

COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE BAJA CALIFORNIA SUR, A.C.

**ESTUDIO RELATIVO AL MOVIMIENTO DE
POLVO (RESIDUO DE MINA) DEBIDA A
LA ACCIÓN DEL VIENTO.**

LA PAZ, B.C.S. OCTUBRE DE 2010

1.- INTRODUCCIÓN.

EL PRESENTE ESTUDIO TIENE EL OBJETIVO DE CONOCER TÉCNICAMENTE CUAL ES EL MOVIMIENTO DEL POLVO PRODUCIDO DURANTE LA OPERACIÓN Y DESPUÉS DE TERMINADO EL PERIODO OPERATIVO DE UNA MINA CIELO ABIERTO, ASÍ COMO SUS EFECTOS DENTRO DEL ÁREA DESTINADA A LA MINERÍA, Y TAMBIÉN EN ÁREAS LEJANAS SITUADAS ALREDEDOR DEL DESARROLLO MINERO EN EL ESTADO DE B.C.S.

CONSIDERANDO EL CLIMA QUE PREVALECE EN LA REGIÓN, ES DECIR, CON ESTACIONES SECAS DURANTE LA MAYOR PARTE DEL AÑO, Y VIENTOS CONSTANTES DURANTE EL OTOÑO E INVIERNO, ADEMÁS DE LA TEMPORADA HURACANES.

2.- BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DEL METAL.

- 1.- CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS EN TODA EL AREA.
- 2.- CONSTRUCCIÓN DE OFICINAS, PLANTA DE PRODUCCIÓN, BODEGAS Y TALLERES.
- 3.- EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO HASTA 300 O MÁS METROS DE PROFUNDIDAD. POR UN KILÓMETRO DE ANCHO Y UN KILÓMETRO DE LARGO APROXIMADAMENTE.
- 4.- MOLIDO DE ROCAS HASTA HACERLAS POLVO MUY FINO.
- 5.- MEZCLA DEL POLVO DE ROCA CON AGUA Y CIANURO DE SODIO.
- 6.- SEPARACIÓN DE METALES.
- 7.- RETIRO DE MATERIAL SOBRENTE A PUNTOS ALEJADOS DEL AREA DE EXTRACCIÓN DONDE SE SECARÁ POR LA ACCIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR.
- 8.- ABANDONO DEL AREA CUANDO SE AGOTE EL MINERAL.

3.- ESTUDIO TÉCNICO DE LAS PARTICULAS POR LA ACCIÓN DEL VIENTO.

CUANDO UNA MASA DE AIRE SE MUEVE CON RESPECTO A UN CUERPO, O EL CUERPO CON RELACIÓN AL AIRE, SE INTRODUCE LA PRESIÓN DINÁMICA.

EL EFECTO DE LAS PRESIONES Y VELOCIDADES SE MUESTRA EN LA SIGUIENTE FIGURA No.1.

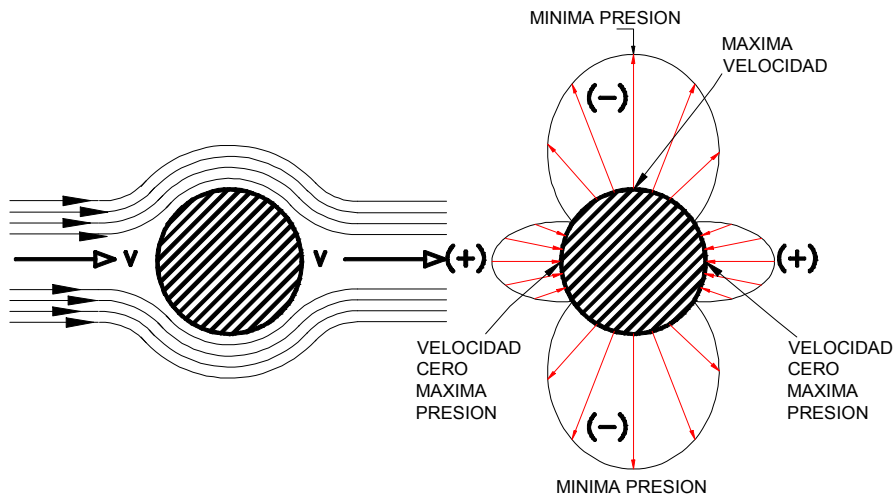


FIGURA No. 1

LA LÍNEA DE CORRIENTE QUE LLEGA HASTA LA PARTE FRONTAL DEL CUERPO CHOCA CONTRA EL MISMO, DISMINUYENDO SU VELOCIDAD A CERO.

ANTES DE LLEGAR A ESTE PUNTO, EL AIRE POSEE UNA DETERMINADA PRESIÓN DINÁMICA Y UNA PRESIÓN ESTÁTICA, PERO POR EFECTO DEL CHOQUE Y LA REDUCCION DE LA VELOCIDAD A CERO, LA PRESIÓN DINÁMICA SE CONVIERTE TOTALMENTE EN PRESIÓN ESTÁTICA QUE SUMADA A LA PRESIÓN ESTÁTICA AMBIENTE SE OBTIENE LA PRESIÓN DINÁMICA TOTAL. PRODUCIENDO UNA FUERZA HACIA LA DERECHA.

EN EL PUNTO DE VELOCIDAD CERO EVIDENTEMENTE LA PRESIÓN SOBRE EL CUERPO ES MAYOR QUE LA ESTÁTICA AMBIENTE E INMEDIATAMENTE ARRIBA Y DEBAJO DE ESTE PUNTO EL AIRE NO SE PARA TOTALMENTE, PERO SÍ DISMINUYE LA VELOCIDAD CON RELACIÓN A LA QUE TENIA ANTES DE LLEGAR AL CUERPO.

LA VELOCIDAD DEL AIRE EN LA PARTE SUPERIOR E INFERIOR AUMENTA CON RELACIÓN A LA VELOCIDAD MEDIA QUE TENIA ANTES DE ESTAR EN CONTACTO CON LA PARTÍCULA, AL AUMENTAR LA VELOCIDAD SE PRESENTA UNA REDUCCIÓN DE PRESIÓN COMO SE APRECIA EN LA FIGURA No. 1.

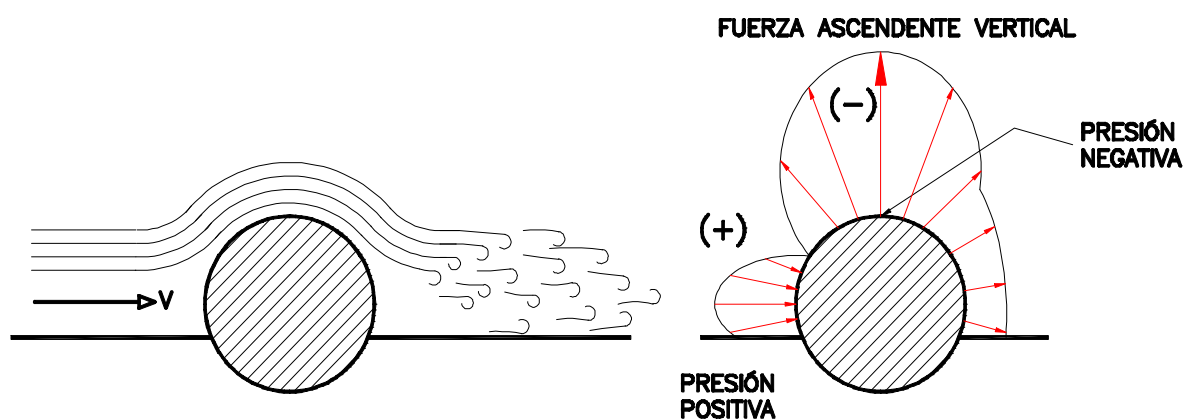


FIGURA No. 2

EN EL CASO DE TENER PARTÍCULAS DE POLVO SOBRE LA SUPERFICIE DEL TERRENO, LA VELOCIDAD DEL VIENTO DEBAJO DE LA PARTÍCULA ES CERO Y LA VELOCIDAD QUE ESTÁ SOBRE LA PARTÍCULA ES LA VELOCIDAD DEL VIENTO PRESENTE, POR LO TANTO SE PRODUCE UNA FUERZA VERTICAL QUE LEVANTA LA PARTÍCULA INEVITABLEMENTE. (VER FIGURA No. 2).

4.- VIENTOS DOMINANTES EN EL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR.

LAS CONDICIONES DEL VIENTO EN EL ESTADO SON MUY DIVERSAS.

LA DIRECCIÓN DE LOS VIENTOS DOMINANTES DE NORTE A SUR SON DE NOVIEMBRE A MAYO Y DE SUR A NORTE DE JUNIO A OCTUBRE, ADICIONALMENTE EN LAS COSTAS DEL PACÍFICO ES DESDE EL NOROESTE TODO EL AÑO.

POR OTRA PARTE EN LA ÉPOCA DE HURACANES QUE ES DE MAYO A NOVIEMBRE LA DIRECCIÓN DEL VIENTO ES EN TODAS LAS DIRECCIONES YA QUE SU UBICACIÓN CAMBIA CONSTANTEMENTE, SEGÚN SE DESPLACE EL CENTRO DEL HURACÁN.

LOS HURACANES QUE SE REGISTRAN EN EL ESTADO SON DE DOS TIPOS, PARA NUESTRO ESTUDIO, LOS QUE REGISTRAN VIENTO Y LLUVIA Y LOS QUE SOLO TRAEN VIENTO, ESTO ÚLTIMOS SON LOS QUE NOS AFECTAN EN FORMA MAS IMPORTANTE.

SE HAN REGISTRADO VELOCIDADES DE 200 KM/HR.

EL RECORRIDO DE LOS HURACANES ES COMO SE INDICA EN LA FIGURA No. 3

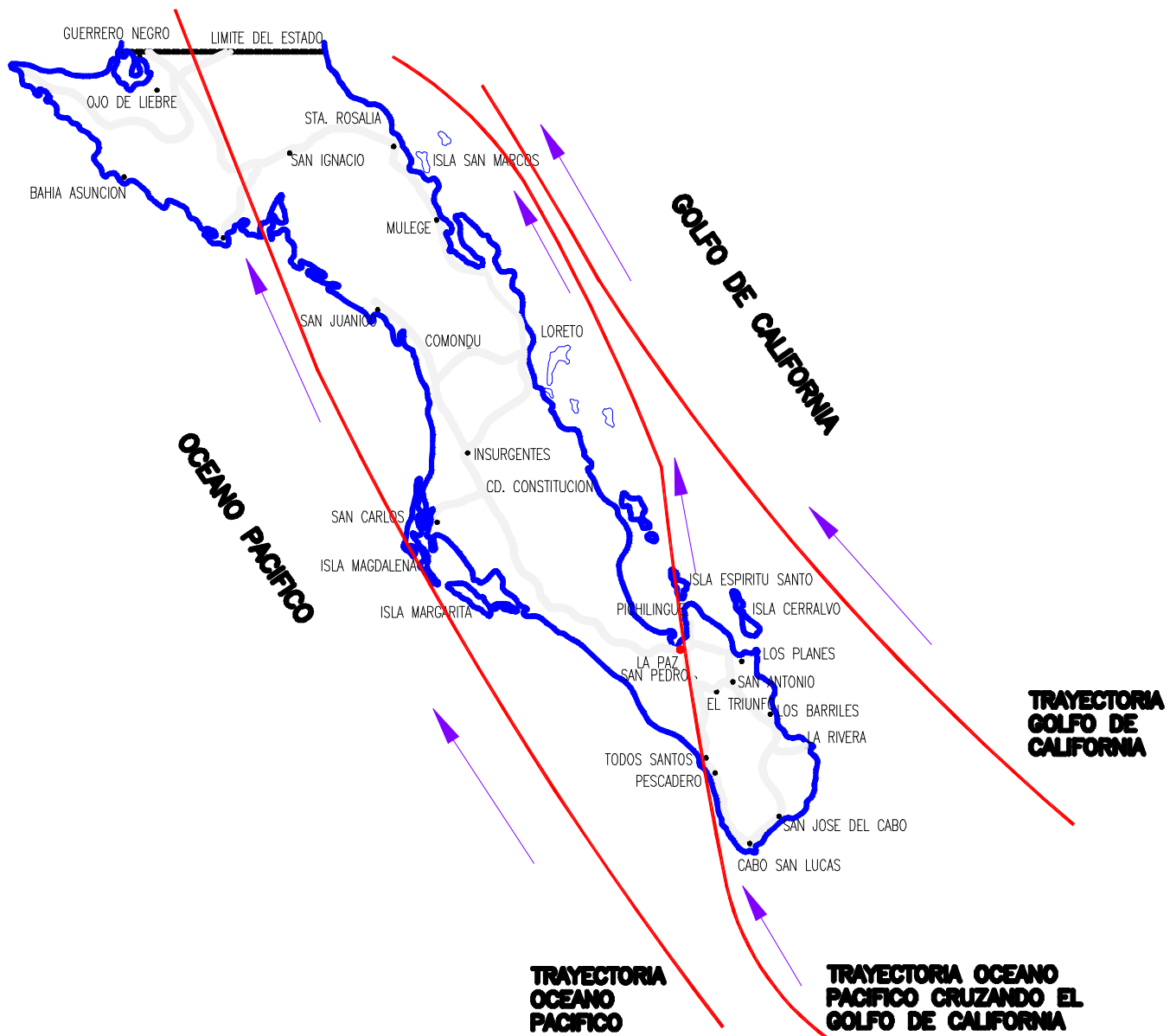


FIGURA No. 3

5.- ESTUDIO DE VIENTO SEGÚN EL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES.

EN EL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR EN LAS NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS CAPITULO 9.- ANALISIS POR VIENTO, DICE QUE SE DEBE TOMAR EN CUENTA LA FUERZA QUE PRODUCEN LOS VIENTOS FUERTES SOBRE LAS SUPERFICIES.

ESTA NORMA SE DIVIDE EN DOS PARTES:

LA PRIMERA ES DEFINIR LA VELOCIDAD DEL VIENTO QUE EXISTE EN CADA REGIÓN DEL ESTADO DE B.C.S.

LA SEGUNDA ES CALCULAR LA FUERZA QUE PRODUCE EL VIENTO SOBRE LAS SUPERFICIES (ESTA INFORMACIÓN SERVIRÁ POSTERIORMENTE PARA HACER EL CÁLCULO).

CON RELACION A LA PRIMERA PARTE, LA NORMA ESTABLECE QUE SE CONSIDERE UNA VELOCIDAD DE 170 KM/HORA, PARA CUALQUIER PUNTO EN EL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR.

LA SEGUNDA PARTE DE LA NORMA NOS PERMITE CALCULAR LA FUERZA PRODUCIDA POR EL VIENTO, UTILIZANDO LA FÓRMULA:

$$P = NCV^2$$

DONDE:

P = PRESIÓN DEL VIENTO EN KG/M2.

N = COEFICIENTE QUE INVOLUCRA LA DENSIDAD DEL AIRE Y LA ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR.

C = COEFICIENTE QUE DEPENDE DE LA UBICACIÓN DE LA SUPERFICIE EN ESTUDIO CON RELACIÓN AL VIENTO.

V = VELOCIDAD DEL VIENTO. PARA EL REGLAMENTO ESTA VELOCIDAD SE AFECTA POR VARIOS COEFICIENTES, QUE DEPENDEN DEL TIPO DE CONSTRUCCIÓN, PARA ESTE ESTUDIO CONSIDERAREMOS LA VELOCIDAD SIN AFECTARLA POR COEFICIENTES, ES DECIR,

V = 170 KM/HR. (SIN CONSIDERAR RÁFAGAS).

CÁLCULO DE LA PRESIÓN DEL VIENTO

PARA ESTE CASO SE HACEN LAS SIGUIENTES CONSIDERACIONES:

EL VALOR DEL COEFICIENTE **N** SE OBTIENE DE LA SIGUIENTE MANERA;

$$N = 0.005 \frac{8 + a}{8 + 2a}$$

DONDE:

a = ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR EN KM.

CONSIDERANDO UN VALOR DE 0.5 KM PARA LA ZONA EN DONDE SE REALIZA EL ESTUDIO.

$$N = 0.005 \frac{8 + 0.5}{8 + (2 * 0.5)} = 0.00472$$

EL VALOR DEL COEFICIENTE **C** ES EL VALOR MEDIO TOMADO DE LAS NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR, PARA SUPERFICIES HORIZONTALES.

$$C = 1.0$$

SUSTITUYENDO VALORES EN LA FÓRMULA:

$$P = NCV^2$$

$$P = 0.00472 \times 1.0 \times V^2$$

EL VALOR DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO **V** SE CONSIDERARÁ DE 0 KM/HR HASTA 170 KM/HR.

6.- DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DEL CÁLCULO PARA DETERMINAR EL MOVIMIENTO DE LAS PARTÍCULAS DE POLVO POR LA ACCIÓN DEL VIENTO.

PROCEDEREMOS A CALCULAR LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS PARTÍCULAS DE POLVO, SU AREA TRANSVERSAL, VOLUMEN, PESO Y LA FUERZA QUE ACTUA SOBRE UNA SUPERFICIE POR EFECTO DEL VIENTO.

Y CON LA INFORMACIÓN ANTERIOR SE CALCULARÁ LA FUERZA ASCENDENTE QUE PRODUCE EL VIENTO SOBRE UNA PARTÍCULA DE POLVO Y SE COMPARA CON EL PESO DE LA MISMA, PARA DEFINIR CON QUE VELOCIDAD SE INICIA EL LEVANTAMIENTO DEL POLVO Y EN QUE SITUACIÓN QUEDA CUANDO HAYA VIENTO PRODUCIDO POR UN HURACAN.

LOS VALORES DE LA PRESIÓN OBTENIDOS PARA ESTAS VELOCIDADES SE PRESENTARÁN EN UNA TABLA, JUNTO CON LOS VALORES DE FUERZA ASCENDENTE Y LA RELACIÓN DE FUERZA ASCENDENTE Y PESO. (VER TABLA No. 1).

CARACTERÍSTICAS DE LAS PARTICULAS DE POLVO

DIÁMETRO (**D**) = 160 MICRAS (TAMAÑO DEL MATERIAL PRODUCIDO POR EL MOLINO DE UNA MINA DE ORO).

$$D = 1.6 \times 10^{-4} M$$

$$RADIO = r = \frac{D}{2} = \frac{1.6 \times 10^{-4}}{2} = 0.8 \times 10^{-4} M^2$$

CÁLCULO DEL PESO DE LA PARTICULA

PESO VOLUMÉTRICO (PV) = VARIABLE DE 2,000 KG/M³ A 5,000 KG/M³. TOMAREMOS EL VALOR MÁS ALTO PARA CONSIDERAR TODO TIPO DE MATERIAL.

$$RADIO = r = \frac{D}{2} = \frac{1.6 \times 10^{-4}}{2} = 0.8 \times 10^{-4} M^2$$

$$VOLUMEN = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \times 3.1416 \times (0.8 \times 10^{-4})^3 = 2.144 \times 10^{-12} M^3$$

W = VOLUMEN x PESO ESPECIFICO

$$W = 2.144 \times 10^{-12} M^3 \times 5000 KG / M^3 = 10.71 \times 10^{-9} KG$$

CÁLCULO DE LA FUERZA ASCENDENTE DE LA PARTICULA PRODUCIDA POR EL VIENTO

$$AREA = \pi r^2$$

$$AREA = 3.1416 \times (0.8 \times 10^{-4})^2 = 2.011 \times 10^{-8} M^2$$

LA FUERZA ASCENDENTE QUE PRODUCE EL VIENTO CON VELOCIDADES DE 0 KM/HR A 170 KM/HR.

TABLA No. 1

PESO DE PARTÍCULA KG	VELOCIDAD DE VIENTO KM/HR	FUERZA ASCENDENTE KG	RELACIÓN FUERZA ASCENDENTE/PESO
		$P = NCV^2$	
1.071 X 10-8	0	0	0
1.071 X 10-8	10	9.492 X 10-9	1
1.071 X 10-8	20	3.797 X 10-8	4
1.071 X 10-8	30	8.543 X 10-8	8
1.071 X 10-8	40	1.519 X 10-7	14
1.071 X 10-8	50	2.373 X 10-7	22
1.071 X 10-8	60	3.417 X 10-7	32
1.071 X 10-8	70	4.651 X 10-7	43
1.071 X 10-8	80	6.075 X 10-7	57
1.071 X 10-8	90	7.688 X 10-7	72
1.071 X 10-8	100	9.492 X 10-7	89
1.071 X 10-8	110	1.149 X 10-6	107
1.071 X 10-8	120	1.367 X 10-6	128
1.071 X 10-8	130	1.604 X 10-6	150
1.071 X 10-8	140	1.860 X 10-6	174
1.071 X 10-8	150	2.136 X 10-6	199
1.071 X 10-8	160	2.430 X 10-6	227
1.071 X 10-8	170	2.743 X 10-6	256

EN LA ÚLTIMA COLUMNA DE LA TABLA ANTERIOR TENEMOS LOS VALORES DE LA RELACIÓN FUERZA ASCENDENTE/PESO ES DECIR, NOS INDICA QUE CON LA VELOCIDAD DEL VIENTO DE 10 KM/H, LA FUERZA ASCENDENTE ES PRACTICAMENTE IGUAL AL PESO DE LA PARTÍCULA, CON 20 KM/HR LA FUERZA ASCENDENTE ES 4 VECES EL PESO DE LA PARTÍCULA Y ASÍ SUCESIVAMENTE.

7.- CARACTERÍSTICAS DEL NUEVO SUELO FORMADO POR LA ACUMULACIÓN DEL POLVO.

DEBIDO A QUE EL POLVO TIENE UN TAMAÑO MÁXIMO DE 160 MICRAS Y UN PORCENTAJE DE PARTÍCULAS MENORES, LA CLASIFICACIÓN DE ESTE NUEVO SUELO SE DENOMINA LIMO (CLASIFICACIÓN ML) Y ARENA FINA (CLASIFICACIÓN SM).

UNA DE LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES ES LA BAJA PERMEABILIDAD, COMO SE VE EN LA SIGUIENTE TABLA No. 2

TABLA No. 2
VALORES DE TAMAÑOS Y DE PERMEABILIDAD DE PARTÍCULAS.

SUELO	TAMAÑO (CM)	PERMEABILIDAD (MICRAS/SEG)
GRAVA GRUESA	7.50	1100
GRAVA MEDIA	2.00	160
GRAVA FINA	1.00	71
ARENA GRUESA	0.50	1.10
ARENA MEDIA	0.10	0.29
ARENA FINA	0.02	0.20
LIMO	0.01	0.15

COMO PUEDE OBSERVARSE, LOS VALORES DE LA PERMEABILIDAD DE LA ARENA FINA Y LIMO SON LOS MÁS BAJOS, ESTO QUIERE DECIR QUE EL AGUA PASA EN MUY POCA VELOCIDAD A TRAVÉS DE ESTE MATERIAL.

ESTO QUIERE DECIR QUE UNA CAPA DE ESTE NUEVO SUELO VA A PRODUCIR QUE COEFICIENTE DE INFILTRACIÓN TENDRÁ UN VALOR BAJO.

8.- CONCLUSIONES:

1.- EL VIENTO PUEDE LEVANTAR LAS PARTÍCULAS DE POLVO CONSIDERANDO LA VELOCIDAD DE VIENTO DESDE LOS 20 KM/HR.

2.- EL MOVIMIENTO DEL POLVO INICIA DESDE QUE SE CONSTRUYEN LOS CAMINOS EN EL ÁREA DE LA MINA, INTENSIFICÁNDOSE GRADUALMENTE CONFORME SE HACEN LAS EXTRACCIONES DE ROCA Y MAS TODAVÍA CON LOS DESECHOS DEL POLVO UNA VEZ REALIZADO EL PROCESO DE RETIRO DEL METAL.

2.- CON UN VIENTO DE 170 KM/HR, LA FUERZA ASCENDENTE SOBRE CADA PARTÍCULA SERÁ 256 VECES MAYOR QUE SU PESO.

3.- EN CASO DE HURACÁN LAS CANTIDADES DE POLVO SERÁN MUY GRANDES, YA QUE NO SE DETENDRÁ EL MOVIMIENTO DEL POLVO HASTA QUE LA VELOCIDAD SEA MENOR A 20 KM/HR.

4.- ESTE MATERIAL CUBRIRÁ LA SUPERFICIE DEL TERRENO EN TODAS DIRECCIONES ALREDEDOR DEL PROYECTO MINERO. EN UNA HORA DE VIENTO TENDRÍA UN ALCANCE DE 170 KILÓMETROS.

5.- EL DESPLAZAMIENTO DE POLVO ES INEVITABLE YA QUE EL MATERIAL SUELTO Y SECO ESTÁ TANTO EN EL ÁREA DE EXCAVACIONES COMO EN EL DE DESECHOS.

9.- CONSECUENCIAS DE TENER GRANDES CANTIDADES DE POLVO EN EL TERRENO NATURAL:

1.- EL MATERIAL SUELTO RELLENARÁ ÁREAS MUY AMPLIAS AFECTANDO LA FLORA DEL LUGAR. NO SOLO DEL ÁREA DESTINADA A LA MINA SINO DE UNA ÁREA ALREDEDOR, QUE INCLUIRÁ SIN DUDA LOS MUNICIPIO DE LA PAZ Y LOS CABOS, LLEGANDO AL GOLFO DE CALIFORNIA Y OCÉANO PACIFICO.

2.- COMO RESULTADO DEL PUNTO ANTERIOR SE AFECTARÁ TAMBIÉN LA FAUNA SILVESTRE. DISMINUYENDO EN CANTIDAD Y VARIEDAD.

3.- AL REDUCIRSE LA FLORA NATURAL, SE PROPICIA UNA MAYOR EROSIÓN, YA QUE ÉSTA SOSTIENE LA DELGADA CAPA DE TIERRA VEGETAL SUPERFICIAL. SE INICIA EL PROCESO DE DESERTIFICACIÓN, QUEDANDO LA ROCA LIMPIA EXPUESTA A LA INTEMPERIE.

4.- EL POLVO TRANSPORTADO POR EL VIENTO, PRODUCTO DE LA MOLIENDA DE LA MINA LLEVA GRAN CANTIDAD DE MATERIALES DIVERSOS, ALGUNOS SON PERJUDICIALES A LA SALUD, QUE PUEDEN LLEGAR FÁCILMENTE A LA SUPERFICIE DE LA CUENCA HIDROLÓGICA QUE RECARGA LOS ACUÍFEROS, Y A SU VEZ QUE ALIMENTAN LOS POZOS DE AGUA POTABLE.

5.- DEBIDO A LA EROSIÓN Y A LA ACUMULACIÓN DE POLVO FINO EN LA SUPERFICIE DE LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS, EL COEFICIENTE DE INFILTRACIÓN, ES DECIR, LA CANTIDAD DE AGUA QUE PASA DE LA SUPERFICIE AL SUBSUELO DISMINUIRÁ, POR LO QUE LA RECARGA DEL ACUÍFERO TAMBIÉN SE REDUCIRÁ.

10.- CONCLUSIÓN.

LA INSTALACIÓN DE UNA MINA A CIELO ABIERTO NO ES RECOMENDABLE YA QUE AFECTA LA FLORA, FAUNA Y ACUÍFERO DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR.

11.- REFERENCIAS.

1.- REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR.

2.- C. F.E. MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES.

3.- W. LAMBE. MECÁNICA DE SUELOS.

4.- C. CRESPO. MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES.