ANEXO 1. DISEÑO DE LA CRIBA VIBRATORIA

Este tipo de cribas se utilizan de forma habitual cuando se desea tratar una gran capacidad de material y obtener una elevada eficacia en la operación de tamizado. La capacidad, sobre todo en los tamaños más finos, es mucho mayor que en cualquiera de los otros tipos de cribas, por lo que han remplazado prácticamente a todos los otros tipos, en los casos en los que la eficacia de la criba es un factor importante. Entre sus ventajas caben destacar :

- La exactitud de la selección de tamaños.
- El aumento de la capacidad por unidad de área.
- El bajo coste de mantenimiento por tonelada de material tratado.
- Ahorro en el espacio necesario para la instalación.

En el mercado hay una gran variedad de cribas vibratorias, pero se pueden dividir básicamente en dos clases principales : tamices con vibración mecánica y tamices con vibración eléctrica. En el caso que concierne a este proyecto, se usa una criba con vibración mecánica tipo “Ty-Rock” (figura A.1.1, tomada del Perry, Manual del Ingeniero Químico) montada sobre cuatro cojinetes, que se instala en posición inclinada. Es una máquina de impulso circular balanceado montada en un armazón de base que tiene un cuerpo de flotación completa, montado sobre unidades de caucho que absorben los impactos de los materiales pesados y permite que gire el eje en torno a su propio centro natural de rotación.

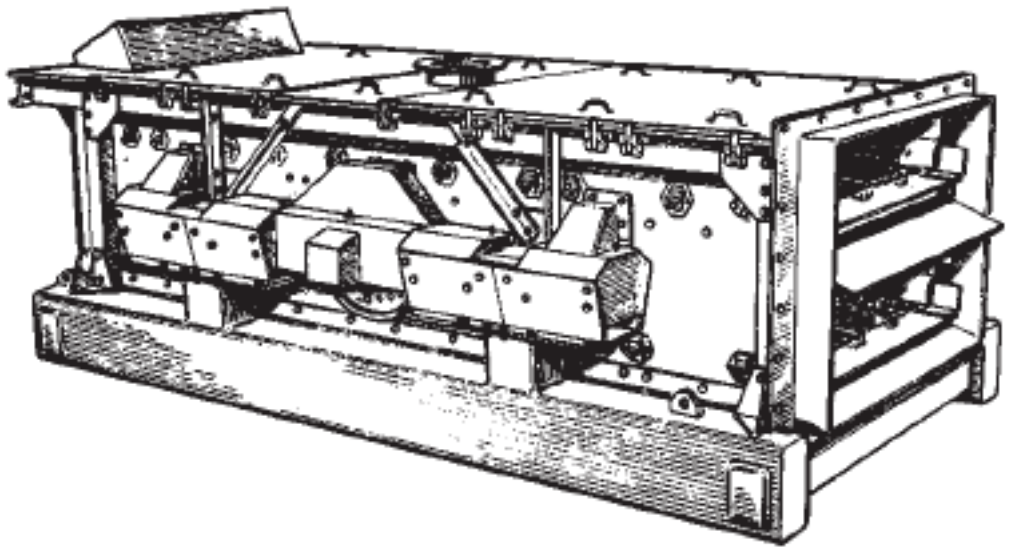

fig. A.1.1

Las variables que van a condicionar la operación de cribado son las siguientes :

- **Método de alimentación** : La alimentación a la criba vibratoria se hará de forma que se extienda uniformemente por a todo lo ancho de la tela de la malla y de forma que llegue a la superficie en dirección paralela al eje longitudinal de la criba, con una velocidad práctica tan baja como sea posible, para obtener de esta forma una eficiencia y capacidad máximas. Se va a alimentar a razón de 10 t/h, por tanto la máquina debe tener un rango de capacidad admisible capaz de tratar dicha alimentación.

- **Ángulo de inclinación** : Como se ha mencionado anteriormente, la criba se monta en posición inclinada con respecto a la horizontal. La pendiente óptima es aquella que permite manejar el volumen de partículas de tamaños mayores y retirar las partículas de tamaños menores que se requieran. Para separar el material en fracciones gruesas y finas , se debe limitar el espesor del lecho, de modo que la vibración pueda estratificar la carga y permitir que las partículas finas se abran paso hasta la superficie de la criba y pasen por las aberturas. La mayor pendiente hace que se incremente la velocidad de desplazamiento y, a una velocidad determinada, se reduce el espesor del lecho.

- **Dirección de rotación** : Al tratarse de una máquina de impulso circular, para obtener una mayor eficacia, se trabaja con rotación a contraflujo, es decir, hacer que el material descienda por la criba en contra de la rotación.

- **Frecuencia de vibración** : La frecuencia de vibración se debe diseñar para transportar el material adecuadamente y evitar que se atasque la tela. Esto va a depender en cierto punto del tamaño y del peso de los materiales que se manejan y se relacionan con el ángulo de inclinación y el tipo de superficie cribadora. El objetivo es ver que la alimentación se estratifique de forma adecuada para que la separación sea más eficiente.

- **Selección del tipo de tamiz** : Se restringe un tamaño de material con una granulometría inferior a 50,8 mm, como ya se ha mencionado. Por tanto, haciendo uso de la bibliografía (tabla 19-6 del Perry), se selecciona un tamiz de 2 pulgadas (50,8 mm) de abertura con un diámetro de hilo nominal de 0,1988 pulgadas (5,05 mm).

TABLE 19-6 U.S. Sieve Series and Tyler Equivalents
(ASTM—E-11-61)

Sieve designation		Sieve opening		Nominal wire diam.		
Standard	Alternate	mm	in (approx. equiva-lents)	mm	in (approx. equiva-lents)	Tyler equivalent designation
107.6 mm	4.24 in	107.6	4.24	6.40	0.2520	
101.6 mm	4 in†	101.6	4.00	6.30	.2480	
90.5 mm	3½ in	90.5	3.50	6.08	.2394	
76.1 mm	3 in	76.1	3.00	5.80	.2283	
64.0 mm	2½ in	64.0	2.50	5.50	.2165	
53.8 mm	2.12 in	53.8	2.12	5.15	.2028	
50.8 mm	2 in†	50.8	2.00	5.05	.1988	
45.3 mm	1¾ in	45.3	1.75	4.85	.1909	
38.1 mm	1½ in	38.1	1.50	4.59	.1807	
32.0 mm	1¼ in	32.0	1.25	4.23	.1665	
26.9 mm	1.06 in	26.9	1.06	3.90	.1535	1.050 in
25.4 mm	1 in†	25.4	1.00	3.80	.1496	
22.6 mm*	⅞ in	22.6	0.875	3.50	.1378	0.883 in
19.0 mm	¾ in	19.0	.750	3.30	.1299	.742 in
16.0 mm*	⅝ in	16.0	.625	3.00	.1181	.624 in
13.5 mm	0.530 in	13.5	.530	2.75	.1083	.525 in
12.7 mm	½ in†	12.7	.500	2.67	.1051	
11.2 mm*	7/16 in	11.2	.438	2.45	.0965	.441 in
9.51 mm	⅜ in	9.51	.375	2.27	.0894	.371 in
8.00 mm*	5/16 in	8.00	.312	2.07	.0815	2½ mesh
6.73 mm	0.265 in	6.73	.265	1.87	.0736	3 mesh
6.35 mm	¼ in†	6.35	.250	1.82	.0717	
5.66 mm*	No. 3½	5.66	.223	1.68	.0661	3½ mesh
4.76 mm	No. 4	4.76	.187	1.54	.0606	4 mesh
4.00 mm*	No. 5	4.00	.157	1.37	.0539	5 mesh
3.36 mm	No. 6	3.36	.132	1.23	.0484	6 mesh
2.83 mm*	No. 7	2.83	.111	1.10	.0430	7 mesh
2.38 mm	No. 8	2.38	.0937	1.00	.0394	8 mesh
2.00 mm*	No. 10	2.00	.0787	0.900	.0354	9 mesh
1.68 mm	No. 12	1.68	.0661	.810	.0319	10 mesh
1.41 mm*	No. 14	1.41	.0555	.725	.0285	12 mesh
1.19 mm	No. 16	1.19	.0469	.650	.0256	14 mesh
1.00 mm*	No. 18	1.00	.0394	.580	.0228	16 mesh
841 micron	No. 20	0.841	.0331	.510	.0201	20 mesh
707 micron*	No. 25	.707	.0278	.450	.0177	24 mesh
595 micron	No. 30	.595	.0234	.390	.0154	28 mesh
500 micron*	No. 35	.500	.0197	.340	.0134	32 mesh
420 micron	No. 40	.420	.0165	.290	.0114	35 mesh
354 micron*	No. 45	.354	.0139	.247	.0097	42 mesh
297 micron	No. 50	.297	.0117	.215	.0085	48 mesh

La corriente de suelo contaminado de 10 (t/h) alimentada a la criba tiene una granulometría dada en la siguiente tabla:

Tamaño (mm)	**< 1,41**	**1,41 - 4,76**	**4,76 – 9,51**	**9,51 – 25,4**	**25,4 – 50,8**	**> 50,8**
% p/p	20	60	5	5	5	5

Donde un 95 % del material contaminado presente tiene un tamaño menor de 50,8 mm y que, por tanto, ira en la corriente de tamizado. Este caudal de material tamizado es por tanto de 9,5 t/h (caudal que llega al desorbedor)

- **Cálculo de la superficie del tamiz necesario:**

Esta superficie se calcula en función de una serie de factores que a continuación se detallan.

$$A = \frac{T}{C \cdot M \cdot K \cdot H \cdot D \cdot S \cdot P}$$

donde,

- A es la superficie de cribado en m^2.
- T son las t/h de alimentación, en este caso 10 (t/h).
- C es el factor de capacidad de base. Puesto que cualquier material pasa más rápidamente a través de una malla grande que a través de una pequeña, el tamaño de las aberturas de la misma determina la capacidad básica en t/hora·m^2. La luz de malla se establece de acuerdo con la clasificación deseada y dicho factor va depender de la luz de malla seleccionada. Como se ha dicho en el punto anterior (selección del tipo de tamiz), para la clasificación deseada se selecciona un tamiz de 50,8 mm de apertura, para el cual el factor de capacidad de base correspondiente es de C = 77,5 t/h·m^2.
- M es el factor de sobretamaño, el cual va a depender del porcentaje de sobretamaño, es decir, la cantidad de material que queda retenido y no pasa a través de la malla. El cual es de un 5 % por tanto el factor M = 0,3.
- K es el factor de subtamaño, el cual va a depender del porcentaje de subtamaño, es decir, la cantidad de material inferior a la mitad de la abertura de la luz de malla. Con este factor se considera la facilidad con la cual las partículas menores pasan a través

de la luz de malla. Para una abertura de 25,4 mm (mitad de la abertura de la luz de malla correspondiente a 50,8 mm) el porcentaje de subtamaño es del 90 %, por tanto K=2.

- H es el factor de humedad. El contenido en humedad en el material es un medio retardador para un cribado eficiente y causa además obstrucción en la malla de cribado, con la consiguiente pérdida de la efectividad de la superficie de cribado. Para una humedad típica del 10 % el factor H = 0,2.
- D es el factor de densidad. Es un factor de corrección de las capacidades básicas para materiales con una densidad distinta a 1,6. En este caso como densidad aparente del material se toma la de la arena, ya que es el componente mayoritario en el suelo contaminado, siendo esta de 1600 Kg/m^3. Por tanto el factor D = 1
- S es el factor de superficie útil de malla, el cual va a depender del porcentaje útil de malla (variable en función del tipo de malla seleccionada). Este porcentaje se calcula de la siguiente forma :

$$\frac{L^2}{(D+L)^2}\cdot 100$$

donde,

- L es la abertura de la luz de malla en pulgadas, en este caso L = 2 in.
- D es el diámetro de hilo nominal en pulgadas, en este caso D = 0,1988 in.

De forma que se tiene que el porcentaje es : $\frac{2^2}{(2+0{,}1988)^2}\cdot 100 = 82{,}73\%$, al cual le corresponde un factor S = 1,65.

- P es el factor de piso. En las cribas de mallas múltiples, la selección de dimensión de criba debe basarse en el piso que requiera el área mayor. En general, éste es el piso del medio o el inferior; además, un piso bajo tiene menos área eficiente de cribado que un piso superior, por lo tanto, es necesaria una corrección mediante este factor. Para el caso que nos ocupa, se selecciona una criba vibratoria con un solo piso, por lo que no hay que hacer corrección alguna, de este modo el factor P = 1.

Ya se está en disposición de calcular la superficie de cribado necesaria, que es:

$$A = \frac{10}{77{,}5\cdot 0{,}3\cdot 2\cdot 0{,}2\cdot 1\cdot 1{,}65\cdot 1} = 0{,}65(m^2)$$