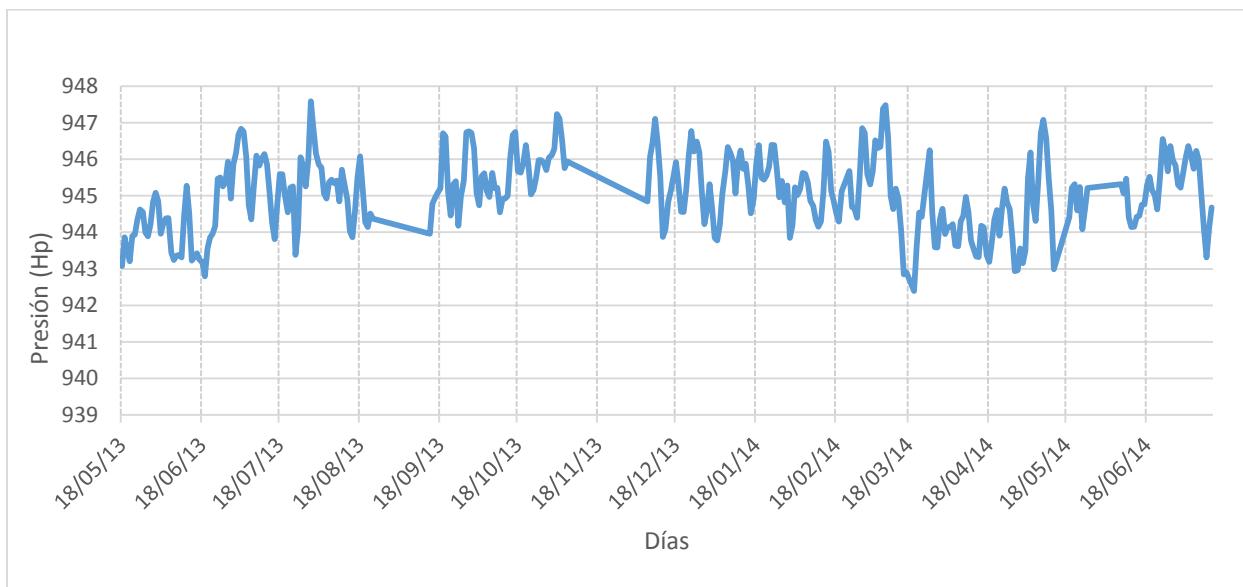


Fuente: Sitio web de la Gerencia de Hidrometeorología de ETESA. Año 2009.

http://www.hidromet.com.pa/documentos/condiciones_hidrometeorologicas_de_panama_nov_2008_a_marzo_2009rev5.pdf

Figura 6.5-7: Mapa de presiones sobre el área de Panamá y alrededores

Teniendo en cuenta que la presión disminuye con la altura en la atmósfera estándar, en capas bajas de la superficie, a razón de 1HP cada 8 m podemos tener una idea aproximada de la presión en el área del Proyecto, realizando el cálculo de presión de acuerdo al gradiente y suponiendo una presión al nivel del mar de 1013.25 HP y para una altura de 950 msnm. Como resultado de este análisis, la presión en Cerro Quema es de 894.5 mb. El Gráfico 6.5-22 muestra el comportamiento diario de la presión registrada en la estación N°4, durante el período comprendido entre los días 18 de mayo de 2013 al 18 de junio de 2014. En la misma se observa que los valores de presión oscilan entre los 943 y 947 HP, con un promedio de aproximadamente 945 HP.



Fuente: SLP, Julio 2014

Gráfico 6.5-22: Comportamiento diario de la presión en la estación N°4 en el período del 18 de mayo al 18 de junio del 2014

6.5.6 CONCLUSIONES

- El área del Proyecto se caracteriza por tener un clima tropical de sabana, con una precipitación anual mayor a 1,000 mm, con varios meses con lluvia menor a los 60 mm, y una temperatura media del mes más fresco menor a 18° C.
- La lluvia en el área del Proyecto, presenta valores bajos en relación al resto del país, estos oscilan entre 1,500 y 2,500 mm por año.

- En el área del Proyecto se pueden apreciar los cambios estacionales de la temperatura máxima, mínima y media. Donde los meses de marzo y abril presentan las temperaturas máximas promedio más altas con media de 35.4°C y que noviembre y diciembre presentan las máximas promedios más bajas con 33.5 y 33.3°C, respectivamente. En cuanto a las mínimas promedio podemos notar que los meses con noches más cálidas son mayo y junio con 22 y 21.7°C, respectivamente y que los meses de enero y febrero presentan las noches más frescas con 18.8 y 19.2°C, respectivamente. De los valores indicados se induce que el comportamiento de la temperatura está fuertemente asociado al comportamiento de la lluvia.
- El área del Proyecto presenta uno de los valores anuales más altos en la duración del brillo solar, este valor es superior a 2,000 horas al año.
- La evaporación anual que se presenta en la zona de Azuero, particularmente en áreas de poca elevación como en la estación Los Santos, nótese que la máxima anual es de 2,561.7 mm por año y que la mínima es de 1,172.9 mm por año, con un valor medio de 1,770.9 mm al año.
- La presión en Cerro Quema es de 894.5 mb. Con valores de presión que oscilan entre los 943 y 947 HP, con un promedio de aproximadamente 945 HP.