

I

TABLA DE CONTENIDO

1.0 Vientos	1-3
1.1 Definición general	1-3
1.2 Condiciones que podrían propiciar el Viento Catabático en el área de la MCQ 1-4	
1.3 Análisis para definir si existe o no vientos Catabáticos en el área de la MCQ 1-7	
1.4 Comportamiento del viento en la temporada seca	1-10
1.5 Comportamiento del viento en la temporada lluviosa	1-13
1.6 Conclusiones	1-15

TABLAS

Tabla 1-1: Distribución estacional de la temperatura diurna y nocturna. Estación Hobo 1-5

Tabla 1-2: Coordenadas estaciones La Llana y Bayano 1-6

Tabla 1-3: Dirección predominante y velocidad media horaria, por mes. Estación Bayano 1-7

Tabla 1-4: Estaciones utilizadas para el análisis del viento..... 1-9

Tabla 1-5: Velocidad media del viento (m/s) 1-9

Tabla 1-6: Cuadrante de la Dirección predominante del viento..... 1-10

FIGURAS

Figura 1-1: Mapa velocidad y dirección del viento. Mes Diciembre 1-11

Figura 1-2: Mapa velocidad y dirección del viento. Mes Enero 1-12

Figura 1-3: Mapa velocidad y dirección del viento. Mes Septiembre 1-13

Figura 1-4: Mapa velocidad y dirección del viento. Mes Octubre 1-14

GRÁFICOS

Gráfico 1-1: Diferencia entre la temperatura nocturna y diurna en el área del proyecto (°C).....	1-5
Gráfico 1-2: Comportamiento de la lluvia mensual en las estaciones	1-6

FOTOGRAFÍAS

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

ANEXOS

1.0 VIENTOS

Este informe se ha realizado para aclarar cuáles son las direcciones de los vientos dominantes en distintos momentos del año (época seca y de lluvias); elaborar un mapa de vientos dominantes sobre una imagen satelital, donde pueda verse la huella del Proyecto con sus componentes más importantes (tajos, acopio de material estéril y patio de lixiviación), la ubicación de los poblados más cercanos y los vectores que indiquen dirección, sentido y magnitud del viento dominante para distintos momentos del año (se puede elaborar un mapa para cada momento); y presentar un mapa igual al anterior donde se analice el movimiento de los vientos catabáticos y su relación con los poblados más cercanos.

1.1 DEFINICIÓN GENERAL

En meteorología es común el fenómeno de la brisa Valle y la brisa de Montaña estas generan los vientos Anabáticos (brisa de valle) y vientos Catabáticos (brisa de montaña). Estos se originan por las diferencias en el calentamiento de la superficie terrestre caracterizada por un complejo de particularidades topográficas, tales como la rugosidad del terreno. La intensidad del flujo depende de las variaciones de temperatura entre el calentamiento diurno y el enfriamiento nocturno de la superficie del suelo, la orientación del complejo montañoso con respecto a la incidencia de la radiación solar y las condiciones sinópticas predominantes en un intervalo de tiempo determinado.

El Viento Anabático determina un flujo que sopla desde el valle (viento ascendente) en el día, originado por efecto del calentamiento radiactivo sobre la superficie. Es de interés en este documento el viento Catabático.

Los vientos Catabáticos se refieren al viento que se forma cuando una masa densa de aire frío se desliza, por gravedad, hacia abajo de una montaña. Esto sucede, especialmente, con cielos claros en la noche, cuando la radiación solar cesa y el suelo se enfría por emisión de radiación infrarroja (onda larga) y la temperatura desciende rápidamente. Se desarrolla con más intensidad en días despejados al durante la noche

y la madrugada, producto del enfriamiento del suelo por radiación. En este proceso, el aire que entra en contacto con la superficie fría (por la emisión de la radiación por la superficie terrestre), se enfría y aumenta su densidad con respecto al aire circundante, por efecto de la gravedad desciende ladera abajo. En su descenso se genera un calentamiento adiabático, sin embargo, se considera como viento frío. Es importante mencionar que, aunque este viento podría alcanzar velocidades importantes por la dirección de desplazamiento y características térmicas de las parcelas de aire, el efecto de la fricción retrasa el movimiento. A manera de ejemplo, podemos comentar que en Groenlandia ocurren vientos Catabáticos muy fuertes debido a que el efecto de fricción es casi nulo en la superficie congelada, a diferencia del área de interés donde hay distintos factores del suelo y la vegetación que aumentan la fricción haciendo que el viento descendente no alcance altas velocidades.

1.2 CONDICIONES QUE PODRÍAN PROPICIAR EL VIENTO CATABÁTICO EN EL ÁREA DE LA MCQ

La región en la que se encuentra el proyecto Minero Cerro Quema tiene una topografía bastante quebrada, por lo que podría generarse el viento Catabático, otro elemento que encontramos en el área de la minera Cerro Quema es que, en temporada seca, debido a la ausencia de nubosidad, hay un fuerte calentamiento diurno y un enfriamiento radiactivo características necesarias para la generación del viento Catabático.

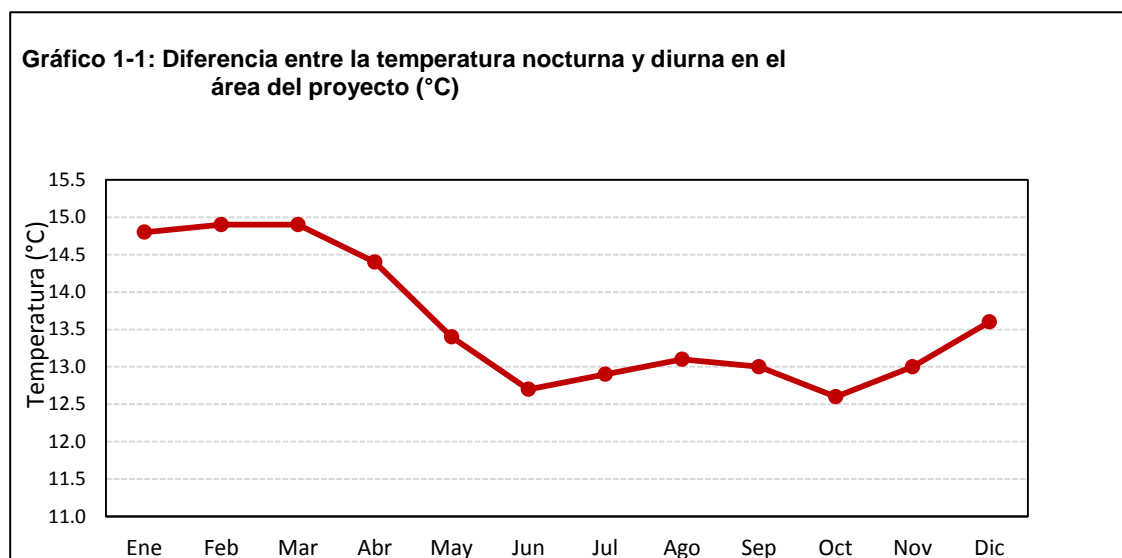
En la Tabla 1.1 elaborada con los datos de la estación en el área del proyecto, presentamos una distribución estacional de la temperatura máxima (diurna), mínima (nocturna) y la diferencia entre ambas, es decir la amplitud diurna. Se ha colocados colores para indicar la temporada en que ocurre. Se nota claramente que durante la temporada seca la diferencia entre la temperatura diurna (temperatura máxima) y la nocturna (temperatura mínima) es mayor que durante la temporada lluviosa.

Tabla 1-1: Distribución estacional de la temperatura diurna y nocturna. Estación Hobo

Época del año	Temporada Seca				Temporada lluviosa							
Variables/meses	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	34.0	34.3	34.0	33.8	33.5	33.3
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
Diferencia (°C)	14.8	14.9	14.9	14.4	13.4	12.7	12.9	13.1	13.0	12.6	13.0	13.6

Es decir, en temporada seca existe mayor probabilidad de ocurrencia de vientos Catabáticos, debido a que el enfriamiento durante estos meses es mayor que en los de temporada lluviosa.

El Grafico 1-1 representa las diferencias de temperatura entre el día y la noche, expresadas en la tabla anterior. Nótese que los meses de enero, febrero, marzo y abril tiene las mayores diferencias por lo que la brisa nocturna podría presentar los mayores valores de estos meses, por estar relacionada directamente con el gradiente de temperatura.

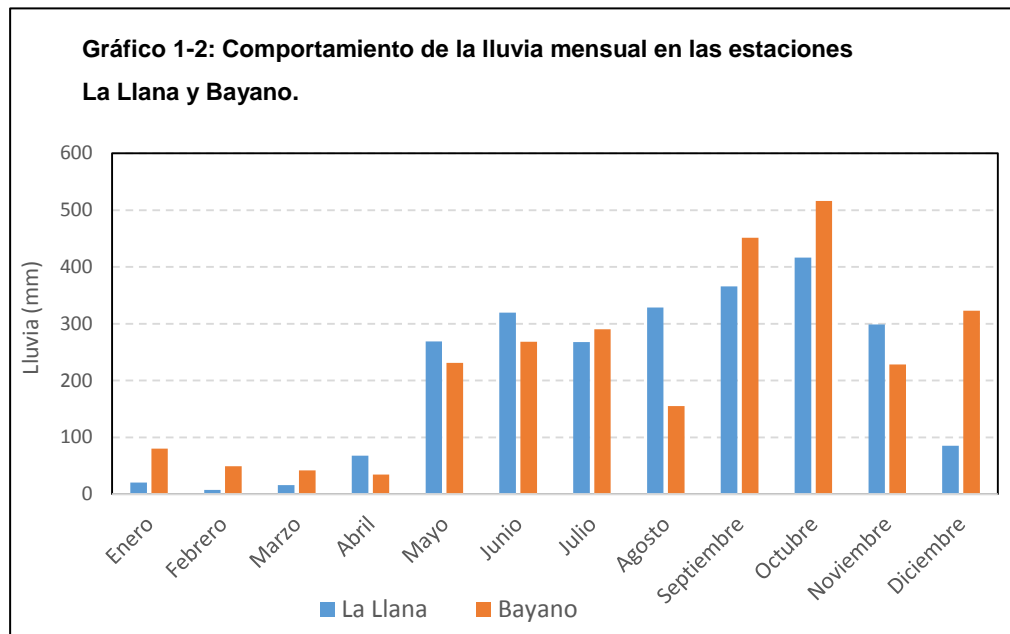


Para definir los meses de la temporada seca y la lluviosa se utilizaron los datos de lluvia, expresada en milímetros, de la estación La Llana, propiedad de ETESA y la estación Bayano, propiedad de IDIAP, las coordenadas se describen en la Tabla 1-2.

Tabla 1-2: Coordenadas estaciones La Llana y Bayano

Estación	Latitud Norte (°)	Longitud Oeste (°)	Elevación (msnm)
La Llana	7°30'07"	80°33'03"	60
Bayano	7° 38' 00"	80° 22' 00"	255

Como se puede observar en el Grafico 1-2, la lluvia presenta los valores más bajos desde diciembre hasta abril, características de la temporada seca y un repunte en mayo hasta noviembre, definiéndose en este período la temporada lluviosa.



1.3 ANÁLISIS PARA DEFINIR SI EXISTE O NO VIENTOS CATABÁTICOS EN EL ÁREA DE LA MCQ

Para definir la ocurrencia de vientos Catabáticos o no, utilizaremos los datos de la dirección del viento en forma horaria, los cuales nos permitirán observar cambios en la dirección entre el día y la noche, a estos valores se le asocia la velocidad media del viento en cada hora para ver los cambios y a que velocidades se desplazan los vientos. Se eligió la estación Bayano para el análisis horario ya que es la que tiene mayor elevación de las 4 estaciones estudiadas y donde, de ocurrir, los vientos Catabáticos se pueden registrar.

Se encontró la velocidad media y la dirección predominante para cada hora, de cada día a los datos del año 2015. Los datos de velocidad están expresados en metros por segundo (m/s) y la dirección por cuadrante.

En la Tabla 1-3 podemos notar en la primera columna la hora, lo que nos permitirá notar o no cambios en la dirección del viento entre el día y la noche.

Tabla 1-3: Dirección predominante y velocidad media horaria, por mes. Estación Bayano

Hora	Enero		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	Vel	Dir	Vel	Dir	Vel	Dir	Vel	Dir	Vel	Dir	Vel	Dir	Vel	Dir	Vel	Dir	Vel	Dir
1	0.80	NW	0.22	N			0.09	N	0.01	N			0.00	N	0.07	NW	0.21	WNW
2	0.70	NW	0.29	N	0.41	N	0.08	N	0.03	N	0.18	N	0.00	NW	0.06	NW	0.18	NW
3	0.79	NW	0.32	N	0.47	N	0.09	N	0.07	N	0.09	N	0.00	NW	0.07	NW	0.19	NW
4	0.97	NW	0.33	N	0.36	N	0.10	N	0.06	N	0.06	N	0.00	NW	0.05	NW	0.19	NW
5	0.81	NW	0.26	N	0.44	N	0.17	N	0.05	N	0.07	N	0.00		0.04	NW	0.19	NW
6	0.64	NW	0.34	N	0.50	N	0.28	N	0.08	N	0.02	N	0.00		0.05	WNW	0.19	NW
7	0.55	NW	0.40	N	0.42	N	0.32	N	0.20	N	0.01	N	0.00		0.05	WNW	0.29	NW
8	0.85	NW	0.58	N	0.34	N	0.53	N	0.24	N	0.03	N	0.00		0.09	NW	0.38	NW
9	1.73	NW	1.17	N	0.42	N	0.73	N	0.53	N	0.08	N	0.04	NE	0.24	WNW	0.79	NW
10	1.99	NW	1.53	N	0.54	N	1.04	N	0.73	N	0.14	N	0.10	N	0.32	NW	1.02	NW
11	1.88	NW	1.43	N	0.53	N	1.14	N	0.84	N	0.18	N	0.12	NW	0.36	NW	1.14	NW
12	1.68	NW	1.34	N	0.50	N	0.93	N	0.85	N	0.16	N	0.06	NW	0.37	WNW	1.09	WNW

Hora	Enero		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
	Vel	Dir	Vel	Dir	Vel	Dir	Vel	Dir	Vel	Dir	Vel	Dir	Vel	Dir	Vel	Dir	Vel	Dir
13	1.59	NW	1.27	N	0.48	N	0.76	N	0.78	N	0.20	N	0.07	NW	0.26	NW	0.96	NW
14	1.48	NW	1.10	N			0.70	N	0.62	N			0.04	NW	0.23	NW	0.75	NW
15	1.43	NW	0.95	N			0.47	N	0.40	N			0.05	NNE	0.24	NW	0.49	NW
16	1.27	NW	0.89	N			0.53	N	0.21	N			0.03	ENE	0.18	NW	0.52	NW
17	1.28	NW	0.74	N			0.60	N	0.26	N			0.01	E	0.17	NW	0.39	NW
18	1.19	NW	0.63	N			0.53	N	0.23	N			0.00	E	0.10	NW	0.27	NW
19	0.86	NW	0.64	N			0.51	N	0.11	N			0.00		0.08	NW	0.16	NW
20	0.84	NW	0.51	N			0.29	N	0.15	N			0.00		0.10	NW	0.18	NW
21	1.00	NW	0.38	N			0.42	N	0.24	N			0.00		0.08	WNW	0.31	WNW
22	0.88	NW	0.23	N			0.26	N	0.16	N			0.00	NW	0.04	WNW	0.23	NW
23	0.74	NW	0.12	N			0.16	N	0.15	N			0.00	NW	0.05	NW	0.20	NW
24	0.73	NW	0.25	N			0.08	N	0.01	N			0.00	NW	0.06	NW	0.19	NW
Día	1.11	NW	0.66	N	0.45	N	0.45	N	0.29	N	0.10	N	0.02	NW	0.14	NW	0.44	NW

Estos datos horarios no muestran cambios bruscos en la dirección predominante que puedan evidenciar cambios en la dirección entre el día y la noche, es decir, no detectan la ocurrencia de vientos Catabáticos en las cercanías de la estación Bayano. Es importante tener presente que, en el caso de ocurrir eventos aislados con cambio brusco en la dirección, estos tendrán velocidades menores que los vientos diurnos.

En la tabla anterior se ha resaltado en colores rosados las velocidades superiores al promedio diario y se observa que estas ocurren en todos los meses entre las 9 de la mañana y las 4 de la tarde.

Para describir el comportamiento del viento en temporada seca y temporada lluviosa hemos preparado los mapas mensuales de diciembre y enero, como representativos de la temporada seca. Para representar la temporada lluviosa, el mes de septiembre y octubre. En estos mapas se representa como vector la dirección predominante del viento y la velocidad media en 4 estaciones, a saber: Bayano, Tolú, Agua Caliente y

Las Tablas, estas estaciones mantienen registros cortos de datos, en la mayoría de ellas se trabajó con un año de datos.

Es importante tener presente que la dirección del viento indica el lugar de donde viene el viento y en los mapas se indica con una flecha la dirección para dónde va el viento. Estos mapas contienen las facilidades del proyecto, en color amarillo, representadas y explicadas en la Figura 2-16: Mapa de dirección y velocidad de viento, Proyecto Minero Cerro Quema.

A continuación en la Tabla 1-4 se presentan las características de las estaciones utilizadas para el análisis del viento.

Tabla 1-4: Estaciones utilizadas para el análisis del viento

Estación	UTM oeste	UTM norte	Elevación (msnm)	Operador	Provincia
Las Tablas	539258.40	835781.60	145	IDIAP-MINA	Los Santos
Agua Caliente	543136.20	823477.10	107	IDIAP-MINA	Los Santos
Bayano	567921.60	843858.10	255	IDIAP	Los Santos
El Tolú	581235.40	857863.00	40	IDIAP	Los Santos

El análisis de la dirección del viento predominante lo podemos resumir en las tablas 1-5 y 1-6.

Tabla 1-5: Velocidad media del viento (m/s)

Estaciones	UTM ESTE	UTM NORTE	ELEVACIÓN (MSNM)	Ene	Sep	Oct	Dic
Las Tablas	539258.40	835781.60	145	2.95	0.74	0.38	1.59
Agua Caliente	543136.20	823477.10	107	5.82	1.01	1.84	0.38
Bayano	567921.60	843858.10	255	1.11	0.10	0.02	0.44
Tolú	581235.40	857863.00	40		0.37	0.35	1.14

Tabla 1-6: Cuadrante de la Dirección predominante del viento

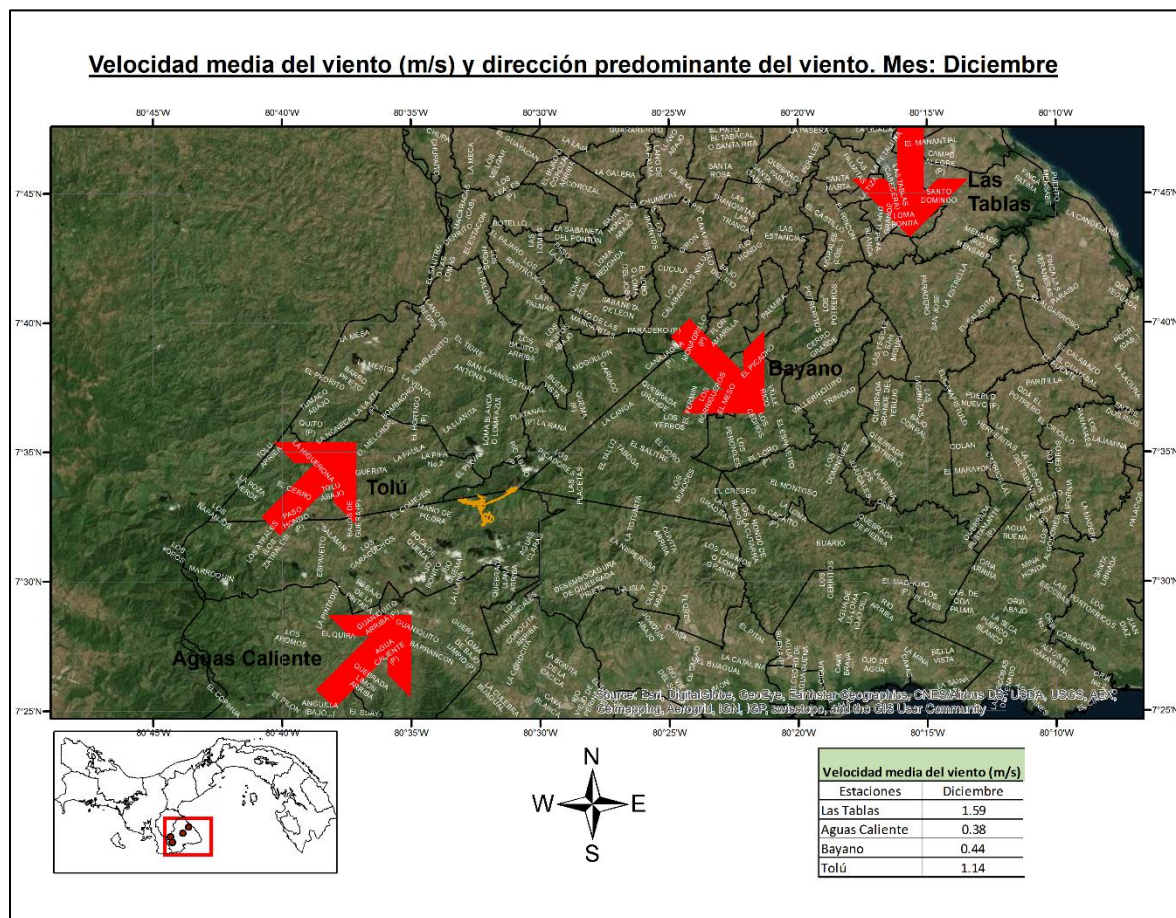
	UTM ESTE	UTM NORTE	ELEVACIÓN (MSNM)	Ene	Sep	Oct	Dic
Las Tablas	539258.40	835781.60	145	SSE	SSE	N	SW
Agua Caliente	543136.20	823477.10	107	E	E	SW	SW
Bayano	567921.60	843858.10	255	NW	N	NW	NW
Tolú	581235.40	857863.00	40		ESE	S	N

1.4 COMPORTAMIENTO DEL VIENTO EN LA TEMPORADA SECA

En los mapas siguientes hemos colocado la dirección del viento predominante en flechas rojas indicando la dirección hacia donde se dirige el flujo, teniendo como origen la estación de medición.

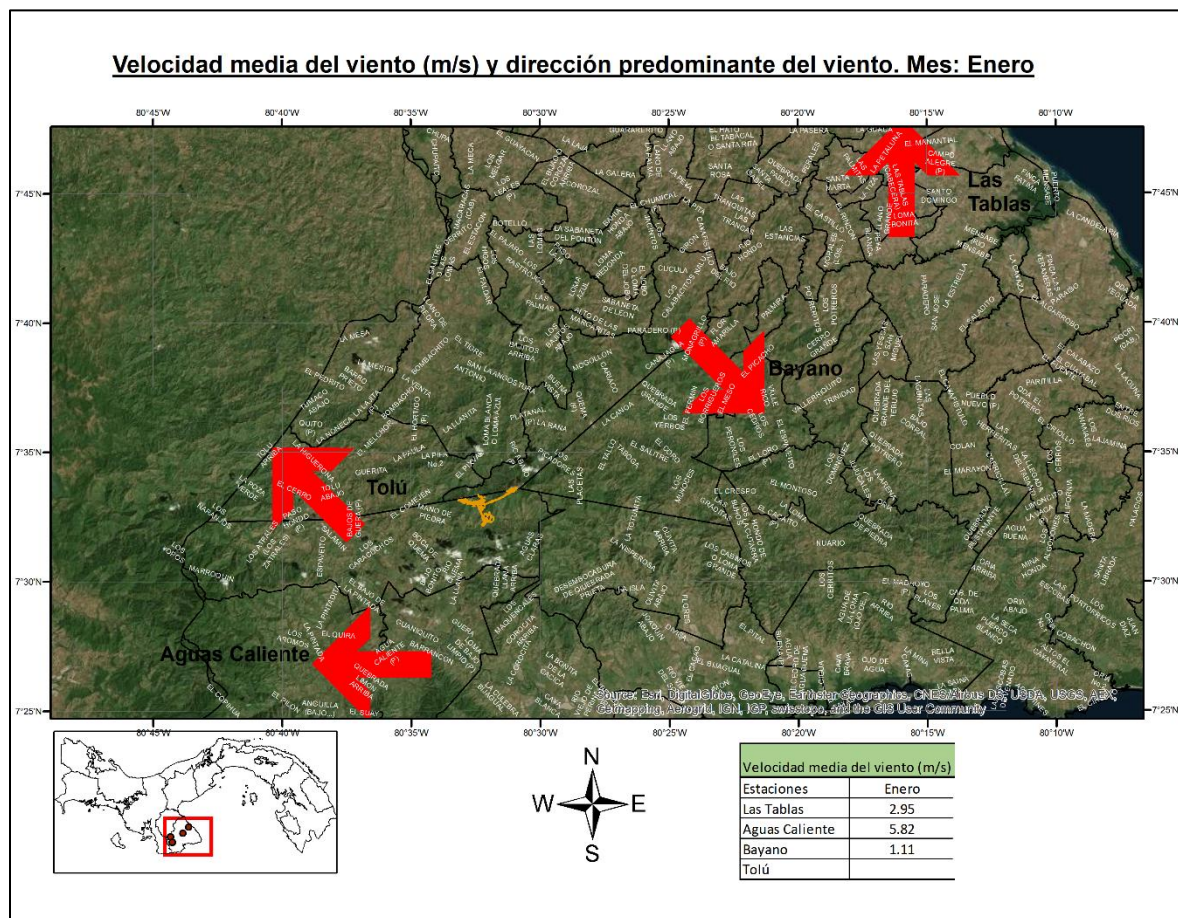
A continuación el mapa del mes de diciembre, como primer mes de la temporada seca, como se puede notar el viento en la estación El Tolú y Agua Caliente fluye hacia el área de la Minera Cerro Quema, durante este mes no hay predominancia de vientos saliendo del área de la MCQ. Se nota un aumento en la velocidad media del viento de 1.95 m/s en la estación Las Tablas.

Figura 1-1: Mapa velocidad y dirección del viento. Mes Diciembre.



Del mapa del flujo de viento de enero podemos destacar un flujo en dirección hacia la hacia la comunidad de El Tolú, desde el área de la MCQ. Para el área de Agua Caliente el viento proviene del Este y se dirige al Oeste por lo que esta comunidad no se verá afectada con algún material que pueda ser transportado en el aire desde la MCQ. Las comunidades hacia el Norte y Este cercanas a los puntos de observación de Bayano y Las Tablas no parecen estar afectadas por flujo de viento desde la MCQ. En relación a la velocidad del viento podemos agregar que en este mes se registran los valores medios más altos, sobre todo en las estaciones Las Tablas y Agua Caliente

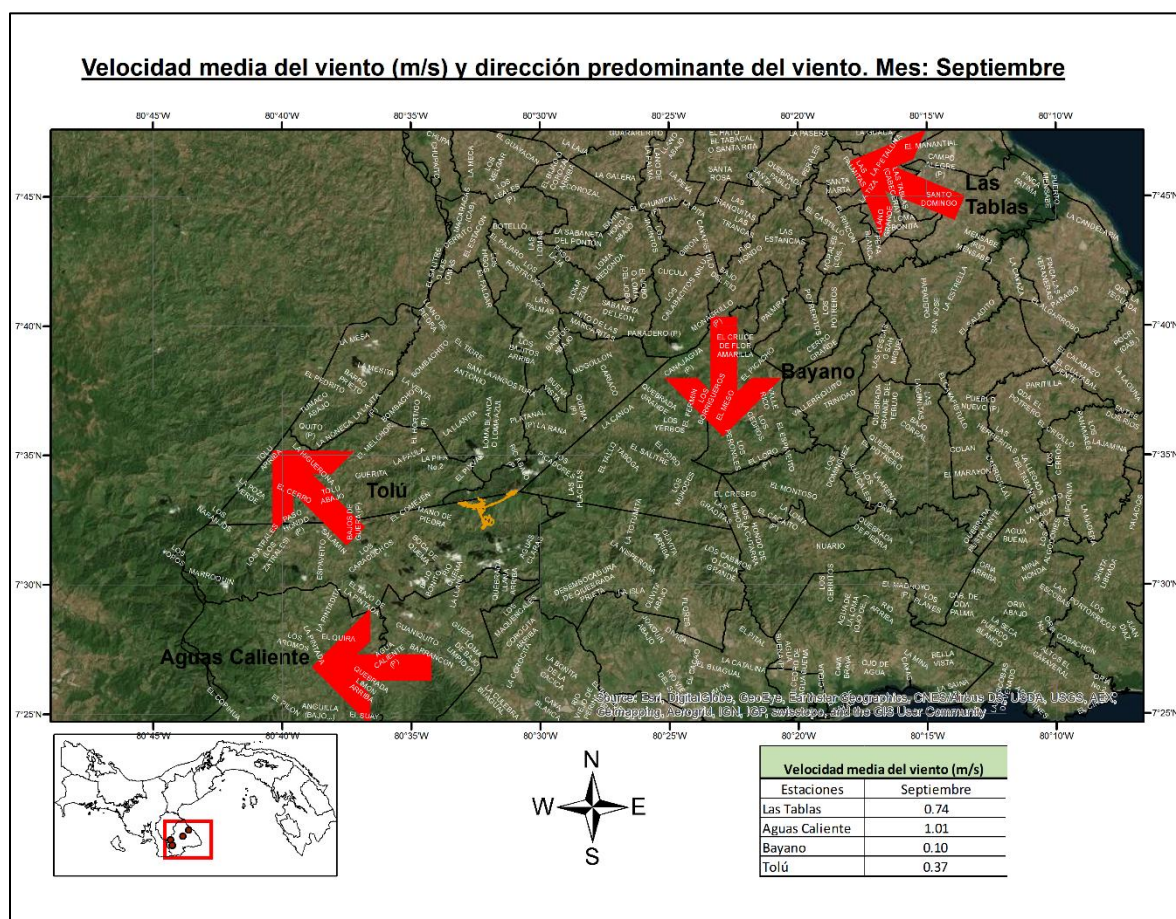
Figura 1-2: Mapa velocidad y dirección del viento. Mes Enero



1.5 COMPORTAMIENTO DEL VIENTO EN LA TEMPORADA LLUVIOSA

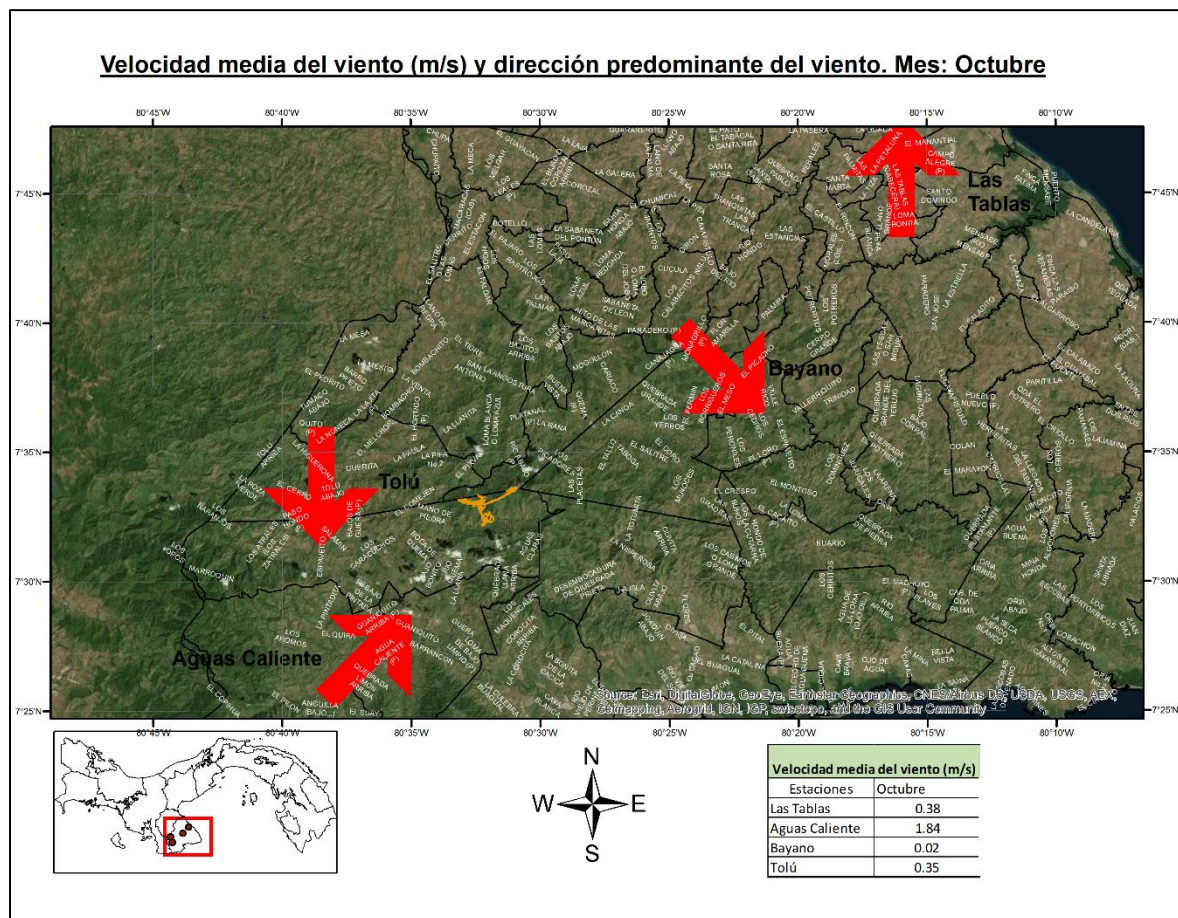
El mapa del mes de septiembre se observa que la comunidad de El Tolú está bajo el flujo de viento que procede del Sur sureste, lo que pudiera permitir el transporte de materiales desde la MCQ hacia la comunidad cercana al punto de observación de El Tolú. Las comunidades al Sur y al Noreste de la MCQ no se verán afectadas en el caso de materiales que viajen en el viento. El mes de septiembre registra valores bajos de velocidad de viento.

Figura 1-3: Mapa velocidad y dirección del viento. Mes Septiembre



Del mapa de viento del mes de octubre se nota una circulación de viento en dirección hacia el área de la MCQ, o sea, sin transporte de materiales procedentes de la minera hacia los poblados circundantes. También se nota que la velocidad del viento disminuye considerablemente con relación a la temporada seca.

Figura 1-4: Mapa velocidad y dirección del viento. Mes Octubre



1.6 CONCLUSIONES

Del análisis de los datos de viento, podemos concluir que:

1. La amplitud diurna de la temperatura, medida en el área del proyecto, es un factor que propicia la ocurrencia de vientos Catabáticos, sobre todo en los meses de temporada seca.
2. De acuerdo a los datos analizados, no se observa un cambio brusco en la dirección del viento entre el día y la noche, por lo tanto, no se puede confirmar la existencia de vientos Catabáticos.
3. La mayor intensidad del viento ocurre entre las 9 de mañana y las 4 de la tarde y de acuerdo a la definición los vientos Catabáticos estos ocurren en horas nocturnas.
4. Las mayores velocidades del viento ocurren en los meses de temporada seca, sobre todo en el mes de enero.
5. Del análisis del flujo del viento predominante, medido en las 4 estaciones en los alrededores del proyecto, el poblado cercano a la estación El Tolú es el que presenta más meses con un flujo de viento desde el área de la MCQ, lo que pudiera permitir el transporte de materiales desde la MCQ hacia la comunidad cercana al punto de observación de El Tolú.
6. Que las comunidades hacia el noreste del proyecto no se ven afectadas por el flujo predominante del viento.

Documento preparado a solicitud de la Minera Cerro Quema por:

Lic. Berta Alicia Olmedo Vernaza

Especialista en Meteorología Aplicada

Lic. Estadística

Meteoróloga Clase II de la Organización Meteorológica Mundial

Contactos:

berta.olmedo@yahoo.es

Tel. 6678-4344

Panamá, 29 de marzo de 2016.