



UNIVERSITAT JAUME I

**ESCUELA SUPERIOR DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS
EXPERIMENTALES**

Grado en Ingeniería Química

**“Diseño de una planta de
flotación para la obtención de
mica”**

Autor/a:

Marcos Vinicius Jr Siqueira

Tutor/a:

Vicente Sanz

Castellón, 07 de Noviembre de 2021

“Las dos pruebas más difíciles en el camino espiritual son: la paciencia para esperar en el momento correcto y el valor de no decepcionarnos con lo que nos encontremos”

Paulo Coelho

Quisiera agradecer a varias personas, entre ellas, y en primer lugar, a mis familiares y amigos, que siempre estuvieron ahí cuando lo necesitaba, gracias por todo.

En segundo lugar, quisiera agradecer a todos los profesores del Grado en Ingeniería Química que me han ayudado a elaborar el presente proyecto, en especial a mi tutor Vicente Sanz Solana, por su paciencia y ayuda. Y a los profesores Enrique Javier Sánchez Vilches y María José Orts Tarí por el trato personal y su motivación.

0. Resumen

Este proyecto llamado “Diseño de una planta de flotación para la obtención de mica” se hizo con el fin de diseñar una planta capaz de flotar un total de 36500 toneladas anuales, con el fin de obtener una mica que cumpla las propiedades óptimas para su posterior venta.

El diseño de la planta contará con todas las etapas necesarias para obtener de forma óptima y eficiente el producto deseado. Se explicará desde la llegada de la materia prima a la planta hasta el almacenamiento del producto acabado.

También se explicarán conceptos como: ¿que es la flotación y cómo funciona?, teniendo en cuenta los métodos existentes de flotación, los diferentes parámetros que hay que tener en cuenta para obtener una flotación óptima, los equipos utilizados, etc.

Además se definirán las condiciones de trabajo correspondientes de cada uno de los equipos a utilizar para la obtención de la mica, se detallará cada una de las partes que compondrá la empresa y el porqué de su ubicación.

También se detallarán los distintos presupuestos de inversión y de explotación, además de la viabilidad económica.

1. Índice General

Los documentos básicos del proyecto “Diseño de una planta para la obtención de mica” son los siguientes:

0. Resumen

1. Índice General

2. Memoria

3. Anexos

4. Planos

5. Pliego de Condiciones

6. Estado de mediciones

7. Presupuestos

2. Memoria

Diseño de una planta de flotación para la obtención de mica

ÍNDICE

1. Objetivo	1
2. Alcance	2
3. Antecedentes	3
3.1 Mica	3
3.1.1 Especificaciones de la materia prima	3
3.1.2 Situación económica en el mercado mundial	4
3.2 Flotación	8
3.2.1 Evolución histórica	9
3.3 Fundamentos y mecanismos de la flotación	11
3.3.1 Variable de la flotación	17
3.3.2 Reactivos de la flotación	18
3.3.2.1 Colectores	19
3.3.2.2 Espumantes	20
3.3.2.3 Modificadores	20
3.4 Métodos de flotación para la mica	21
3.5 Equipos de flotación	21
4. Normas y referencias	25
4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas	25
4.2 Programas utilizados	25
4.3 Bibliografía	26
4.4 Páginas web	27
5. Definiciones y abreviaturas	29
5.1 Nomenclatura	29
5.2 Unidades	30
5.3 Definiciones	31
6. Requisitos del diseño	32
6.1 Características de la instalación	32
6.2 Equipos del proceso	32
6.3 Descripción del proceso de producción	33
6.3.1 Recepción de la materia prima	34
6.3.2 Trituración y molienda	35
6.3.3 Circuito de flotación	35

6.3.4 Lavado y filtro prensa	36
6.3.5 Secado y almacenamiento	37
7. Análisis de soluciones	38
7.1 Equipo de flotación	38
7.2 Equipo de flotación a utilizar	43
8. Resultados finales	45
8.1 Materia prima	45
8.2 Deposito de homogeneización	46
8.3 Tolva	47
8.4 Triturador primario	47
8.5 Molino de bolas en vía húmeda	47
8.6 Tanque acondicionador	48
8.7 Tanque de agua	48
8.8 Equipos de flotación	49
8.9 Tanque de lavado	49
8.10 Filtro prensa	50
8.11 Secadero	50
8.12 Almacenamiento del producto acabado	50
8.13 Conducciones	51
8.14 Distribución en planta	52
8.14.1 Plano de distribución	52
8.14.2 Definición de espacios	53
8.14.3 Definición del tamaño de planta	61
8.14.4 Ubicación y emplazamiento de la actividad	62
9. Planificación	66
10. Orden de prioridad de los documentos básicos	69
11. Estudio de viabilidad económica	70
11.1 Resumen del presupuesto	70
11.2 Presupuesto de explotación	72
11.2.1 Inversión inicial	72
11.2.2 Gastos directos	72
11.2.3 Gastos indirectos	74
11.2.4 Gastos totales	76
11.2.5 Ingresos	76

11.2.6 Beneficio bruto	76
11.2.7 Beneficio neto	77
11.2.8 Flujo de caja	77
11.2.9 Valor actual neto	77
11.2.10 Tasa interna de retorno	78
11.2.11 Período de retorno	79
11.2.12 Resumen	80

1. Objeto

El objetivo principal de este proyecto es el diseño de una planta de flotación para la obtención de mica proveniente de la India y analizar la viabilidad económica de la construcción de la misma para una cantidad de 100 t/día de materia prima para su venta en sectores de cosméticos, entre otros, que se va a emplazar en la parcela Catalana en Castelló.

2. Alcance

El alcance de este proyecto es diseñar una planta de flotación de capacidad 100 t/día para la obtención de mica. La mica es un mineral perteneciente a un grupo numeroso de silicatos de alúmina, que son caracterizados por su fácil exfoliación en delgadas láminas flexibles, elásticas y muy brillantes. Es un producto usado en la industria de la automoción, fundición, pinturas y recubrimientos. Para lograr esto, será necesario:

- ❖ Dimensionar los equipos más relevantes de la instalación
- ❖ Estudiar la viabilidad económica de la instalación y su funcionamiento
- ❖ Dimensionar la planta

Para llevar a cabo este proyecto es necesario llevar a cabo la construcción de las siguientes instalaciones.

- ❖ Almacén de materia prima, en el cual se almacenará la materia prima antes de ser procesada.
- ❖ Planta de flotación, que consta principalmente de un equipo de trituración de martillo, un molino de bolas y de tres equipos de flotación en serie.
- ❖ Secadero y almacén de producto acabado.

3. Antecedentes

3.1 Mica

La mica es un mineral formado principalmente de silicato hidratados de aluminio y potasio. Se puede encontrar la mica en minas de India, China, Brasil y Madagascar.

La mica tiene unas propiedades muy importantes, lo que hace que sea útil en muchos tipos de aplicaciones tanto industriales como científicas. Generalmente el mineral se encuentra en el granito y en el esquisto siendo rocas ígneas y rocas metamórficas respectivamente. Hay dos tipos de mica que son las más utilizadas en la industria, la Moscovita y la Flogopita, cuyas características principales se muestran en la **Tabla M.3.1** Estas se encuentran en conjunto con otros minerales como el cuarzo y feldespato.

Tabla M.3.1 Tipos de mica.

Tipo de mica	Fórmula química	Peso específico	Color
Moscovita	$K_2Al_4Al_2Si_6O_{20}(OH)_4$	2,76-3	Incolora
Flogopita	$K_2(Mg,Fe)_6Al_2Si_6O_{20}(OH)_4$	2,78-2,85	Marrón

La moscovita es más abundante en la corteza terrestre que la flogopita por lo tanto es más barata que la flogopita. La mica moscovita es utilizada en varios ámbitos como los electrodomésticos (microondas, tostadoras, secadores de pelo, entre otros). La flogopita se utiliza para aislar la bobina en los hornos de inducción y para fabricar cables anti-fuego, ya que la flogopita es más flexible y frágil pero aguanta más temperaturas aproximadamente 1000°C mientras que la moscovita aguanta aproximadamente 750°C.

3.1.1 Especificaciones de la materia prima

Las especificaciones físicas y químicas del material al que se va a trabajar en el proyecto se muestran en las **Tablas M.3.1.1.1** y **M.3.1.1.2** respectivamente, se puede observar que tiene una gran cantidad de cuarzo. En la siguiente tabla se enseña el análisis químico de la mica (moscovita) y se concluye que la materia prima tiene aproximadamente un 61% de cuarzo y un 39% de mica moscovita en la materia prima original.

Tabla M.3.1.1.1 Especificaciones químicas.

Análisis químico de la mica	
SiO₂	49%
Al₂O₃	29%
K₂O	10%
Fe₂O₃	5%
CaO	1%
Na₂O	1%

Fuente:http://info.igme.es/SidPDF/019000/200/19200_0001.pdf.

Tabla M.3.1.1.2 Especificaciones químicas.

Análisis químico de la mica	
Densidad específica	2,80-2,85 gr/cm ³
Material soluble en agua	Máx 0,5 %
pH	8-9
Dureza	2,5 Mohs

Fuente:http://info.igme.es/SidPDF/019000/200/19200_0001.pdf.

3.1.2 Situación económica en el mercado mundial

El mercado mundial de la mica siempre fue muy estable como se observa en la **Tabla M.3.1.2.1**. Está recoge los precios de referencia de la “Industrial Minerals” para distintas calidades de la mica y procedencia hasta el mes de septiembre de 2014, cesando en octubre la publicación de los mismos.

Tabla M.3.1.2.1 IGME. Panorama Minero 2017,13-12-2018(final).

	2010	2011	2012	2013	2014
India, molida en húmedo, cif Europa, \$/t	600-900	600-900	600-900	600-900	600-900
India, desperd. verde, fob Madrás, \$/t	300-400	300-400	300-400	300-400	300-400
EEUU, fot planta, molida en húmedo, \$/t	700-1300	700-1300	700-1300	700-1300	700-1300
EEUU, fot planta, micronizada, \$/t	700-1000	700-1000	700-1000	700-1000	700-1000
EEUU, fot planta, escamas, \$/t	350-500	350-500	350-500	350-500	350-500
Sudáfrica, empaquetada, FCL, fob Durban	-	-	-	-	-

Fuente: www.igme.es/PanoramaMinero/actual/MICA%202016-PM_2017 (final).pdf.

Respecto a los grandes productores de la mica, en la siguiente tabla se puede observar los datos de producción mundial minera por países en los años de 2012 a 2016, en la cual se muestra que la producción de mica es bastante estable en el tiempo. El mayor productor mundial es China **Tabla M.3.1.2.2.**

Tabla M.3.1.2.2 Producción minera mundial de la mica (t de mineral).

	2012	2013	2014	2015	2016
EU(28)	33.630	34.406	36.222	36.891	34.443
Francia	18.000	19.700	20.200	20.700	19.600
Finlandia	12.112	11.244	11.973	11.836	10.843
España	3.518	3.462	4.049	4.355	4.000
Iberoamérica	11165	17388	15473	15145	15145
Brasil	5.220	9.728	10.313	10.000	10.000
Argentina	5.785	7.500	5.000	5.000	5.000
México	160	160	160	145	145
Otros	292.754	297.989	306.039	315.869	312.138
China	149.000	161.000	159.000	151.000	157.000
Turquía	6.077	1.076	17.440	44.637	50.000
Estados Unidos	47.500	48.100	48.200	36.200	30.200
Canadá	22.000	22.000	22.000	22.000	22.000
Madagascar	12.532	10.779	9.400	19.000	22.000
Corea del Sur	25.594	25.143	24.205	17.405	12.934
Irán	7.000	5.635	5.600	5.600	5.600
Malasia	3.967	4.363	5.659	4.788	4.716
Rusia	9.000	7.000	6.000	4.823	3.701
Taiwán	6.844	8.931	5.016	8.287	1.879
Sri Lanka	1.260	1.660	1.500	1.500	1.500
India	1.256	1.660	636	600	600
Sudáfrica	400	309	383	29	8
Sudán	324	500	1000	0	0
Total general	337.549	349.783	357.734	367.905	361.726

Fuentes: *World-Mining-Data, C.Reichi, M. Schatz, G. Zsak, Volume: 33, Minerals Production, Vienna 2018 USGS minerals Yearbook 2015 Mica para Brasil 2014 y 2015. El valor de 2016 es estimado.*

En la **Figura M.3.1.2.1** se puede ver la comparación del porcentaje en peso de la producción de la Unión Europea, de la Iberoamérica y del resto de países del mundo.



Figura M.3.1.2.1 Distribución regional de la producción mundial de la mica.

Fuentes: *World-Mining-Data, C.Reichi, M. Schatz, G. Zsak, Volume: 33, Minerals Production, Vienna 2018.*

En la **Figura M.3.1.2.2** se muestran los diez países mayores productores de mica y su peso relativo en la producción a nivel mundial. Como se puede observar en la figura, los principales productores mundiales son China, Turquía y Estados Unidos.

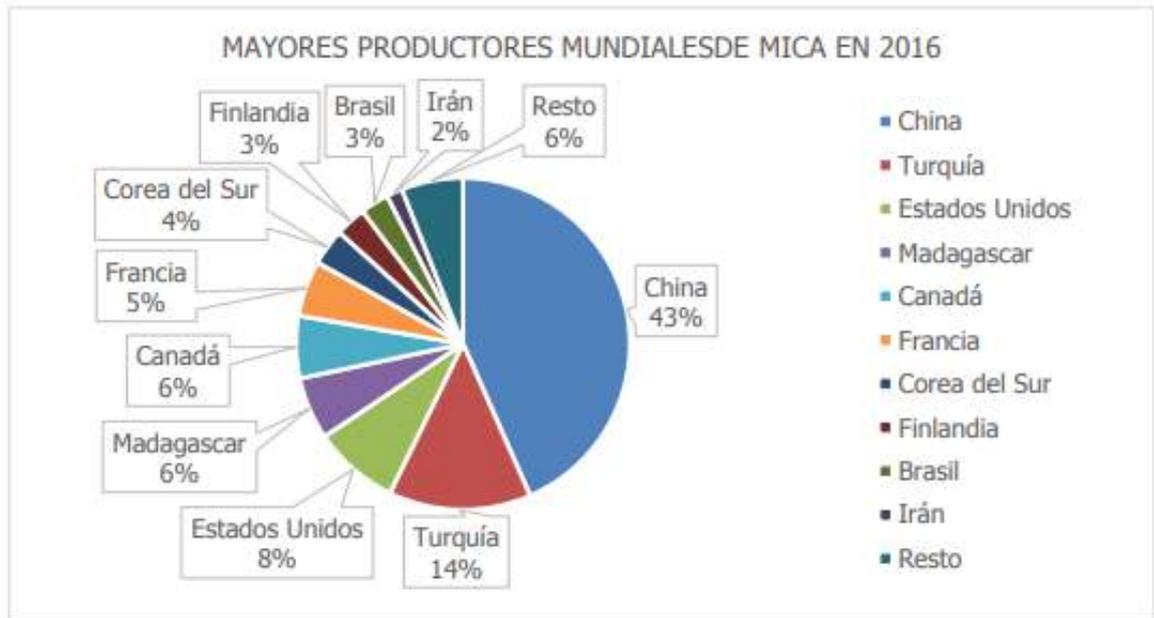


Figura M.3.1.2.2 Distribución regional de la producción mundial de la mica.

Fuentes: World-Mining-Data, C.Reichi, M. Schatz, G. Zsak, Volume: 33, Minerals Production, Vienna 2018.

3.2 Flotación

La flotación mineral es una operación unitaria empleada para separar y concentrar los minerales. La flotación es utilizada en partículas de similar densidad y tamaño donde la separación por tamizado o por sedimentación sea difícil. Esta técnica ha sido ampliamente utilizada durante más de un siglo para la separación de los minerales de valor (mena) de forma rápida y eficiente (FORSLING e SUN, 1997; Ventura-Medina et al., 2004; Chau et al., 2009). En el proceso de separación se utilizan las diferencias en las propiedades físico-químicas de las superficies de los minerales a separar. Un mineral debe tener propiedades hidrofóbicas, mientras que los otros minerales deben ser hidrofílicos. Estas propiedades pueden ser naturales o pueden ser producidas por el uso de los agentes químicos, ya que la adición de reactivos pueden modificar la diferencia en el grado de hidrofobicidad de los minerales en suspensión, y consecuentemente, los minerales de interés se vuelven hidrófobos y los minerales de ganga se mantienen hidrofílicos (Duarte y grano, 2007).

Durante la flotación, las partículas del mineral deseado (que normalmente son hidrófobas) se adhieren a las burbujas del aire ascendentes, formadas en la base del equipo por dispositivos aireadores, y se recuperan en la corriente de concentrado, mientras que las

partículas del mineral de ganga (hidrófilas) permanecen en la pulpa y se retiran del equipo en la línea de rechace también conocidas como cola (Martínez-Carillo e Uribe-Salas, 2008). La adhesión de partículas a las burbujas de aire es el subproceso más importante de la flotación. Esta unión determina la separación selectiva entre las partículas hidrofóbicas y las partículas hidrofílicas en el equipo de flotación (Nguyen et al .,1997). El rendimiento del proceso de flotación depende de las condiciones químicas e hidrofóbicas dentro del equipo, ya que, estas facilitan la adhesión de partículas hidrofóbicas a las burbujas de aire que permiten el ascenso de las burbujas mineralizadas a la fase de espuma, en la parte superior del equipo de flotación (Çilek e Yilmazer, 2003).

3.2.1 Evolución histórica

Los grandes avances en el área de tratamiento de minerales se iniciaron a finales del siglo XIX y principios del XX, siendo el uso comercial de la flotación la principal innovación. El surgimiento y desarrollo de la flotación acompañó el crecimiento y las necesidades de la minería, actividad industrial a la que normalmente está relacionada. En la **Tabla M.3.2.1.1** muestra la cronología de las innovaciones más importantes en la flotación desde el siglo XIX.

Tabla M.3.2.1.1 Cronología de las principales innovaciones en la flotación (Luz e Lins, 2004).

Período	Innovación
1887	Concepto inicial de los hermanos Bessel recuperando grafito con aceite (flotación de aceite). Estos son probablemente los precursores de la flotación por espuma.
1902-1905	Se han presentado patentes de aireación de la pulpa. Como resultado, la cantidad de aceite se redujo significativamente. Y el comienzo de la flotación moderna.
1903	Creación del equipo de flotación mecánica (FUERTENAU, 1963) y primera aplicación industrial exitosa, aplicada a la recuperación de zinc en Australia (Clark et al ., 2006)
1908	Uso de alcoholes solubles en agua como espumantes para mejorar la estabilidad de la espuma (más tarde se dio bastante uso al aceite de pino)
1912	La flotación despegó industrialmente en Australia (recuperación de esfalerita a partir de relaves por gravedad a partir de la concentración de galena) y en los EUA (finos de esfalerita). Este año también se descubrió en el laboratorio que los sulfuros de cobre también se podían flotar y se registró una patente para el uso de sulfato de cobre como activador de esfalerita.
1915-1922	Primero se descubrió que la cal deprime la pirita y unos años más tarde se descubrió el efecto del cianuro de sodio y el sulfuro de sodio. Fue el comienzo de la flotación selectiva entre sulfuros
1925-1926	Los xantatos y ditiofosfatos fueron patentados como colectores. Hasta 1924, sólo se utilizó aceite.
1925-1950	La flotación se desarrolló empíricamente, caracterizada por el tratamiento de minerales no sulfurados y el uso de reactivos tensioactivos convencionales como colectores de flotación.
1950-1990	Caracterizado por la investigación fundamental y aplicada orientada al conocimiento y control de los fenómenos de flotación
Años 60	Creación de la columna de flotación con creciente aplicación industrial
Años 90	Desarrollo de equipos modificados

La flotación es sin duda uno de los desarrollos más importantes dentro de los procesos de recuperación de los minerales. No existe ningún otro método de tratamiento de minerales que haya promovido tales cambios dentro de la práctica metalúrgica.

Hoy en día, el término flotación se usa generalmente para describir el proceso de flotación de espuma. Sin embargo, el proceso evolucionó a través de tres etapas: flotación de aceite (bulk oil flotation), flotación de piel (skin flotation) y flotación de espuma (froth flotation).

La flotación de aceite y la flotación de piel se volvieron obsoletas con la aparición de la flotación de espuma, ya que no eran selectivas con respecto a las especies minerales. Por esta razón, tales técnicas se aplicaban generalmente cuando el mineral contenía solo una especie con la característica deseada (Oliveira, 2004).

Según Clark et al. (2006), la primera aplicación industrial de flotación comercialmente exitosa fue en 1903 en Australia, con la compañía minera Broken Hill Proprietary Co. Ltd (ahora BHP Billiton), que recuperó 50 toneladas de Zinc. Desde entonces, el proceso de flotación de espuma ha experimentado constantes desarrollos con el uso de nuevos reactivos, equipos y condiciones operativas, además de un mejor conocimiento de los fundamentos del proceso.

3.3 Fundamentos y mecanismos de la flotación

La flotación es un proceso complejo que combina los fundamentos de la hidrodinámica con diversos fenómenos físico-químicos elementales (fuerzas de interacción partículas-burbujas, interacción partícula-partícula, etc.) (Kostoglou et al., 2006).

La interacción de la adhesión burbuja-partícula es fundamental para el proceso. La separación entre minerales se logra en base a este proceso selectivo de adhesión entre partículas hidrofóbicas y las burbujas, ya que solo los hidrofóbicos pueden unirse a las burbujas de aire y separarse de la suspensión por ascensión (el transporte por aire se produce a través de la fuerza de flotación de la ley de Arquímedes). Las propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas que establecen la flotabilidad de los minerales están directamente relacionadas con su polaridad. Los minerales no polares, como los compuestos químicos no polares, son generalmente de estructura simétrica, no intercambian electrones dentro de sus moléculas, no se disocian en iones y son químicamente inactivos. La superficie de las partículas hidrofóbicas/hidrofóbizadas está formada por sustancias no polares, ya que no reaccionan con dipolos de agua (la asociación entre moléculas de agua es más fuerte que la interacción entre moléculas sólidas y de agua), mostrando mayor afinidad por el aire. Las especies hidrofílicas, por otro lado, son aquellas cuya superficie es de carácter polar o iónico y se hidratan

rápidamente (fenómeno de “humectabilidad”), teniendo mayor afinidad con el agua (Oliveira, 2004).

Las tres fases las cuales constituyen la pulpa de la flotación son: las partículas minerales (fase sólida), agua (fase líquida) y las burbujas de aire (casi siempre la fase gaseosa). Además de las interacciones entre fases y sus interacciones con los agentes químicos añadidos. Los mecanismos y fenómenos también son importantes como la hidratación, disociación y adsorción, que ocurren en las diferentes interfaces del sistema.

Los tensioactivos, son importantes en el proceso de flotación debido a su capacidad para modificar las propiedades superficiales del mineral deseado, ejerciendo las funciones de reactivos (colector y espumante).

En el estado de equilibrio con su vapor, el agua tiene una cierta cantidad de energía libre que se manifiesta por su tensión superficial. El origen de esta energía es la interacción que las moléculas ejercen entre sí. Estas fuerzas se compensan dentro del líquido por lo que la fuerza resultante entre ellas es nula. Las moléculas que se encuentran en la superficie no están completamente compensadas ya que la mitad de su volumen está orientada a la fase gaseosa, de esta forma se crea una cierta cantidad de energía libre cuya magnitud se mide por la tensión superficial. Al introducir un material heteropolar en este sistema, el sistema pasa a otro estado de equilibrio que, de acuerdo con la segunda ley de la termodinámica, tiene que tener la menor cantidad de energía libre. Para alcanzar este estado, los materiales heteropolares deben adsorberse selectivamente en la interfaz gas/líquido, ya que de esta manera se reduce la energía libre de la superficie y la tensión superficial del sistema. La parte polar de las moléculas se une a la fase líquida y la parte no polar forma una película monomolecular inactiva en la superficie (Queiroz, 2003). Los compuestos que se adsorben selectivamente en la interfase gas/líquido, disminuyendo la tensión superficial, se denominan tensioactivos.

La adsorción se clasifica en física o química, según la naturaleza de las interacciones entre el adsorbente y el adsorbato, (Guimarães, 1997):

- ❖ Adsorción física o fisisorción: involucra enlaces de Van der Waals, que generalmente ocurren en multicapas.
- ❖ Adsorción química o quimisorción: involucra enlaces iónicos, covalentes polares y enlaces de hidrógeno, que ocurren en monocapas.

En cuanto a la especificidad entre adsorbente y adsorbato, la adsorción se puede clasificar como (Carvalho, 2003b):

- ❖ Adsorción inespecífica: resulta de una atracción puramente electrostática entre ellos, siendo rápida y reversible, y no puede revertir el signo de la carga original en la superficie del mineral.
- ❖ Adsorción específica: se produce por el predominio de mecanismos que no dependen de la atracción electrostática, como los enlaces covalentes, los enlaces de Van der Waals o los enlaces de hidrógeno. Es lento e irreversible, y los iones adsorbidos específicamente pueden aumentar, reducir, neutralizar o revertir la carga eléctrica en la superficie del mineral.

La flotación es un proceso que puede estudiarse como una secuencia de etapas. TRAHAR y WARREN (1976) y GUO pud (2001) estructuraron la flotación en cuatro etapas principales y que cada una de estas etapas se puede subdividir, de acuerdo con la **Tabla M.3.3.1.**

Tabla M.3.3.1. Etapas de la flotación (TRAHAR y WARREN, 1976 apud GUO, 2001-modificado).

Etapa	Proceso	Subproceso
I	Introducción de la materia prima	Introducción de la pulpa
		Introducción del aire
II	Recolección selectiva: agregado de partículas y burbujas	Colisión entre partículas y burbujas
		Adhesión en la superficie de las burbujas de las partículas hidrofóbicas que se han colisionado
		Separación de partículas atrapadas en las burbujas rompiendo el agregado formado o permanecía estable del fraguado
III	Transporte entre pulpa y espuma	Flotación directa: transporte de burbujas mineralizadas con partículas hidrofóbicas a la espuma
		Flotación por arrastre (indirecta, independiente de la hidrofobicidad): arrastre hidráulico, atrapamiento mecánico y revestimiento superficial
		Retorno de agua y partículas de la espuma a la pulpa
IV	Eliminación de los productos de flotación	Eliminación de la espuma
		Eliminación de los rechaces

El fenómeno de arrastre hidráulico (entrainment) es un mecanismo de recuperación importante en la flotación, especialmente para las partículas de menor tamaño. Se define como el transporte o arrastre de partículas a la fase de espuma, mediante una cantidad de agua existente entre las burbujas de aire, o en los intersticios de los agregados de partículas con burbujas. Con la disminución del tamaño y la masa de las partículas minerales, el efecto de la fuerza gravitacional se vuelve insignificante, evitando que las partículas se sedimentan y pasen a formar parte de la fase líquida. Así, están directamente relacionados con el flujo de agua en el sistema (Santos, 2005) y son susceptibles de sufrir este arrastre hidrodinámico.

En la **Figura M.3.3.1** se muestra la capacidad de una burbuja para capturar partículas dentro de un radio crítico (r_c) en relación al centro de la burbuja (TORTORELLI, 1997;

GUO, 2001; MARTIOLO Y RUBIO, 2003; SENA, 2005). La partícula se acerca y si está dentro del radio crítico se colisiona. Luego, la partícula se desliza alrededor de la burbuja. El tiempo de contacto entre la partícula y la burbuja (t_c). Durante este período, la partícula necesita romper la película líquida que la separa de la burbuja y promover el contacto trifásico, tomando para ello un tiempo de inducción (t_i). Si el tiempo de contacto es mayor que el tiempo de inducción, puede ocurrir la adhesión (DOBBY y FINCH, 1987; TORTORELLI, 1997). Si las fuerzas de adhesión son mayores de las que actúan de manera opuesta sobre el agregado (como la gravedad o las fuerzas de cizalla), el conjunto de partícula-burbuja será lo suficientemente estable como para flotar hasta que sea retirada del equipo de flotación.

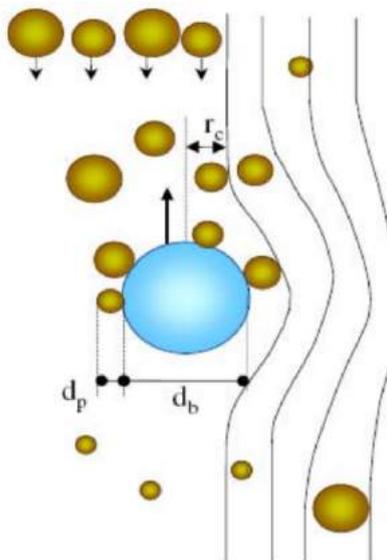


Figura M.3.3.1 Fenómeno de captura de partículas (MARTIOLO y RUBIO, 2003).

Ya la flotación directa (adhesión de las partículas a las burbujas) y, también, el atrapamiento mecánico (cuando las partículas finas quedan atrapadas dentro de los aglomerados de partículas más gruesas y burbujas) y el recubrimiento de las superficies (cuando las partículas son cubiertas por otras partículas minerales finas por medio de fuerzas intermoleculares), el arrastre hidráulico es un mecanismo no selectivo. Como tal, es un medio importante para recuperar partículas finas hidrofílicas que deterioran el contenido del concentrado. Este mecanismo es uno de los principales contribuyentes a la recuperación de partículas finas, más propensas a ser afectadas por el fenómeno como se puede ver en la siguiente figura.

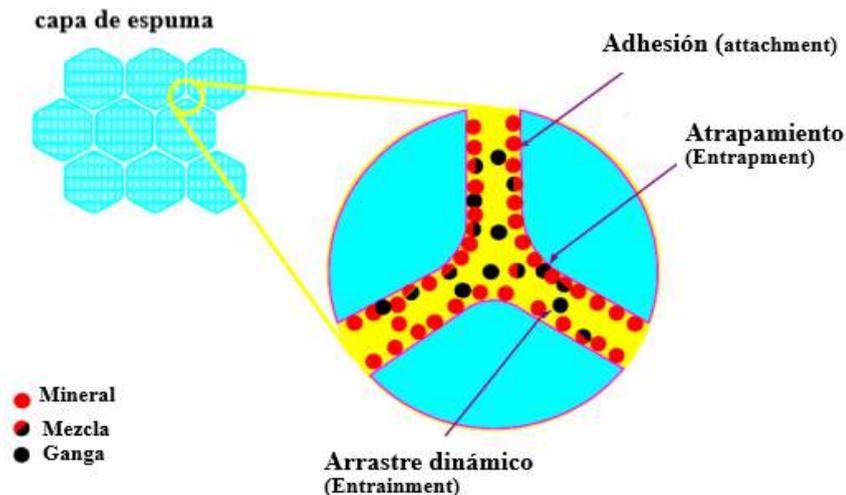


Figura M.3.3.2 Diseño de algunos mecanismos (selectivos y no selectivos) de recuperación por flotación (SCHUBERT, 1999. CAPPONI, 2009 apud SANTOS 2010).

Entre los mayores desafíos para la industria minera se encuentra la flotación de partículas finas. Uno de los principales obstáculos para la recuperación de partículas finas es la ausencia de burbujas de tamaño intermedio y microburbujas, ya que muchos de los mecanismos y dispositivos disponibles forman unas burbujas grandes (hasta 3000 μm), que son inapropiadas e insuficientes para recolectar las partículas de menor tamaño.

La generación de burbujas con una amplia distribución de tamaño (desde gruesas a microburbujas) es un desafío en el procesamiento de minerales. En este sentido, la flotación por aire disuelto puede ser utilizada y parece tener potencial en muchas aplicaciones en la minería, como en el tratamiento de minerales finos, siempre que esté asociada a la presencia de grandes burbujas (RODRÍGUEZ Y RUBIO, 2007).

Según el método de generación de burbujas, la flotación se puede clasificar en: flotación por aire disperso y flotación por aire disuelto (Martins, 2009).

- ❖ Flotación por aire disperso: la generación de burbujas se promueve mediante la agitación, introduciendo el gas directamente en el equipo de flotación o utilizando un medio dispersante. El material dispersor, con diferentes niveles de porosidad, puede ser rígido (cerámica porosa, acero o polietileno) o blando (goma, filtro, etc), mientras que la forma puede variar (placa, cilíndrica o cónica). El tamaño de las burbujas depende del tamaño de los poros del dispersor (TOREM y CASQUEIRA, 2003. MARTINS, 2009), sin embargo, normalmente el tamaño de los poros del

dispersor son grandes (de 100 a 3000 μm) en comparación con la flotación por aire disuelto, y es capaz de flotar partículas gruesas (ALBUQUERQUE, 2009).

- ❖ Flotación por aire disuelto (FAD): se basa en la variación de la solubilidad del aire en el agua según la presión del sistema (la disolución del aire en el vacío aumenta a medida que aumenta la presión). Inicialmente, el agua se satura con el aire en una cámara en condiciones de alta presión (superior a la atmosférica). Cuando la corriente acuosa saturada es introducida en el equipo de flotación, hace que la presión se reduzca a la presión atmosférica (cavitación) al pasar por un estrechamiento de flujo (válvula, boquilla, placa de orificio, etc.) libera el exceso de aire en forma de una nube de microburbujas (desde 10 a aproximadamente 100 μm), en la pulpa del mineral-agua-reactivo. La cantidad de aire disuelto en agua para una determinada presión puede ser determinada por la ley de Henry (RODRÍGUEZ Y RUBIO, 2007; MARTINS, 2009; ALBURQUERQUE, 2009).

3.3.1 Variables de la flotación

La flotación de espuma, tiene una larga historia de evolución del procesamiento de los minerales. Las tres fases que constituyen la pulpa de flotación, es decir, partículas de los minerales, el agua y las burbujas de aire, interactúan entre sí y con otras especies presentes, como moléculas de reactivos e iones disueltos en agua (SANTOS, 2010). El desempeño de la operación depende de varios factores que afectan fuertemente a los subprocesos de separación. Según MAO (1998), el proceso se puede ilustrar, según la *Figura M.3.3.1.1*, como un sistema de tres vértices con tres tipos diferentes de factores, es decir, factores químicos, equipos y operativos, que interactúan entre sí.



Figura M.3.3.1.1 Ilustración de la flotación como un sistema interactivo de tres vértices (MAO, 1998 -modificado).

3.3.2 Reactivos de la flotación

Antes de alimentar el equipo de flotación, se realiza el acondicionamiento del mineral. Este paso tiene como objetivo promover el contacto de los minerales con los reactivos.

La viabilidad económica de la flotación radica en los dos reactivos utilizados para ajustar las propiedades de la superficie, principalmente la diferencia en el grado de hidrofobicidad de los componentes de una mezcla mineral. El rendimiento del proceso se puede mejorar mediante la adición de reactivos que actúan sobre la superficie de las especies mineralógicas presentes, facilitando una separación más selectiva. Estas son conocidas como variables de proceso, sin las cuales no existiría la flotación moderna.

Debido a la importancia de la aplicación de estos reactivos, los estudios sobre la influencia de la dosificación adecuada y el tiempo de contacto, el uso de nuevos productos (naturales o sintéticos) y los fenómenos físicos-químicos resultantes de su adición son ampliamente citados en la bibliografía. Además, para un sistema de flotación existe un conjunto de reactivos que son más adecuados para obtener una mejor recuperación. Por lo tanto, la comprensión de los fenómenos involucrados y los efectos de la adición de estas sustancias

en la operación, así como la búsqueda de productos alternativos, se vuelven fundamentales en la optimización de los procesos ya establecidos.

Existen tres grupos principales de reactivos de flotación y clasificados según sus funciones en el proceso son:

- ❖ Colectores, cuya función principal es aportar las propiedades hidrofóbicas a las superficies de los minerales.
- ❖ Agentes espumantes, son aquellos que permiten la formación de una espuma estable y el tamaño adecuado de las burbujas para transportar los minerales al concentrado.
- ❖ Modificadores o reguladores, sirven para adaptar la acción efectiva del colector y aumentar su selectividad.

3.3.2.1 Colectores

Los colectores son sustancias que se depositan selectivamente sobre la superficie del mineral, cubriéndolo en forma de película. Así, cuando se agregan las burbujas de aire, la superficie que presenta la partícula del mineral ya no es su propia superficie, sino otra, cubierta con esta sustancia hidrófoba (CHAVES y LEAL, 2004). Los colectores se adsorben en la superficie del mineral, reduciendo la estabilidad de la capa hidratada y permitiendo formar el contacto trifásico.

Los colectores son compuestos orgánicos heteropolares que presentan en su estructura molecular una parte iónica, de carácter polar (se adsorbe en la superficie del mineral), y una parte covalente, formada por una cadena orgánica que, por las características de los enlaces, le da al mineral hidrofobicidad. Si hay una interfase sólido/gas en el sistema, la molécula colectora tenderá a posicionarse en esta interfase, orientada de modo que su porción no polar esté en contacto con el gas.

Según su carga iónica, los colectores se clasifican en catiónicos y aniónicos. Los ácidos grasos y sus derivados son los colectores aniónicos de minerales salinos, minerales oxidados y minerales no metálicos. Debido a la gran longitud de la cadena, los ácidos grasos pueden servir como recolectores de una gran cantidad de minerales. Esta característica lo hace menos selectivo. Esta selectividad debe mejorarse mediante una cuidadosa modulación de la dosis.

Los aceites industriales se pueden obtener de forma natural de origen vegetal o animal. Los de origen vegetal son soja, linaza, girasol, maíz, palma, ricino, etc. Los aceites que presentan cadenas con aproximadamente 18 átomos de carbono tienen potencial para usarse como recolectores de apatita. Estos recolectores trabajan en un ambiente alcalino o saponificado. Debe elevarse la temperatura si no la solubilidad es demasiado baja. En época de frío es necesario calentar o emulsionar el colector (OLIVEIRA, 2004).

3.3.2.2 Espumantes

Los espumantes son sustancias químicas tensioactivas que se añaden en la flotación para formar una capa de espuma por encima de la pulpa, de tal manera que las partículas flotantes pueden eliminarse de la superficie. Su estructura es similar a los colectores, diferenciándose en el carácter funcional del grupo polar. Es importante resaltar que para diferentes condiciones, el mismo reactivo puede realizar diferentes funciones. Algunos reactivos utilizados como colectores también tienen poder espumante, como por ejemplo los ácidos grasos.

3.3.2.3 Modificadores

Los modificadores son materiales que contienen diferentes grupos funcionales químicos como ácidos, bases, sales y compuestos orgánicos, añadidos en un sistema de flotación, con el objetivo de favorecer una acción colectora más eficaz y, en consecuencia, proporcionar una separación más selectiva.

Los modificadores reciben, varias denominaciones, como:

- ❖ Reguladores de pH: el valor de pH de la pulpa es una de las variables más importantes que afectan la flotación por su influencia en la disociación de otros reactivos y en las condiciones de adsorción o hidratación en la superficie de las partículas. El criterio de elección de este reactivo a utilizar es preponderantemente económico.
- ❖ Activadores: son iones que modifican la superficie del mineral, que se quiere flotar, haciéndolo atractivo para la recolección, activando la adsorción del colector. Se utilizan cuando el colector no adsorbe ninguna de las especies minerales presentes.
- ❖ Depresores: son los que modifican selectivamente la superficie de determinados minerales impidiendo su recogida, es decir, deprimen la acción del colector sobre

partículas indeseables. Reaccionan con la superficie del mineral ganga y lo hacen hidrófilo. Su aplicación para modular la recolección se debe a que algunos colectores son muy energéticos, tendiendo a adsorber indistintamente partículas de todas las especies minerales, lo que da como resultado una recolección sin selectividad. Entre las especies presentes en una pulpa, los depresores actúan preferentemente sobre determinadas, sin modificar las que se van a concentrar. Aporta mayor selectividad a la separación. Se utilizan iones o sustancias orgánicas.

Entre los depresores orgánicos destacan los polisacáridos, especialmente el almidón de maíz. La interacción por puentes de hidrógeno es uno de los mecanismos propuestos para explicar la adsorción de almidones.

3.4 Métodos de flotación para la mica

Existen dos métodos principales para la flotación de la mica: el primero utiliza un medio ácido y colectores catiónicos, mientras que el segundo utiliza un medio alcalino y colectores que pueden ser aniónicos o catiónicos.

El método ácido catiónico de la mica es un método eficaz para la recuperación de las partículas de mica. Las partículas menores a 1,4 mm pueden ser flotadas por el proceso, el proceso incluye acondicionar el medio con 20-30 por ciento en sólidos con ácidos y flotar la mica con un colector (normalmente acetatos de amina). El ácido sulfúrico es el más utilizado para el control de pH entre 2,5-3.

Ya el método alcalino aniónico-catiónico de la mica es un método muy eficaz para la recuperación de mica en presencia de fangos. El mineral normalmente se deslaminaba lo suficiente para eliminar los fangos de la arcilla, pero no tan drásticamente como para eliminar la mica de tamaño fino y otros materiales granulares. Este método suele ser utilizado para flotar las partículas del tamaño menor de 0,84 mm. El proceso incluye el acondicionamiento del medio al 20-30 por ciento de sólido con carbonato de sodio y ácido oleico. La función del carbonato de sodio es retardar la flotación de los minerales de la ganga y controlar el pH entre 8-10,5.

3.5 Equipos de flotación

Como se puede observar en la *Figura M.3.3.7* el equipo de flotación tipo celda, está compuesto por un recipiente donde se introduce la mezcla sólido-líquido por la izquierda,

de un agitador de alta potencia, y de suministro de aire que es introducido por dentro del agitador. Las burbujas formadas arrastran las partículas de mica suspendidas en el agua a la superficie para la formación de espumas que serán recogidas y por la parte de abajo del reactor se eliminan las partículas que no han sido flotadas por la cola.

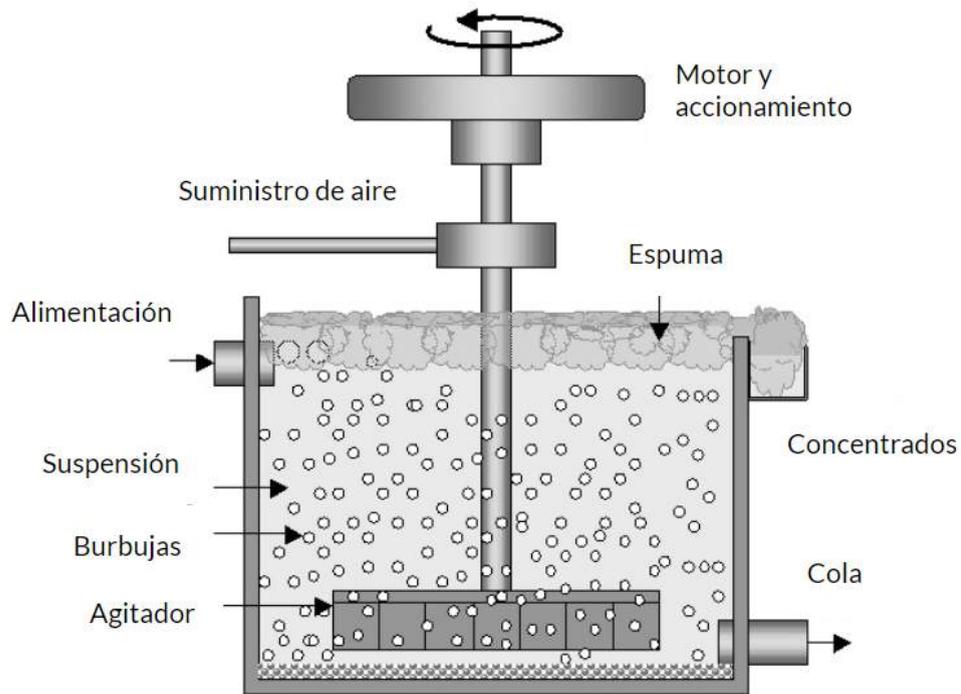


Figura M.3.3.7 Funcionamiento del equipo de flotación.

Una vez explicado cómo funciona el primer equipo de flotación se pasa a la explicación del segundo equipo de flotación tipo columna **Figura M.3.3.8**.

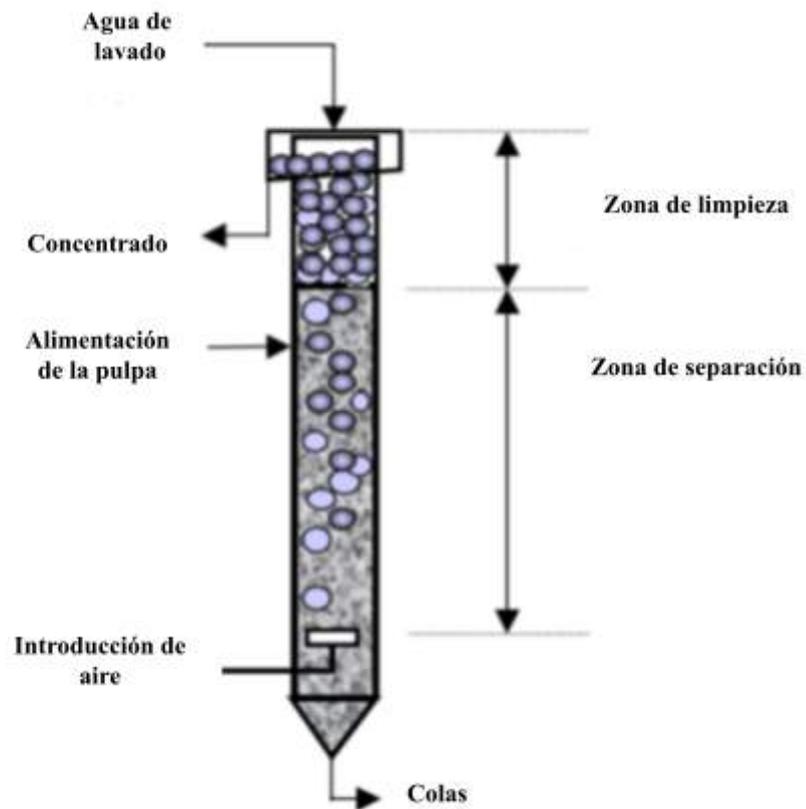


Figura M.3.3.8 Columna de flotación.

Como se muestra en la figura anterior, el equipo de flotación tipo columna está compuesto por un recipiente con forma de columna donde se separan por 2 zonas la zona de limpieza y de separación.

La zona de limpieza se extiende desde la zona de colección hasta el borde de la columna, allí se recogen las burbujas cargadas de mineral hidrófobo. El agua de lavado estabiliza las burbujas y reduce la coalescencia. Dado que las burbujas ascienden a la zona de espuma una cierta cantidad, esto reduce el área superficial de la burbuja disponible y disminuye el volumen de espacio entre las burbujas, los cuales son ocupados por agua (Finch y Salas).

La otra zona del equipo de flotación en columna es la zona de separación, está zona está localizada entre la interfase de espuma y los difusores, en esta zona ocurre el contacto partícula-burbuja y el material flotable proveniente de la alimentación (alimentación de la pulpa) es colectado formando agregados partícula-burbuja.

El material devuelto después de ser rechazado en la zona de espuma puede ser colectado nuevamente por las burbujas que van subiendo desde el local de la introducción de aire en

la parte inferior del equipo. Ya los materiales rechazados son retirados por la cola del equipo.

4. Normas y referencias

4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas

Durante la realización del presente proyecto se han tenido presentes las siguientes normas:

- UNE-EN ISO 5455- Dibujos técnicos. Escalas. (ISO 5455:979).
- UNE 157001-2014- “Criterios generales para la elaboración de los documentos que constituyen un proyecto técnico”.
- UNE-EN-ISO 3098-0 Documentación técnica de productos. Escritura.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- REAL DECRETO 379/2001 de 6 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias.

4.2 Programas utilizados

Los programas que se han utilizado para la realización del proyecto con los siguientes:

- ❖ Microsoft Excel 2019
- ❖ Microsoft Word 2019
- ❖ SolidWorks 2018
- ❖ Paint 3D
- ❖ Microsoft Project 2010.
- ❖ Adobe Acrobat Reader DC.
- ❖ Sigpac

4.3 Bibliografía

La bibliografía utilizada durante la realización del proyecto es la siguiente:

- [1] Basics in Minerals Processing Handbook. Edition 12. Metso: Outotec
- [2] Will Minerals Processing Look Completely Different in 5 Years. Metso Corporation.
- [3] Jameson GJ. Proceedings, improving froth flotation of coal. ACIRL 1983:1.
- [4] Dowling Ec, Klimpel RR, Aplan FF, Minerals Metall Process 1985;2(2):87.
- [5] Mica beneficiation, By: James s. Browning.
- [6] Bubble-particle collision and attachment probability on fine particle flotation. B. Shahbazi, B Rezai.
- [7] A.M. Gaudin, Flotation, 2nd ed., McGraw-Hill, New York, 1957.
- [8] J.A Finch G.s Dobby. Column Flotation, Pergamon Press, Oxford, 1990, p. 180.
- [9] Apuntes de la asignatura EQ1033 “ Operacions Bàsiques de Tractament de Sòlids”
- [10] Apuntes de la asignatura EQ1044 “Treball de Final de Grau”
- [11] Apuntes de la asignatura EQ1031 “ Projectes d’Enginyeria”
- [12] Apuntes de la asignatura EQ1037 “ Seguretat i Higiene Industrial”
- [13]Patente1.(25/02/2021)Fuente:https://itcuji-my.sharepoint.com/personal/javier_castellano_itc_uji_es/Documents/MARCOS%20VINICIUS/Patentes/US2303962%20Concentration%20of%20mica.pdf
- [14]Patente2.(25/02/2021)Fuente:https://itcuji-my.sharepoint.com/personal/javier_castellano_itc_uji_es/Documents/MARCOS%20VINICIUS/Patentes/US3329265%20Flotation%20of%20mica.pdf
- [15]Patentes3.(25/02/2021)Fuente:https://itcuji-my.sharepoint.com/personal/javier_castellano_itc_uji_es/Documents/MARCOS%20VINICIUS/Patentes/US2885078%20Flotation%20of%20mica%20from%20silt%20deposits.pdf

[16] Patente 4. (25/02/2021) Fuente: https://itcuji-my.sharepoint.com/personal/javier_castella_no_itc_uji_es/Documents/MARCOS%20VINICIUS/Patentes/US2132902%20Flotation%20process.pdf

4.4 Páginas Web

[17] <https://www.iso-tech.be/es/page/la-mica-que-historia.html>

[18] <https://es.wikipedia.org/wiki/Mica>

[19] <https://www.e-cavisa.com/productos/mica/>

[20] http://info.igme.es/SidPDF/019000/202/19202_0001.pdf

[21] [https://www.igme.es/PanoramaMinero/actual/MICA%202016-PM_2017\(final\).pdf](https://www.igme.es/PanoramaMinero/actual/MICA%202016-PM_2017(final).pdf)

[22] <https://www.danafloat.com/es/History.htm>

[23] <https://es.wikipedia.org/wiki/Flotaci%C3%B3n>

[24] https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/14085/mod_resource/content/3/Introducci%C3%B3n%20a%20la%20Flotaci%C3%B3n.%20Reactivos%20%28I%292.pdf

[25] <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n3/m4.html>

[26] <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n3/m4.html>

[27] https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Mecanismos-de-recuperacao-Santos-2014_fig1_337099910

[28] <https://es.slideshare.net/IsmaArci/celdas-de-flotacion>

[29] <https://sulicka.pl/products/mtw-milling-machine.html>

[30] <https://bestagrar.com/es/depositos-agua/183-deposito-de-agua-de-chapa-con-funda-capacidad-2613-m3.html>

[31] <https://www.idealista.com/inmueble/30497195/>

[32] <https://www.europa-mop.com/palas-cargadoras-hyundai/hl-960/2-3-m355-23619/palas-cargadoras-hyundai-hl-960.html>

[33]<https://www.lectura-specs.es/es/modelo/maquinaria-para-la-construccion-y-obras-publicas/cargadoras-de-ruedas-hyundai/hl930atm-11744155>

[34]<http://mecanotecnia.blogspot.com/2017/04/disenio-mecanico-de-tolvas-industriales.html>

[35] <https://ilurco.com/capacidades/>

[36]<https://www.tk.com.tr/es/productos/celulitis-por-flotacion/sub-a-celulitis>

[37] <https://energia.roams.es/luz/precio-luz/>

[38] <https://tarifasdeagua.es/info/precio>

5. Definiciones y abreviaturas

Con el fin de ayudar en la redacción y lectura del presente documento, se procede a detallar las abreviaturas y las unidades empleadas. Además, también se incluyen las definiciones de términos complejos.

5.1 Nomenclatura

m_e : Caudal másico de entrada

m_s : Caudal másico de salida

m_{agua} : Caudal másico de agua

m_{HS} : Caudal másico de ácido sulfúrico

m_{E139} : Caudal másico del CustAmine E139

P: Potencia

D: Diámetro

k: La razón de volumen de pulpa real en la celda

N: Número de celdas

t: Tiempo de flotación

V_c: Flujo de pulpa que entra a flotación

S: Factor de escala

VAB: Volumen aparente de bolas

VAM: Volumen aparente de material

MSB: Material sobre bolas

ϕ : Empaquetamiento

FC: Factor de descarga del producto del molino

V_m: Volumen del molino

CB: Carga de bolas

CM: Carga de material a molturar

Mk: Peso del material (bolas + material a molturar) dentro del molino

Q_v : Caudal volumétrico

V: Volumen

ρ : Densidad

IPC: Índice de Precios al Consumo

VAN: Valor Actual Neto

PEC: Presupuesto de Ejecución por Contrata

PEM: Presupuesto de Ejecución de Material

TIR: Tasa interna de retorno o rentabilidad

FC: Flujo de Caja

t_r : Tiempo de residencia

FAD: Flotación por aire disuelto

5.2. Unidades

cm^3 : centímetro cúbico

d: días

€: euros

h: horas

min: minutos

s: segundos

kg: kilogramo

mm: milímetros

m: metro

m²: metro cuadrado

m³: metro cúbico

%: porcentaje

kWh: kilovatio-hora

t: tonelada

5.3 Definiciones

Ditiofosfatos: Son compuestos químicos y aniones utilizados como colectores para la flotación.

Esfalerita: La esfalerita es un mineral del sulfuro de zinc.

Humectabilidad: La cantidad o estado de mojarse. Es también la capacidad de cualquier superficie sólida para mojarse cuando está en contacto con un líquido cuya tensión superficial está reducida de forma que el líquido se extienda sobre la superficie del sólido.

Xantatos: Son las sales y ésteres del ácido xántico.

6. Requisitos de diseño

6.1 Características de la instalación

Para conocer el tamaño de la planta que se pretende diseñar, es necesario conocer la cantidad de materia prima que serán tratados en la planta, el cual se ha visto en el punto 1. “Objetivos”.

Tal y como se comenta en ese punto, la planta de flotación tratará 100 toneladas al día de materia prima en forma de polvo, con lo cual un total de 36.500 toneladas al año. Dicho producto flotado será almacenado en bolsas (bigbags) dentro de un almacén cubierto y seco para evitar problemas de dispersión por el viento durante la carga y la descarga del material acabado.

La planta de flotación que se va a diseñar contará con una superficie total de 15.300 m², como fue establecido siguiendo el modelo SLP (Systematic Layout Planning) realizado en el apartado “2. Distribución en planta por el método de SLP” del documento “3. Anexos”

6.2 Equipos del proceso

A continuación en la **Tabla M.6.2.1** se muestran todos los equipos necesarios que compondrán la línea de proceso de producción. Los equipos necesarios son los siguientes:

Tabla M.6.2.1 Equipos que forman parte de la línea de proceso de producción.

Equipos de la línea de proceso de flotación
Básculas de camiones
Pala cargadora
Tolvas
Depósito de homogeneización
Cinta transportadora
Triturador primario
Molino de bolas
Depósito de agua
Primera celda de flotación
Segunda celda de flotación
Flotación columnar
Tanque de lavado
Secadero

6.3 Descripción del proceso de producción

El proceso de producción de la mica en forma de polvo, es un proceso que se basa principalmente en la operación de flotación.

A continuación, se realiza una explicación del proceso que tiene lugar desde la llegada de la materia prima en las instalaciones hasta que se obtiene la mica en el almacén del material acabado.

El mineral de mica en polvo es transportado hasta la instalación mediante camiones de 24 toneladas. La mica en polvo, una vez recibida en las instalaciones y almacenada en el depósito de homogeneización, es sometida a una trituración primaria. Desde la trituración, la mica en polvo es conducida a través de cintas transportadoras hasta el molino de bolas. El molino de bolas es el encargado de molturar el producto hasta la granulometría deseada para obtener una mejor separación en la etapa de flotación.

El material, una vez molturado, sale por el molino y es transportado hasta el tanque de acondicionamiento, donde se mezcla la materia prima con el ácido sulfúrico para obtener un pH ácido y el CustAmine E139 como colector.

A continuación, el producto entra en el primer equipo de flotación, donde se añadirá el espumante y se flotará el material. El material flotado pasará al segundo equipo de flotación y al tercero. El segundo equipo de flotación es un equipo similar al primero pero con menos caudal de entrada y más rendimiento, ya el tercero equipo de flotación es un equipo de flotación de columna con el objetivo de obtener una mica más pura que la primera flotación.

Los equipos de flotación son los elementos claves del proceso, ya que son los encargados de separar el producto hasta la pureza deseada. El material, una vez flotado en el tercer equipo de flotación es sometido a un lavado para eliminar los productos químicos utilizados en la flotación. Finalmente, para eliminar una cantidad de agua se utiliza un filtro prensa y un secadero.

El material que ha sido secado y clasificado como apto a las condiciones deseadas se almacena en el almacén de producto acabado.

El diagrama de flujo de todo el proceso productivo se muestra en la **Figura M.6.3** Además, en los siguientes puntos se explican las diferentes zonas en las que se agrupa el funcionamiento en planta. En posteriores apartados se desglosará cada una de estas zonas para explicar detalladamente la maquinaria seleccionada y el motivo de su elección.

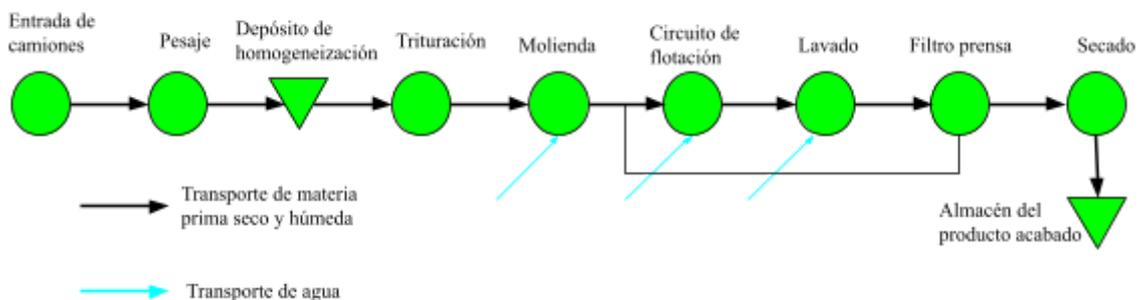


Figura M.6.3 Diagrama de flujo del proceso productivo.

6.3.1 Recepción de la materia prima

El proceso de recepción empieza por la obtención de la mica proveniente de la India, mediante el transporte marítimo. Una vez llegado al puerto, la mica es transportada por

camiones hasta las instalaciones donde se pesa y se descarga en el depósito de homogeneización, posteriormente de la homogeneización son transportados mediante la utilización de una cinta transportadora hacia la trituración. **Figura M.6.3.1.**

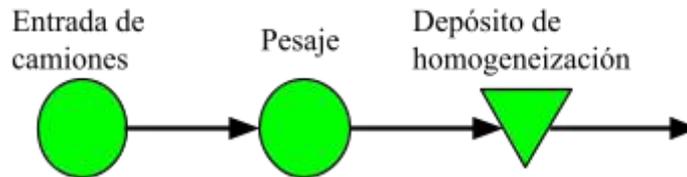


Figura M.6.3.1 Zona de recepción.

6.3.2 Trituración y molienda

Inicialmente se reduce el tamaño mediante el molino de martillos hasta 1 mm, esta trituradora es del tipo de impacto o percusión. El material triturado se transporta mediante una cinta hasta otra tolva de alimentación previa a la molienda.

La molienda es realizada por un molino de bolas vía húmeda, con lo cual es necesario la introducción de agua para obtener un contenido en sólidos del 50% en peso, ya que la materia prima proviene de la trituración con un 1% de humedad. Una vez acabada la molienda la materia prima continúa su recorrido por la cinta transportadora. Se presenta a continuación (**Figura M.6.3.2.1**) el diagrama de flujo de esta etapa.

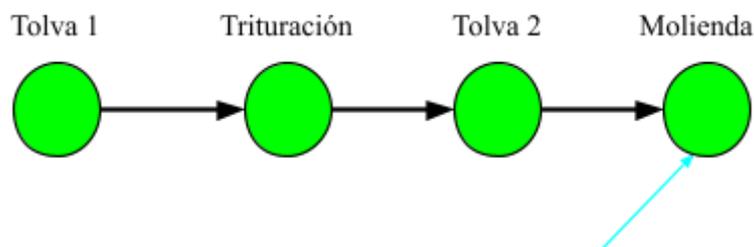


Figura M.6.3.2.1 Trituración y molienda.

6.3.3 Circuito de flotación

Tras finalizar la etapa de molienda, se procede a introducir la materia prima al tanque de acondicionamiento. En este se prevé la adición de agua suficiente para reducir el contenido en sólidos de la suspensión del 50% a un 20%, que es el indicado para llevar a cabo el proceso de flotación.

El circuito de flotación se divide en cuatro partes, siendo la primera un tanque de acondicionamiento, en el cual se agrega el ácido sulfúrico suficiente para obtener un pH ácido en el rango 2-3 y el agua para obtener los 20% de contenidos en sólidos.

Trás la homogeneización y adecuación de la materia prima en el tanque de acondicionamiento, la mezcla procedente del tanque de acondicionamiento se introduce en la primera celda. Este equipo de flotación es tipo celda, es una flotación de bajo rendimiento de recuperación. Por está razón todo el material flotado en la primera flotación es introducido en el segundo equipo, en el cual se obtiene una mejor eficacia que la primera celda pero no lo suficiente por está razón se utiliza un tercer equipo de flotación y por último es introducido al tercer equipo de flotación tipo columna, en el cual se obtiene un alto rendimiento. Ya el material rechazado, es decir, no flotado en el primer equipo de flotación es reintroducido a la primera celda como se puede ver en la *Figura M.6.3.3.1*, el material flotado sigue su curso hacia a la siguiente etapa.

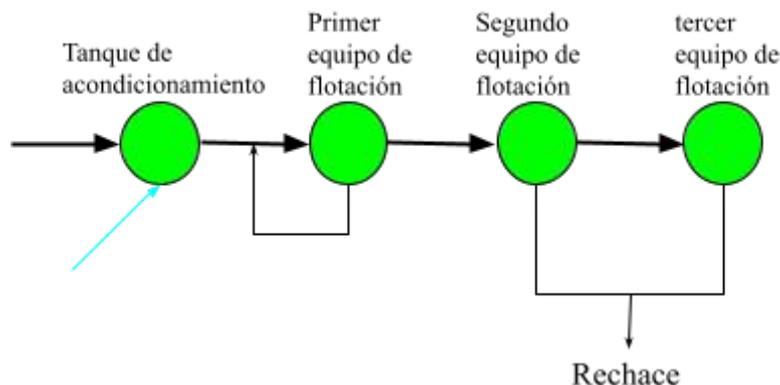


Figura M.6.3.3.1 Circuito de flotación.

6.3.4 Lavado y filtro prensa

Una vez finalizado el proceso de flotación, el material flotado pasa por un lavado en el cual se introduce agua aproximadamente 5% para la eliminación de los aditivos añadidos en la etapa de acondicionamiento. Posteriormente el material es introducido en un filtro prensa capaz de reducir un 40% de sequedad, es decir de reducir del 85% de agua al 45%. Del filtro prensa sale una corriente de agua que se reintroduce en el proceso y la mica flotada denominada torta, que es llevado a un secado como se muestra en la siguiente figura.

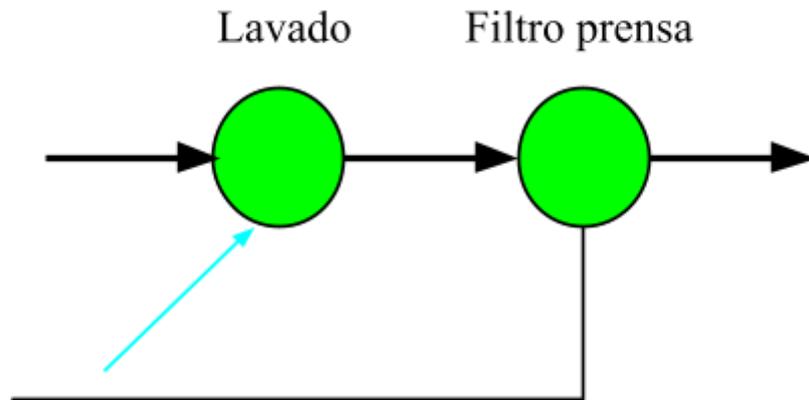


Figura M.6.3.4.1 Lavado y filtro prensa.

6.3.5 Secado y almacenamiento

Tras finalizar el proceso de lavado y filtro prensa, se procede a introducir el material flotado y prensado (mica) a una etapa de secado, como se puede observar en la siguiente figura, en la cual se baja la humedad del 45% al 0,1%, ya que el material será vendido en forma de polvo seco para su utilización principalmente en la cosmética pero también en otros ámbitos. Como se dijo anteriormente el material pasa a una etapa de secado, este secado es realizado por un secador rotatorio.

Una vez acabado este paso de secado pasamos al almacenamiento en el que la mica seca es almacenada en bolsas (bigbags) de 1000 kg cada una y conservada hasta su suministro a la correspondiente empresa compradora.

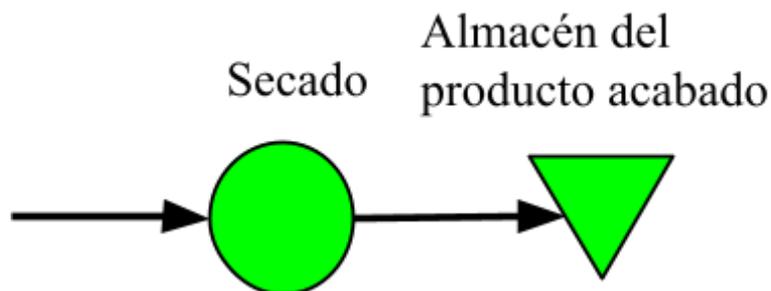


Figura M.6.3.5.1 Secado y almacén del producto acabado.

7. Análisis de soluciones

Para la realización correcta del diseño de la instalación de la línea de producción de la mica flotada, se ha realizado una comparación de los tipos de equipo de flotación con el objetivo de definir la opción más favorable para el proceso. Con lo cual, se estudiarán los diferentes equipos que podrían ubicarse en la instalación de flotación de mica (moscovita).

Se sabe que los principales equipos de la instalación son los equipos de flotación con el que se realiza la flotación y mediante el cual se llegará a la pureza deseada.

7.1 Equipo de flotación

Las unidades principales y más importante de la planta son los equipos de flotación en serie, por lo tanto, es muy importante su correcto diseño y optimización. A continuación, se exponen los diferentes tipos de equipo de flotación que se podrían instalar, y cuáles son las características y consumo de cada uno de ellas.

Para lograr buenos resultados en la flotación, además de las propiedades y características del mineral y los reactivos, la elección del tipo de equipo utilizado también es muy importante y puede ser decisiva según la granulometría del mineral, la selectividad y la recuperación deseada.

El objetivo fundamental de una máquina de flotación es separar satisfactoriamente de un mineral, el concentrado y productos de relaves. Para promover este proceso, los minerales, la fase líquida, los reactivos y el aire deben estar en contacto directo. La principal función del equipo de flotación es introducir el aire en la pulpa. Según el método de introducción del aire, los equipos se pueden clasificar como (Aquino et al., 2004):

- ❖ **Equipo de flotación mecánica:** el aire se introduce mediante la agitación mecánica, también conocida como la flotación rougher (celda de flotación).

Las principales funciones de una celda de flotación son las siguientes:

- Tiene que mantener todas las partículas en suspensión dentro de las pulpas en la mejor forma posible, con el fin de prevenir la sedimentación de las mismas.

- Tiene que producir una buena aireación para permitir la diseminación de burbujas de aire a través de la celda mecánica.
- Promover las colisiones y adhesiones de partícula-burbuja.
- Mantener la quietud en la pulpa inmediatamente bajo la columna de espuma para que no haya la flotación de materiales indeseados.
- Proveer un eficiente transporte de la pulpa alimentada a la celda de flotación, del concentrado y del relave.
- Y por último, proveer un mecanismo de control de la altura de la pulpa y de la espuma, la aireación de la pulpa y del grado de agitación.

Ya las principales características que deben tener las celdas de flotación son las siguientes:

- Tienen que tener una facilidad para la alimentación de la pulpa en formas continuas.
- Mantener la pulpa en estado de suspensión.
- No debe ocurrir la sedimentación de las partículas suspendidas.
- Y hay que tener una separación adecuada del concentrado y del relave.

La eficiencia de una celda de flotación se determina por los siguientes aspectos:

- Por el tonelaje que se puede tratar por unidad de volumen.
- Por la calidad de los productos obtenidos y recuperaciones.
- Por el consumo de energía eléctrica, reactivos, espumantes y otros reactivos, con el fin de obtener los resultados óptimos.
- Y por último los gastos de operación y mantenimiento por tonelada de mineral tratado.

Las celdas de flotación mecánica tienen tres zonas típicas: siendo una de ellas la zona de alta turbulencia a nivel del mecanismo de agitación, otra zona llamada de zona intermedia de relativa calma y una zona superior.

- **La zona de agitación:** es aquella zona donde se produce la adhesión partícula-burbuja. En esta zona deben existir condiciones hidrodinámicas y fisicoquímicas que favorezcan este contacto, es la zona en la cual impide que haya una sedimentación.
- **La zona intermedia:** tiene como característica de ser una zona relativa calma, lo que favorece la migración de las burbujas hacia la superficie de la celda.
- **La zona superior:** básicamente corresponde a la fase acuosa, formada por burbujas de aire. La espuma descarga por rebalse natural, o con ayuda de paletas mecánicas. Cuando la turbulencia en la interfase pulpa-espuma es muy alta se produce una contaminación del concentrado debido al arrastre significativo de la pulpa hacia la espuma.

En seguida se muestran las tres zonas en la *Figura M.7.1.1*.

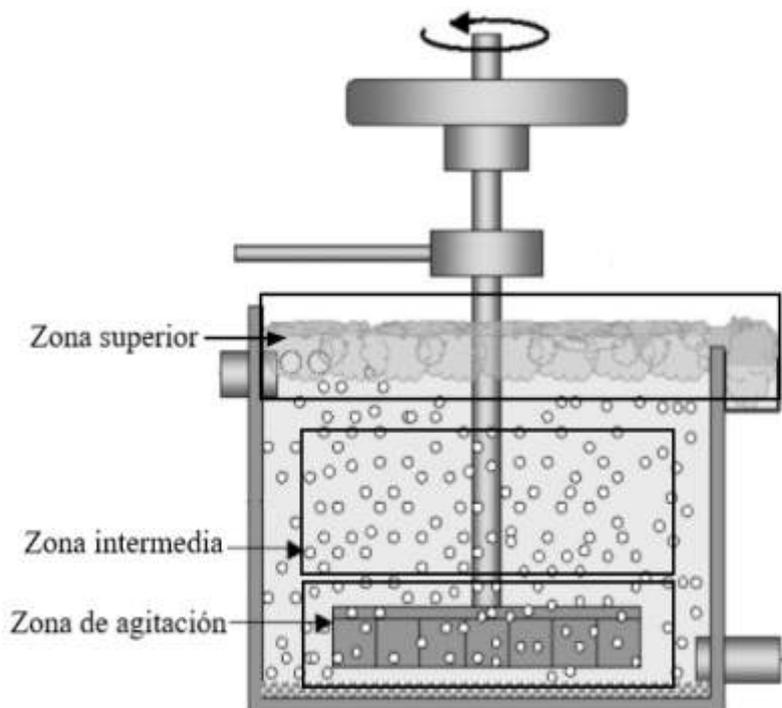


Figura M.7.1.1. Zonas de flotación.

- ❖ **Equipo de flotación neumática:** el aire se introduce por la parte inferior y no hay agitación mecánica también conocida como la flotación columnar.

Desde su invención a principios de la década del 60, la flotación en columna ha sido uno de los desarrollos más importantes en el procesamiento de minerales. La importancia de este tipo de equipos se puede ver a través de las mejoras sustanciales de los concentrados obtenidos en las columnas en varias unidades industriales, con aplicación a diferentes tipos de minerales, principalmente en granulometrías más finas. A menudo, se suma a las mejoras en el rendimiento metalúrgico, un ahorro de capital y costos operativos. Tales factores han sido determinante para la aplicación de columnas en procesos de flotación, tanto para nuevos proyectos como para ampliaciones industriales (QUEIROZ, 2003).

Sivamohan (1990) informa que la flotación en columna es un proceso que tiene como objetivo aumentar la probabilidad de colisión entre partículas y burbujas (flujo en contracorriente) y reducir el arrastre hidrodinámico de las partículas, mejorando así la separación de partículas en rangos de tamaño más finos en comparación con la flotación mecánica convencional.

Según Aquino et al. (2004), la columna de flotación se diferencia de la celda mecánica convencional principalmente en cuatro aspectos básicos:

1. Geometría (mayor relación altura/diámetro).
2. Existencia de agua de lavado
3. Ausencia de agitación mecánica
4. Sistema de generación de burbujas

Las ventajas de las columnas de flotación en comparativa con las celdas de flotación mecánica son las siguientes:

- El espacio ocupado en la planta por las columnas de flotación es reducido, ya que hay una mayor relación altura/diámetro.
- Bajo costo de capital, ya que, al ocupar menos espacio y tener una instalación eléctrica más sencilla tiene un bajo costo en comparación con las celdas convencionales.
- Al tener la ausencia de agitación mecánica, es decir, no lleva un agitador, eso conlleva también a un menor costo de mantenimiento.

- Se tiene un mejor control del proceso
- Los productos obtenidos son de mejor calidad: las leyes más elevadas de la especie son útiles para recuperaciones similares.

Con las columnas de flotación se puede obtener unos beneficios que son los siguientes:

- La capacidad de las columnas de producir concentrados superior con recuperaciones similares deriva de la mejora que se consigue en la selectividad combinada con el lavado de espuma, que remueve la ganga arrastrada que generalmente está asociada con la pulpa de alimentación.
- Con la introducción del agua de lavado permite a la columna operar con un bias positivo, el cual asegura que cualquier partícula de ganga liberada será reportada preferencialmente a la cola de la columna. Y en la práctica el bias se puede definir como la razón entre el flujo de colas y el flujo de alimentación de las columnas, en este caso un bias positivo corresponde a una razón mayor que 1.
- Como se dijo anteriormente la reducción en costos de operación en respecto a las columnas de flotación se puede atribuir generalmente a la carencia de partes móviles. Toda la potencia de agitación mecánica se elimina, así como, la necesidad de mantenimiento y reemplazo de agitadores y estatores. Y el menor costo de capital del equipo se atribuye a su mejor eficiencia metalúrgica y al hecho de que la capacidad de flotación está en la dirección vertical.
- Ya las mejoras en el control y en la estabilidad puede atribuirse a la simplificación del circuito, por ejemplo, un número reducido de etapas, y la aplicación de hardware para el control moderno de procesos a un mayor número de variables de control disponible, en particular para el lavado de espuma.

En la siguiente **Figura M.7.1.2** se muestra el esquema de las columnas de flotación.

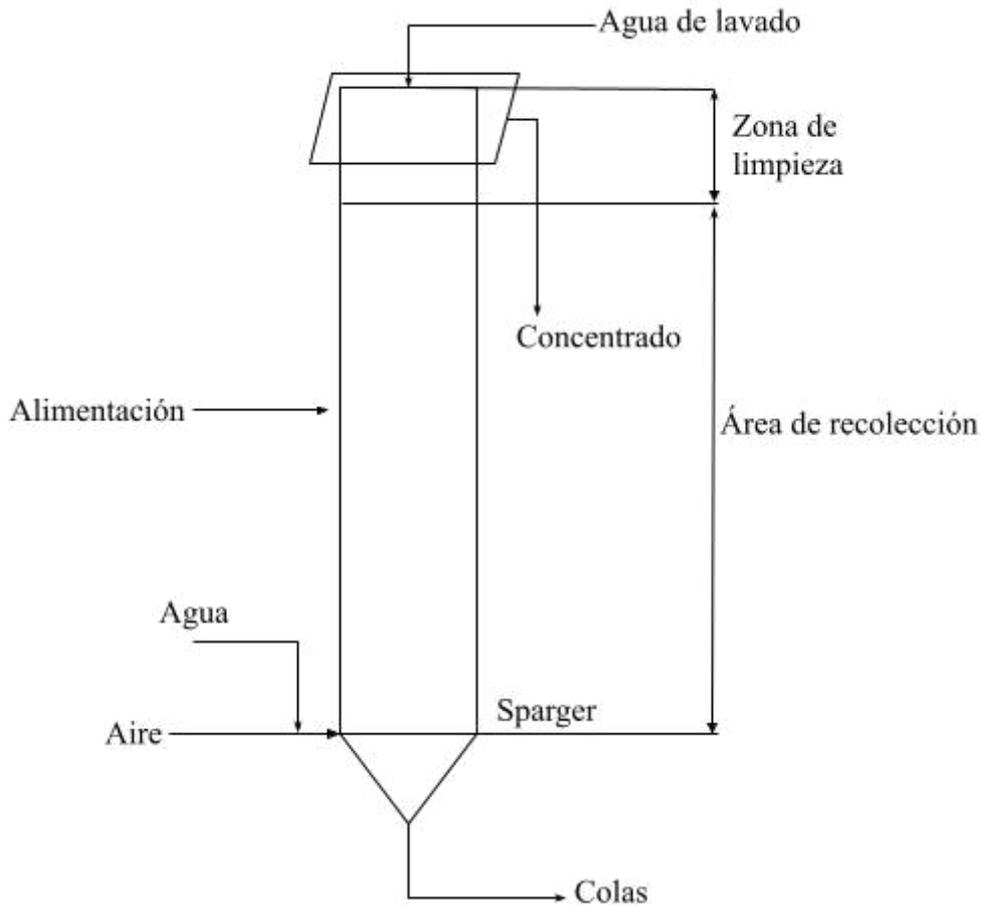


Figura M.7.1.2 Esquema columna de flotación.

7.2 Equipo de flotación a utilizar

Como se explicó en el apartado anterior “Análisis y soluciones” las ventajas y desventajas de cada equipo de flotación se llega a una conclusión que para obtener un producto de forma óptima es la combinación de los 2 equipos en serie, ya que el equipo de flotación columnar se obtiene muy buenos rendimientos y eficiencia pero el caudal de entrada tiene que ser bajo, ya que el equipo de flotación tipo celda soporta mucho caudal pero poca eficiencia, con lo cual se decide que primero será dos equipos en serie de flotación tipo celda pero de diferentes tamaños y uno último que será el equipo de flotación columnar para obtener un rendimiento más alto comparado con los anteriores.

En el documento “Anexos” en los apartados “1.5.3 al 1.5.5 y 1.10” se hacen todos los cálculos para saber cuánta mica se recupera y la eficiencia global, estos cálculos se pueden ver de forma reducida en la *Tabla M.7.2.1*.

Tabla M.7.2.1 Resumen flotación.

Equipo	Caudal de entrada (t/h)
Primera celda	32,20
Segunda celda	22,54
Columna	19,20

8. Resultados finales

Este apartado hace referencia al apartado Anexo I. Cálculos del documento de Anexos, en el cual se ha detallado cada una de las operaciones realizadas para obtener finalmente los cálculos planteados, obteniendo todos los parámetros que influyen en el proceso de producción de la mica.

El equipo principal es el de flotación pero también se van a exponer el resto de equipos a instalar, como el triturador primario, una tolva, molino de bolas, tanque de acondicionamiento y lavado, filtro prensa, secadero. El esquema de la instalación se presenta en la **Figura M.8.1**

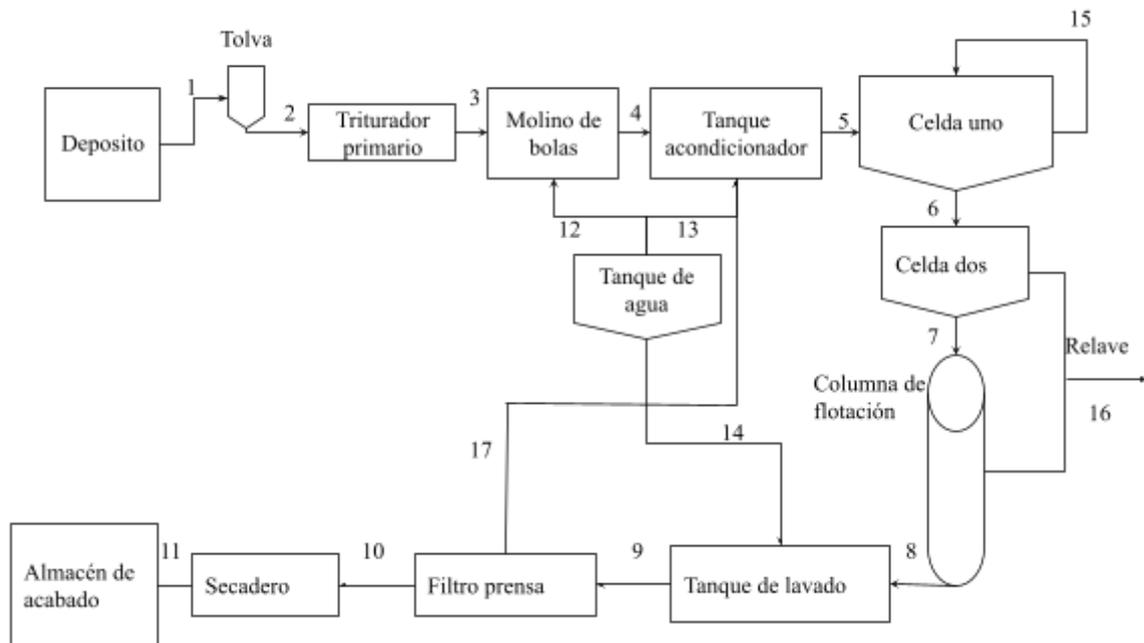


Figura M.8.1 Esquema de instalación.

8.1 Materia prima

El material principal que se utiliza para la flotación es la mica, la cual se puede visualizar en la **Figura M.8.1.1**. La mica como se comentó en el apartado 3. Antecedentes de la memoria, es un mineral encontrado en las minas principalmente en la India, China, Brasil y Madagascar. La mica que será utilizada para la flotación en este proyecto proviene de India, por razones económicas, ya que tiene un coste considerado bajo como se explica en el documentos de “Anexos” en el apartado “1.10 Balance de materia de la mica”.



Figura M.8.1.1 Mica en polvo proveniente de India.

8.2 Deposito de homogeneización

El deposito de homogeneización es el lugar donde se almacenará la mica hasta su procesado. Esta materia prima, como se ha comentado en el apartado anterior, provienen de India, por lo que desde su compra hasta su recepción se transcurre alrededor de 1 mes. Esto implica que el almacén tenga una capacidad lo suficientemente grande para cubrir una demanda de 1 mes.

Sabiendo que durante un año la demanda de materia prima es de 36.500 toneladas, se puede estimar que durante 1 mes la demanda es aproximadamente de 3042 toneladas. Por lo tanto, conociendo la densidad de la mica y multiplicándose por 0,40 para que sea la densidad de un lecho de polvo, se puede calcular el volumen que ocupará este producto

Ec.M.8.2

$$Volumen = \frac{\text{demanda 1 mes (t)}}{\rho(t/m^3)} = \frac{3042}{2,85 \cdot 0,40} = 2.668,42 m^3 \quad \text{Ec.M.8.2}$$

Por tanto, el almacén tendrá un volumen útil de 3.000 m³, ya que es necesario sobredimensionar este espacio para evitar sobrepasar su capacidad y volumen total, teniendo en cuenta un factor de seguridad de 2, de 6.000 m³, para el correcto desplazamiento de la pala cargadora y los camiones de descarga. Este deposito tendrá 4 vías siendo ellas usadas para carga y descarga, es decir las dos primeras para carga y las 2

últimas para descargas, una vez llenas las dos primeras se llenarán las dos últimas, con lo cual cada vía del depósito tendrá 1.500 m³.

8.3 Tolvas

Las tolvas necesarias para el proceso se encuentran al inicio del proceso, antes de la trituración primaria y antes del molino de bolas. Estas tolvas tienen como función principal la alimentación de dichos equipos, con lo cual se necesita tener como mínimo la 1,5 o 2 veces la capacidad de carga que la pala recogedora, en el apartado “3.1.3 Tolva” del documento “Anexos” se explica el volumen que tiene que tener la tolva que es aproximadamente 2,4 m³, ya que la trituradora primaria funciona un total de 15 horas diarias y tritura un total de 7 toneladas hora.

8.4 Triturador primario

El triturador primario seleccionado para el proceso es un triturador de martillo. Como se mencionó en el apartado anterior el triturador primario funciona un total de 15 horas diarias y tritura un total de 7 toneladas hora. En la **Tabla M.8.4.1** se resume el triturador seleccionado.

Tabla M.8.4.1 Resumen de las características del triturador primario.

Producción (t/h)	5-10
Tamaño de entrada (mm)	<100
Tamaño de salida (mm)	<15
Potencia (kW)	11

8.5 Molino de bolas en vía húmeda

La **Tabla M.8.5.1** resume el molino de bolas en vía húmeda elegido basado en los cálculos realizados en el apartado “1.4 Balance de materia al molino de bolas”, en este molino se utilizan bolas de alúmina para realizar la molturación necesaria. Consiste en alimentar la materia prima desde la trituración al molino, mezclar la materia prima triturada con agua y mediante el uso de las bolas de alúmina molturar el material.

Tabla M.8.5.1 Resumen de las características del molino de bolas.

Carga máxima de la bola (t)	26
Capacidad (t/h)	8,8-33,5
Tamaño de descarga (mm)	0,3-0,074
Potencia (kW)	280

8.6 Tanque acondicionador

El tanque acondicionador seleccionado para el proceso consiste en un tanque de 23,1 m³ de capacidad calculado en el apartado “1.5.2 Balance de materia en el tanque acondicionador” del documento “3. Anexos”, el funcionamiento del tanque es un sencillo, es un tanque con un agitador que mediante la rotación del agitador va mezclando la pulpa proveniente del molino de bolas con agua, ácido sulfúrico y el modificador. En la **Tabla M.8.6.1** se resumen el tanque acondicionador.

Tabla M.8.6.1 Resumen de las características del tanque acondicionador.

Capacidad (m³)	23,1
Diámetro (mm)	3.300
Altura (mm)	4.650
Potencia (kW)	22,5

8.7 Tanque de agua

El volumen del tanque de agua fue calculado en el apartado “ 1.8 Balance al tanque de agua” del documento “3. Anexos”, en seguida en la **Tabla M.8.7.1** se resumen del tanque elegido.

Tabla M.8.7.1 Resumen de las características del depósito de agua.

Capacidad (m³)	26
Diámetro (m)	2,83
Altura (m)	4,18

8.8 Equipos de flotación

Una vez decidido en el apartado “7.2 Equipo de flotación a utilizar”, se decide que se utilizarán 3 equipos de distintos tamaños y 2 formas. Siendo los dos primeros tipo celda con menor eficacia y uno columnar con mayor eficacia. Estos equipos fueron dimensionados en los apartados “1.5.3 al 1.5.3” del documento “3. Anexos”, en las **Tablas M.8.8.1 a M.8.8.3** se muestran el resumen de las características de cada equipo.

Tabla M.8.8.1 Resumen de las características de la primera celda.

Capacidad (t/h)	40
Diámetro (mm)	2.000
Altura (mm)	3.020
Potencia (kW)	15

Tabla M.8.8.2 Resumen de las características de la segunda celda.

Capacidad (t/h)	24
Diámetro (mm)	1.575
Altura (mm)	2.718
Potencia (kW)	11

Tabla M.8.8.3 Resumen de las características de la columna de flotación.

Capacidad (t/h)	21
Diámetro (mm)	2.000
Altura (mm)	12.000
Potencia (kW)	30

8.9 Tanque de lavado

El tanque de lavado funciona de la misma forma que el tanque de acondicionamiento pero la única diferencia es que solo se añade agua para eliminar los restos del ácido sulfúrico y del CustAmine E139 presentes en la pulpa. En la **Tabla M.8.9.1** se muestra el resumen de las características del tanque de lavado.

Tabla M.8.9.1 Resumen de las características del tanque de lavado.

Capacidad (m³)	23,1
Diámetro (mm)	3.300
Altura (mm)	4.650
Potencia (kW)	22,5

8.10 Filtro prensa

Los cálculos para el filtro prensa fueron hechos en el apartado “1.7 Balance de materia al filtro prensa” del documento “3. Anexos” y el resumen de las características del filtro prensa seleccionado son los que se muestran en la **Tabla M.8.10.1**.

Tabla M.8.10.1 Resumen de las especificaciones del filtro prensa.

Producción (t/d)	480
Dimensiones (m)	3,1 x 1,4 x 1,23
Potencia (kW)	2,2

8.11 Secadero

El secadero seleccionado es un secadero rotatorio, que mediante la recirculación de aire caliente dentro del horno produce la sequedad necesaria del producto acabado. En la **Tabla M.8.11.1** se muestra el resumen de algunas características del secadero.

Tabla M.8.11.1 Resumen de las especificaciones del secador.

Producción (t/h)	5,3-6,6
Dimensiones (m)	1,5x15
Potencia (kW)	15

8.12 Almacenamiento del producto acabado

Respecto al almacén de producto acabado, se desea tener una capacidad para almacenar alrededor de 1 mes de demanda.

El producto se almacena en bolsas (bigbags) de 1000 kg cada una, lo que supone un total de 705 bolsas al mes para almacenar. Se sabe que cada bolsa tiene de dimensiones (0,85x0,85x0,9) metros, es decir, un total de 0,65 m³ cada bolsa.

$$\text{Área} = n^{\circ} \text{bolsas} \cdot \text{área bolsas} = 705 \cdot 0,765 \text{ m}^2 = 540 \text{ m}^2 \text{ Ec.M.8.12}$$

Este área será ocupado solo por las bolsas, con lo cual aún hay que tener en cuenta la separación entre filas, entre bolsas, por está razón se toma como factor de seguridad el valor de 2,01, dando como resultado un área total de 1089 m².

8.13 Conducciones

En este punto se va a explicar las conducciones necesarias para transportar las suspensiones de sólidos presentes en la instalación. Tal y como se muestra en la **Figura M.8.1**, la instalación se puede descomponer en varios tramos.

En la planta de flotación se tiene que tener en cuenta que las conducciones serán necesarias a partir de la salida del molino, en los tramos 4,5,6,7,8 y 9 para el transporte de las suspensiones de sólidos, ya que los tramos 1,2,3 y 11 están formados por la pala cargadora y cintas transportadoras. Y los otros tramos serán conducciones de agua que son los tramos 12, 13 y 14 que también se tendrá en cuenta para el cálculo del precio de las conducciones.

En la **Tabla M.8.13.1** se resumen los caudales de cada tramo y la longitud de cada tramo una vez conocidas en el documento “4. Planos”, teniendo en cuenta que el material de las conducciones será acero galvanizado, evitando que entre humedad gracias al zinc que contiene en la conducción.

Tabla M.8.13.1 Resumen de los caudal de cada tramo.

Tramo	Caudal másico material (Qm) (kg/s)	Longitud (m)
4	2,75	15
5	6,88	7
6	4,82	7
7	4,10	7
8	4,01	36
9	5,46	8
10	1,42	10
12	1,36	24
13	4,16	30
14	1,36	41
15	2,06	1,75
16	0,80	23,47

8.14 Distribución en planta

Trás conocer las características de todos los equipos y elementos de la planta de flotación para la obtención de mica, se procede a presentar la distribución, la localización y el emplazamiento de la planta de flotación según los resultados obtenidos en el apartado “2. Distribución en planta por el método de SLP” del documento “3. Anexos”.

8.14.1 Plano de distribución

Una vez realizado el estudio en el apartado “2. Distribución en planta por el método de SLP” del documento “3. Anexos”, y conocer la importancia de la relación de cada zona entre sí, se decide cómo distribuir la planta. A continuación se muestra la distribución en planta en la **Figura M.8.14.1.1**.

El índice del nombre de cada zona de la planta se puede observar en la **Tabla M.8.14.2.1** “Distribución de las zonas de la planta”.

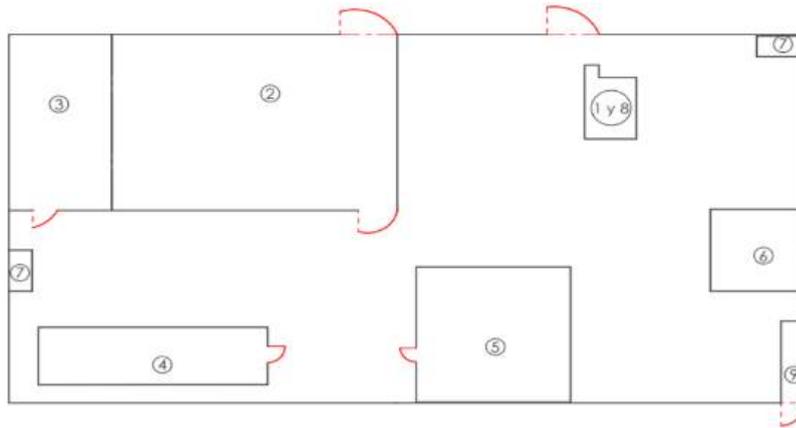


Figura M.8.14.1.1. Distribución en planta.

8.14.2 Definición de espacios

Durante el apartado **6.4. Diagrama de proceso** se ha desglosado el proceso de producción según las operaciones realizadas en cada apartado. Además del proceso propio, en la planta deben haber distintos sitios destinados a funciones ajenas al proceso, siempre relacionadas con el beneficio empresarial.

A colación de lo anterior, surge la necesidad de implantar una ordenación del terreno de la planta, de modo que se optimice la distribución del espacio. Para ello, se distinguen distintas **zonas** detalladas dimensionalmente en el anexo **PLANOS**, pero que a modo de presentación se presentan en la siguiente *Tabla M.8.14.2.1*.

Tabla M.8.14.2.1 Distribución de las zonas de la planta.

Zona	Función
1	Recepción
2	Trituración y molienda
3	Circuito de flotación
4	Lavado y secado
5	Almacén producto acabado
6	Oficinas
7	Aseos y vestuarios
8	Control del proceso productivo
9	Parking y jardín

La distribución en planta se puede separar en dos grandes bloques: las primeras zonas (1-5) corresponden al propio proceso de producción y a partir de la 6 corresponden a zonas ajenas al proceso, pero no menos importantes para el desarrollo de la actividad. A continuación se describen las distintas zonas y sus dimensiones.

Zona 1 - Recepción

Se sitúa en la entrada principal de la planta, por donde entran los camiones llenos de materia prima provenientes del puerto de Castelló. Esta zona está compuesta por la entrada y los propios camiones, juntamente con la báscula de pesaje de la materia prima y el depósito de homogeneización, donde se almacena antes de empezar el tratamiento. Lo que ocurre es que se puede considerar el depósito de homogeneización como el primer elemento de la segunda zona, el de inicio de la trituración y molienda. Entonces, la zona de recepción suma una pequeña superficie de aproximadamente unos 200 m². Véase la **Figura M.8.14.2.1.**

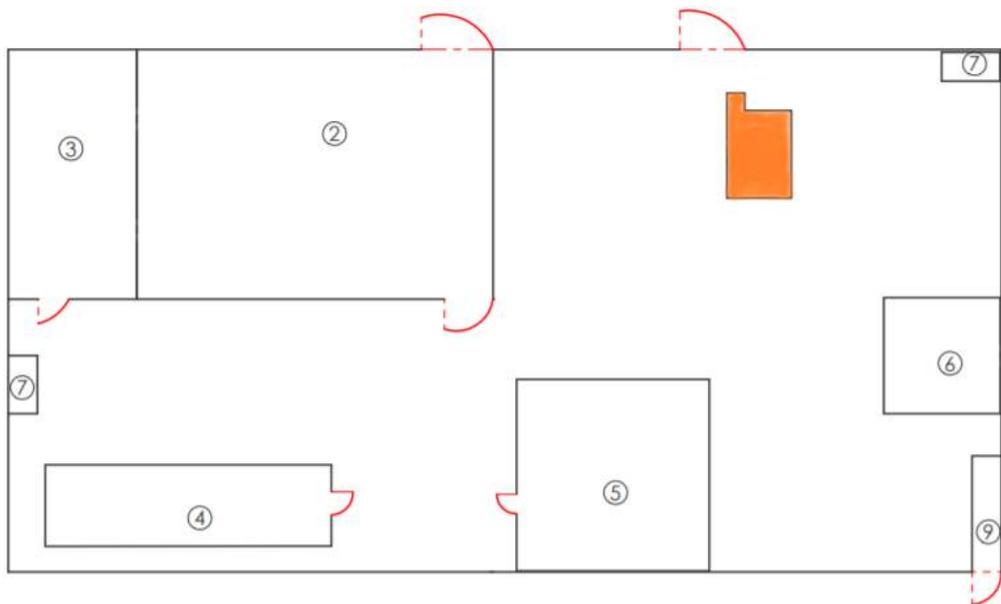


Figura M.8.14.2.1. Recepción.

Zona 2 - Trituración y molienda

Mediante la pala recogedora, se transporta la materia prima desde el depósito de homogeneización hasta el principio de la línea de trituración y molienda, que está compuesta por la tolva y a su vez un triturador primario y el molino de bolas, hasta llegar al circuito de flotación, perteneciente a la siguiente zona. Cabe destacar que el transporte

de la tolva al triturador y del triturador al molino se realiza mediante una cinta transportadora.

De modo que en esta zona se puede incluir el depósito de homogeneización. Todo esto supone un área de 2.623 m². Véase la **Figura M.8.14.2.2**.

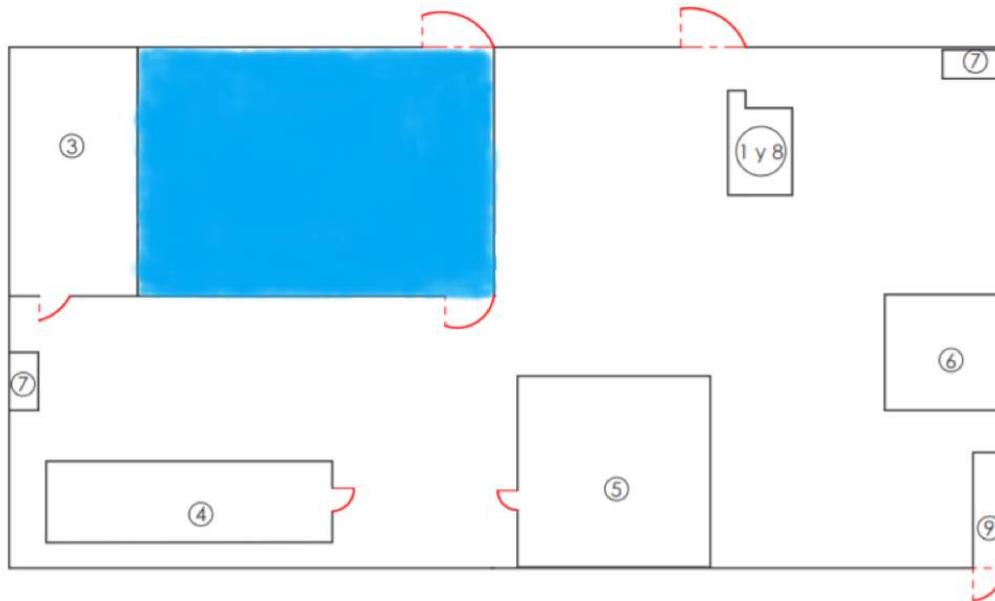


Figura M.8.14.2.2 Trituración y molienda.

Zona 3 - Circuito de flotación

Una vez realizada la trituración y la molienda, se sigue con el proceso de flotación, en el que se realiza un proceso de flotación para la obtención de la mica. Pero antes se realiza un proceso de acondicionamiento entre la materia resultante del proceso anterior con la adición de agua y aditivos. Para ello, se compra un tanque de acondicionamiento que soporte las condiciones del sistema. El área resultante de este proceso es de 946 m², ya que se debe guardar una cierta distancia de seguridad entre el tanque y los demás componentes y zonas de la planta.

Mediante un sistema de tubería se conecta este tanque con una celda de flotación de considerable tamaño para iniciar el proceso de flotación diario, una vez acabada la flotación de la primera celda el material flotado se pasa a la segunda mediante una tubería que las conecta y por último al acabar la flotación de la segunda celda se transporta el material flotado a la columna de flotación también mediante una tubería.

Por tanto, con el tanque de acondicionamiento, las dos celdas y la columna de flotación, también teniendo en cuenta la separación de seguridad, suman un total de unos 946 m². Véase la **Figura M.8.14.2.3**.

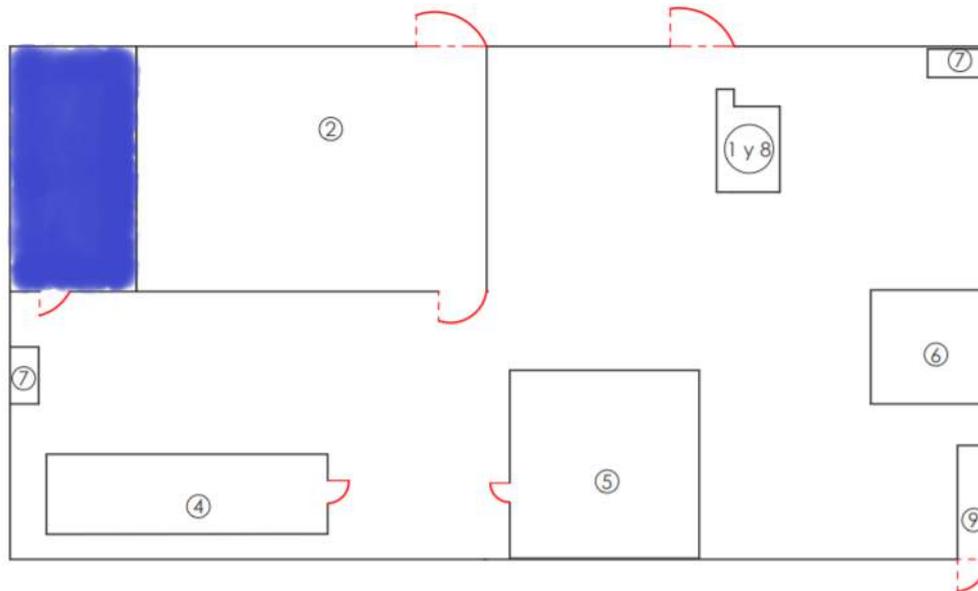


Figura M.8.14.2.3. Circuito de flotación.

Zona 4 - Lavado y secado

Esta zona se puede juntar con la anterior, pues son procesos consecutivos, ya que en el circuito anterior se realiza la flotación de la materia prima y se obtiene la mica flotada, la cual en esta zona será lavada para eliminar los restos de aditivos presentes en la misma.

Pero bien, esta zona está elegida para el producto sólido, obtenido tras el paso por las flotaciones anteriores, constituida por un tanque de lavado, el filtro prensa para reducir al mínimo la humedad del producto y una vez pasado por el filtro prensa se procede a un secado para eliminar la humedad restante de la materia prima, este secado es realizado por un secador rotatorio.

Se concluye con que la superficie necesaria para llevar a cabo este proceso es de unos 686 m². Véase la **Figura M.8.14.2.4**.

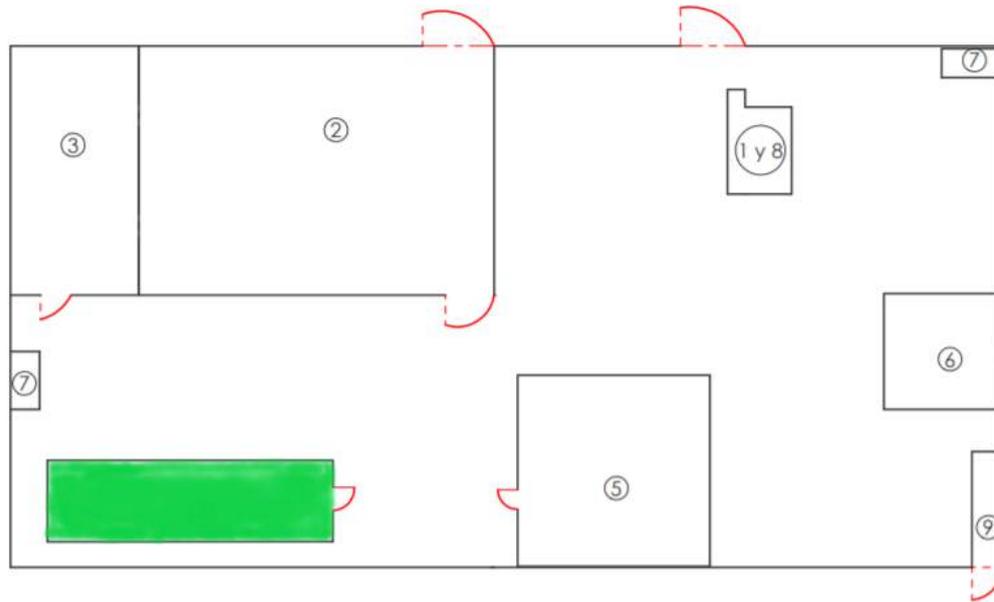


Figura M.8.14.2.4. Lavado y secado.

Zona 5 - Almacén del producto acabado

Esta zona incluye el almacén del producto terminado. De los cálculos realizados en el apartado “8.12 Almacenamiento del producto acabado” se sabe que el almacén tiene que tener como mínimo un total de 1089 m².

Se concluye con que la superficie necesaria es de 1089m² aproximadamente como explicado en el apartado “8.12 Almacenamiento del producto acabado” .Véase la **Figura M.8.14.2.5**.

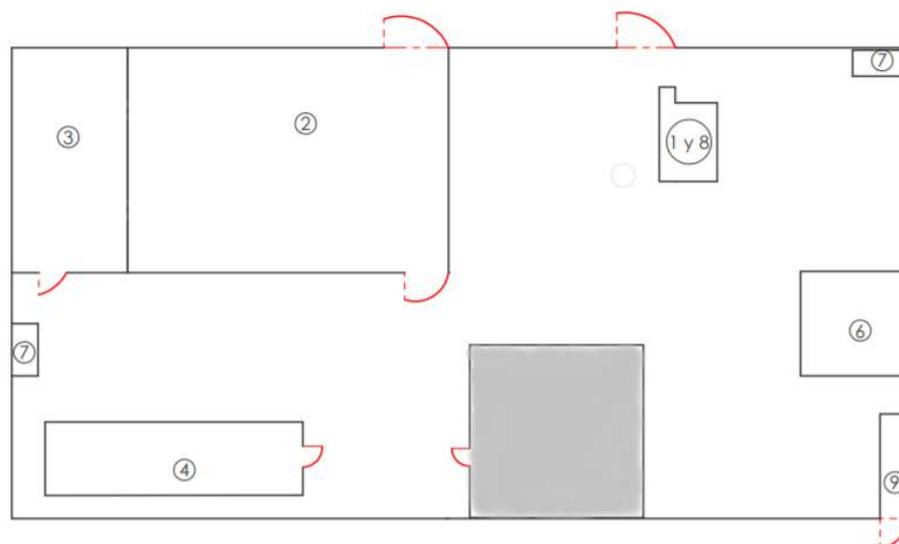


Figura M.8.14.2.5. Almacén del producto acabado.

Zona 6 - Oficinas

En este apartado de la planta se lleva a cabo las acciones administrativas a las que está sometida la empresa. Además es el apartado de la planta donde se destinan la mayor parte de los trabajadores, ya que el proceso de flotación está enormemente automatizado y sólo se requieren simples operaciones de control.

Atendiendo a la lógica, las oficinas deberán estar situadas a una distancia considerable respecto al proceso de flotación, evitando así posibles perturbaciones en cuanto a incidentes, molestias por el ruido, olores, etc.

A parte de tener una amplia zona de trabajo para cada miembro administrativo, esta zona está totalmente equipada con aquello necesario para el trabajador, es decir, distintos aseos, vestuarios y una sala acogedora que hace la función de cafetería en los momentos de descanso. Está zona tiene 400 m², véase la **Figura M.8.14.2.6**

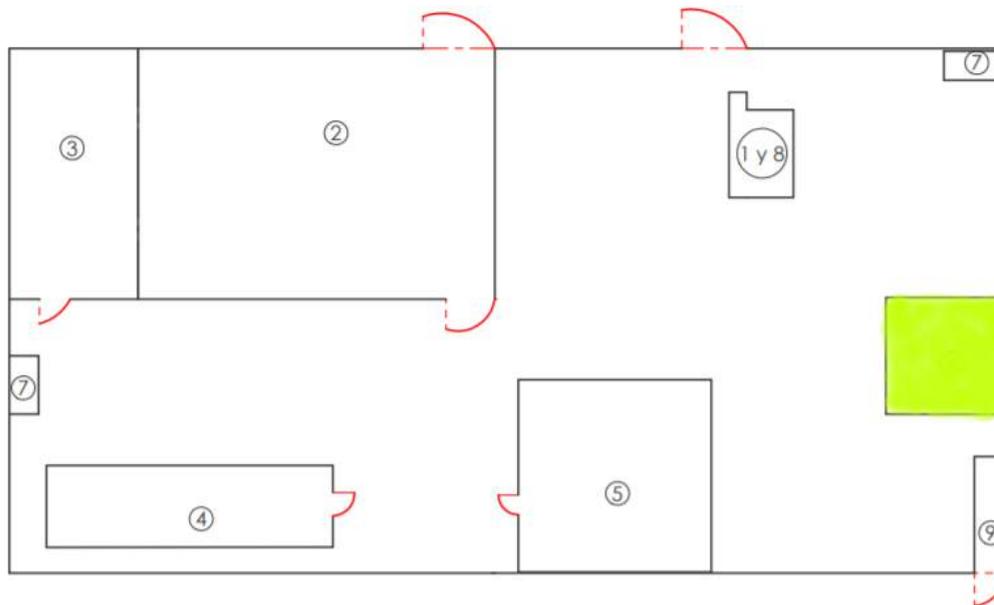


Figura M.8.14.2.6. Oficinas.

Zona 7- Aseos y vestuarios

Esta zona está más bien habilitada para los trabajadores del proceso productivo, independiente a los servicios propios de las oficinas. Están ubicadas en la entrada principal, donde llegan los camiones, abasteciendo así también las necesidades del

personal ajeno a la planta, dando un servicio que en algunas ocasiones resulta de lo más agradable.

En esta instalación se cuenta con distintos aseos, y también un amplio vestuario para el personal que lo requiera, cada baño con su vestuario tiene un total de 50 m². Véase la **Figura M.8.14.2.7**.

Para tener un conocimiento más visual de cómo están distribuidas las zonas, se sugiere acudir al documento “4 PLANOS”.

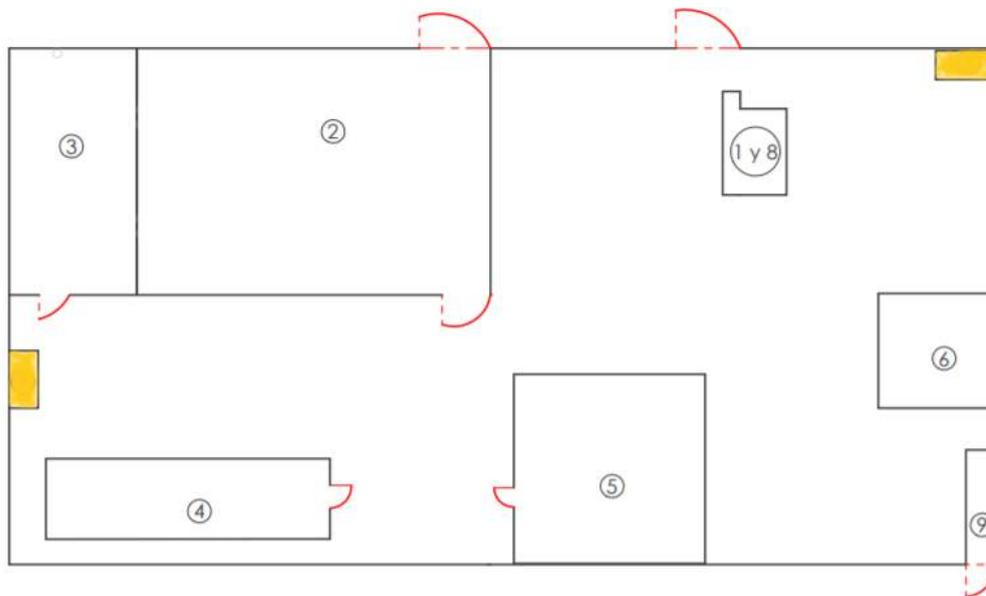


Figura M.8.14.2.7. Aseos y vestuarios.

Zona 8 - Control de proceso

Situado junto a la zona de recepción, donde se realiza un control de los camiones de llegada a la planta, a partir del cual se controla todo el proceso productivo. En cuanto a las instalaciones físicas, es un pequeño habitáculo equipado con una serie de herramientas para realizar el control del proceso. Las dimensiones en este caso son de 15 x 8 metros. Véase la **Figura M.8.14.2.8**.

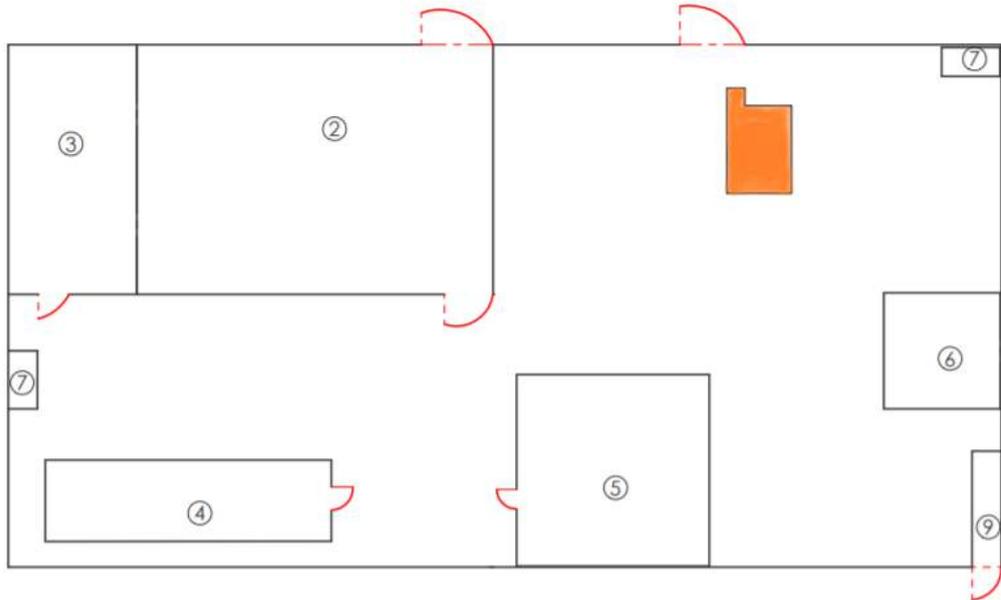


Figura M.8.14.2.8. Control de proceso.

Zona 9 - Parking y jardín

Es una zona adaptada para el aparcamiento de los vehículos de los trabajadores de la planta, además de una pequeña zona de decoración para dar una buena imagen. Entonces, se instala una zona de jardín. Todo esto suma un área de unos 100 metros cuadrados. Véase la siguiente **Figura M.8.14.2.9.**

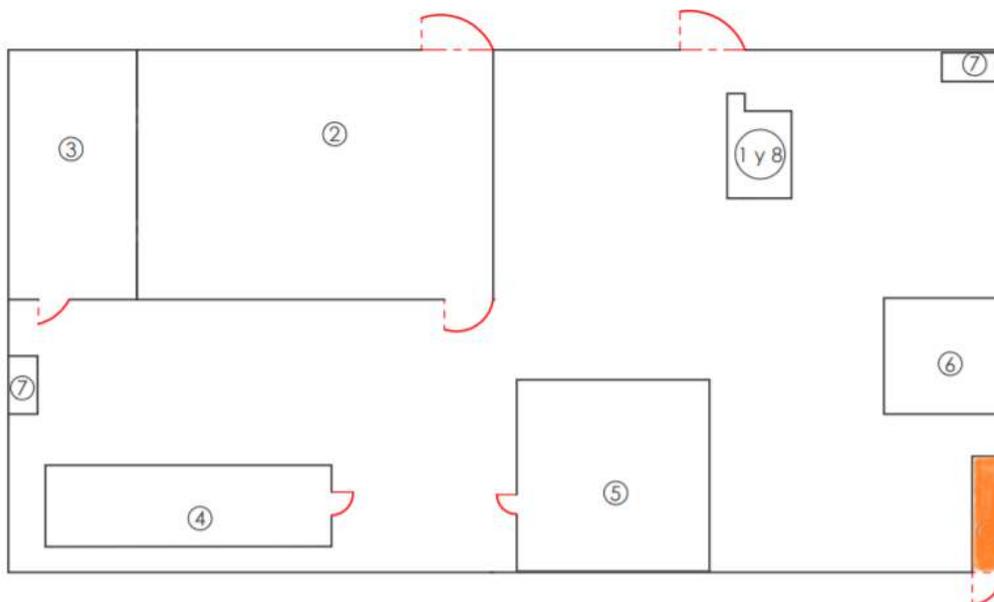


Figura M.8.14.2.9. Parking y jardín.

8.14.3 Definición del tamaño de planta

En este apartado se resumirá el tamaño de la planta y de las zonas una vez calculadas en el apartado anterior. En la *Figura M.8.14.3.1* se observa que la planta tiene un total de 15.300 m², es decir un total de 1,53 hectáreas y en la *Tabla M.8.14.3.1* se resume el tamaño por zonas.

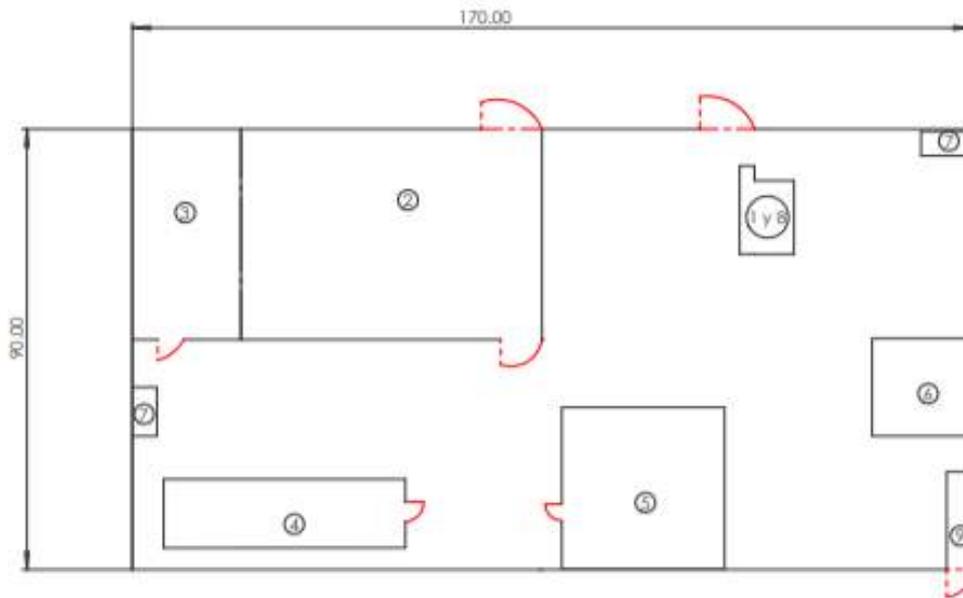


Figura M.8.14.3.1. Tamaño de la planta.

Tabla M.8.14.3.1 Resumen del tamaño de las zonas.

Zona	Área	Dimensiones (m ²)
1	Recepción	400
2	Trituración y molienda	2.623
3	Circuito de flotación	946
4	Lavado y secado	686
5	Almacén producto acabado	1089
6	Oficinas	400
7	Aseos y vestuarios	50
8	Control del proceso productivo	120
9	Parking y jardín	100

8.14.4 Ubicación y emplazamiento de la actividad

En este apartado se utiliza el método de jerarquía analíticas para elegir un lugar adecuado para situar la planta de flotación.

El método de jerarquía analíticas es una técnica multicriterio que consiste en proporcionar una evaluación cuantitativa para las alternativas inherentes a problemas en los que concurren varios criterios y factores. Los factores que intervienen en la selección del emplazamiento son los siguientes:

1. Mano de obra y salarios
2. Recursos energéticos
3. Transporte
4. Materia prima
5. Mercado
6. Entorno social
7. Geografía y clima
8. Suelo
9. Seguridad jurídica
10. Normativa, legislación e impuestos.

De todos los factores mencionados anteriormente se descartaron algunos para el caso de estudio como por ejemplo, la seguridad jurídica, normativa y legislación e impuestos, geografía y clima, mercado, entre otros. Estos factores fueron descartados por la razón de que las parcelas seleccionadas son más o menos parecidas unas a otras con casi las mismas características.

Así, se han buscado tres parcelas en distintas zonas de la Comunidad Valencia y se ha estudiado los siguientes factores ordenados de mayor a menor importancia:

1. Proximidad
2. Vía de comunicación

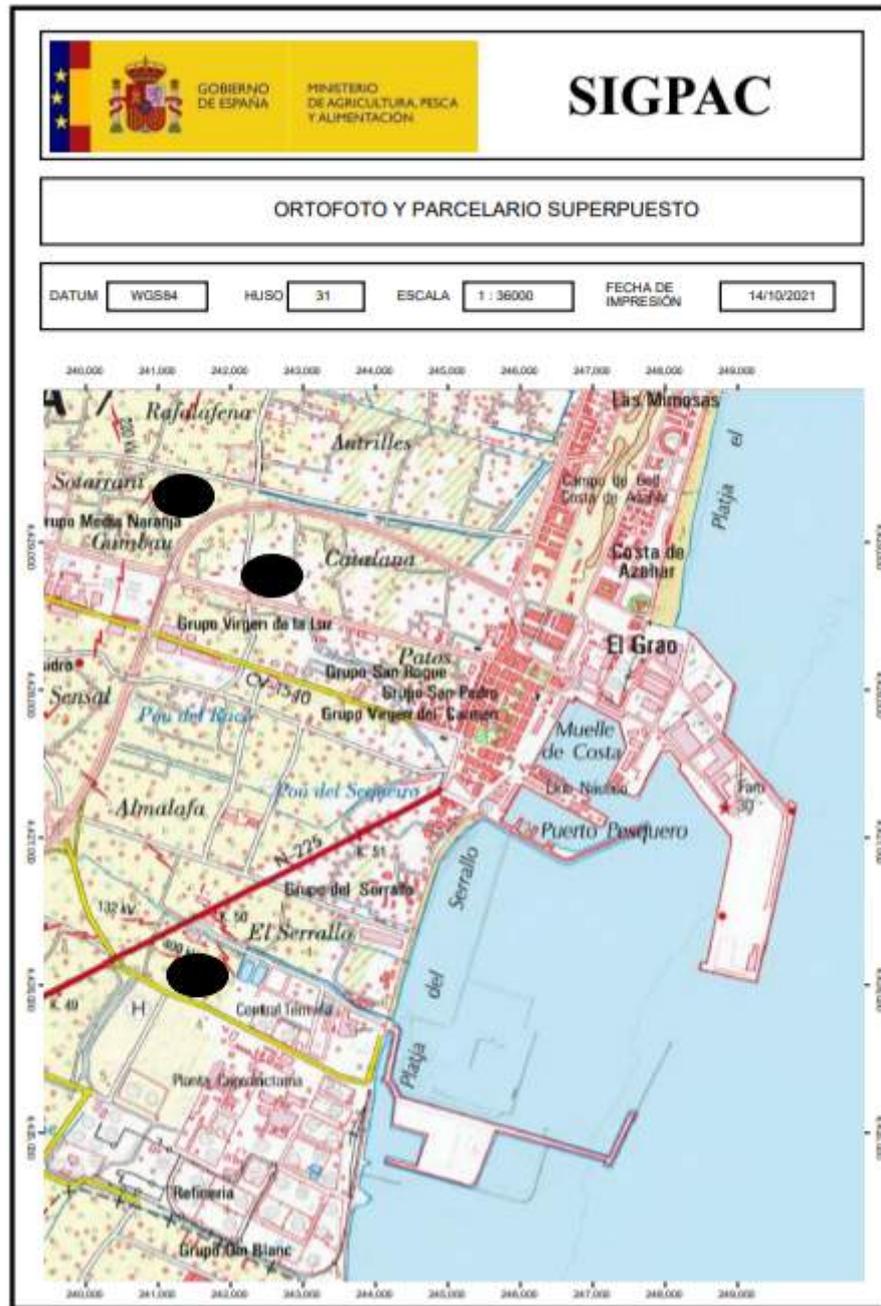


Figura M.8.14.4.2. Las 3 parcelas.

Una vez especificadas las posibles ubicaciones para la construcción de la planta de flotación, es necesario la utilización del estudio y análisis de factores que pueden influir para seleccionar una parcela u otra teniendo en cuenta las necesidades requeridas por la empresa.

El método utilizado se conoce como método de jerarquías analíticas, es cual se ha realizado en el apartado “ 2. Distribución en planta por el método de SLP” del documento “3. Anexos”.

Una vez realizado el estudio se elige la parcela que se puede apreciar en el mapa anterior con nombre de “Catalana” y una vista más detallada en la **Figura M.8.14.4.3**



Figura M.8.14.4.3. Vista de la parcela elegida. Fuente: Visor SigPac.

9. Planificación

Para realizar el proyecto correctamente y en el plazo de tiempo establecido es necesario realizar una planificación de todas las tareas que se llevarán a cabo, definiendo también los plazos de tiempo para cada una. El diagrama de Gantt es una herramienta que se emplea para planificar y programar tareas a lo largo de un período determinado de tiempo.

A continuación, se muestra la **Tabla M.9.1** donde vienen detalladas los días de duración de cada tarea de la planificación:

Tabla M.9.1 Días detallados de la planificación.

Actividad	Duración (días)	Inicio	Fin
Adecuación del terreno	30	21/10/21	01/12/21
Obra civil	100	02/12/21	20/04/22
Instalación eléctrica y fontanería	20	21/04/22	15/05/22
Instalación de equipos	30	19/05/22	29/06/22
Conexión entre equipos	20	30/06/22	27/07/22
Automatización de los equipos	20	28/07/22	24/08/22
Puesta en marcha y pruebas	30	25/08/22	05/10/22

Dicha planificación se ve detallada en el siguiente diagrama de Gantt (**Figura M.9.1**).

Diseño de una planta de flotación para la obtención de mica

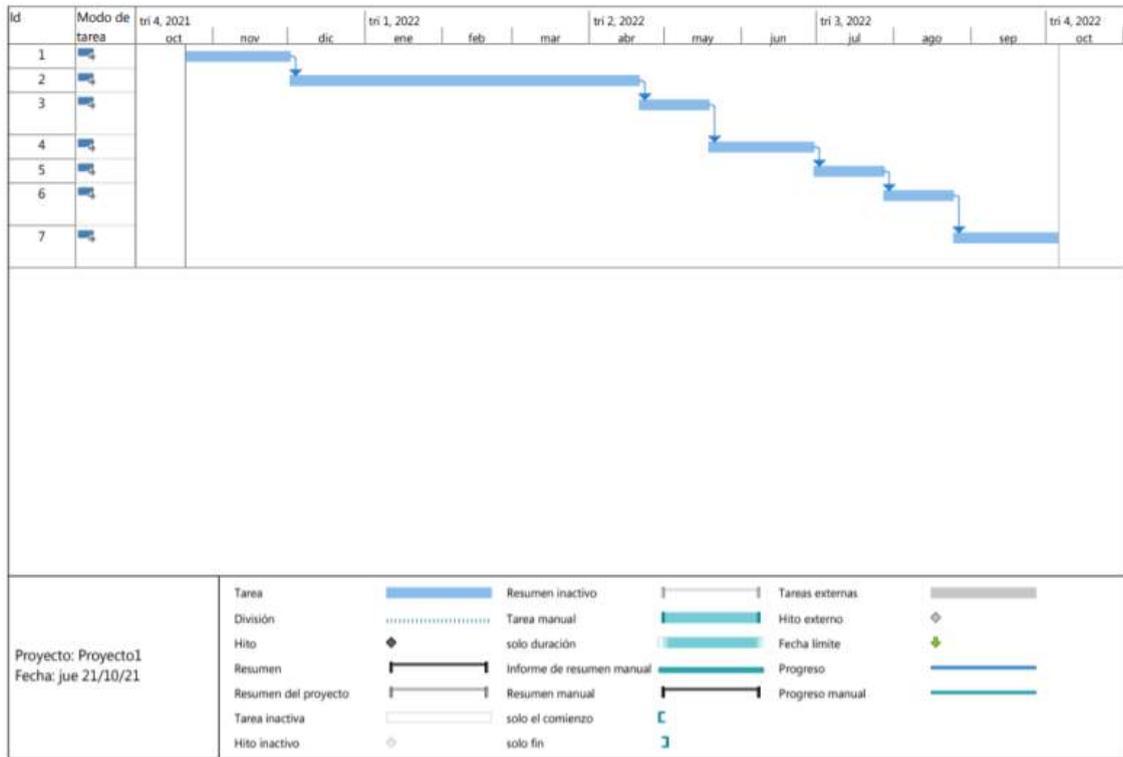


Figura M.9.1. Diagrama de Gantt del proceso.

En la siguiente **Figura M.9.2** se observa de forma más sencilla lo representado anteriormente.

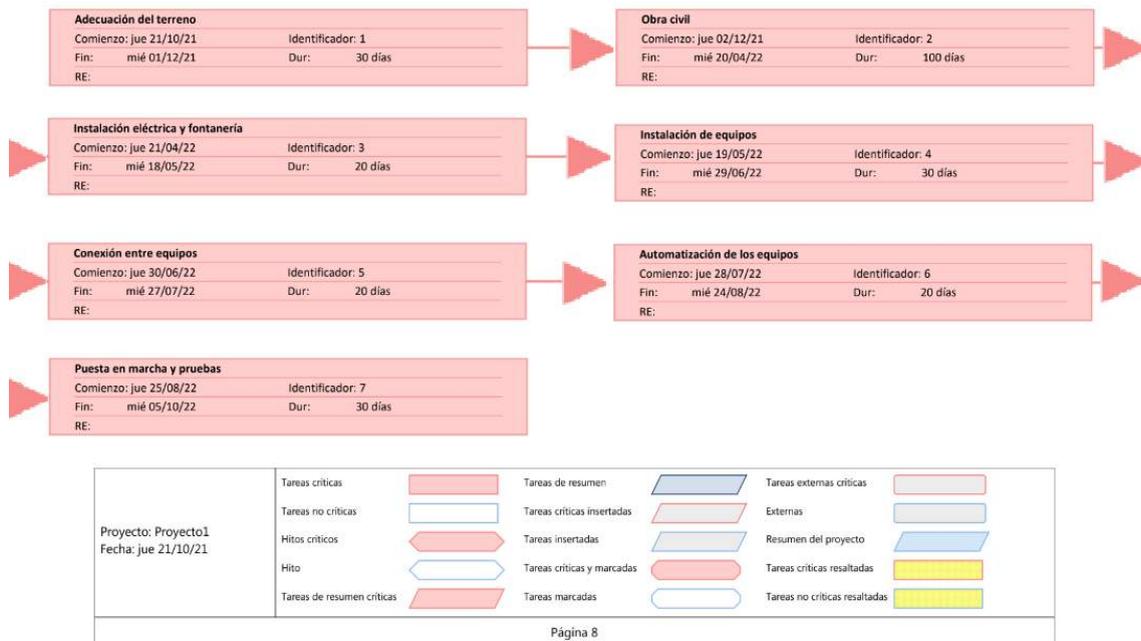


Figura M.9.2. Descripción general de la planificación del proyecto.

Una vez realizada la planificación, cabe decir que se ha realizado cada plazo de manera aproximada, ya que se tiene en cuenta la posibilidad de diversos retrasos ajenos, tales como, recepción de equipos, problemas meteorológicos, la puesta en marcha y pruebas, etc.

Una vez realizada la planificación para llevar a cabo el proyecto se estima que la duración del proyecto es de 250 días hábiles, con una jornada laboral de 8 horas diarias, trabajando 5 días a la semana.

Dicho eso, el proyecto se estima que se inicie el 23 de noviembre de 2021 y finalice el 05 de octubre del 2022.

10. Orden de prioridad de los documentos básicos

Como se establece la norma española UNE 157001-2014, con título “Criterios generales para la elaboración de los documentos que constituyen un proyecto técnico”, se requiere el siguiente orden de prioridad entre los documentos básicos:

1. Memoria
2. Anexos
3. Planos
4. Pliego de condiciones
5. Estado de mediciones
6. Presupuesto

11. Estudio de la viabilidad económica

El estudio de viabilidad económica se puede definir como el análisis y evaluación de información procedente de varios ámbitos. Este estudio pretende conocer los recursos económicos necesarios para la toma de decisiones final, el coste total de la operación de la planta y la evaluación económica final, que permitirá conocer si el proyecto en cuestión será económica y comercialmente rentable.

11.1 Resumen del presupuesto

En este apartado se recoge los datos principales calculados y detallados pertenecientes al documento “7. Presupuestos”, que son necesarios para la estimación de la viabilidad económica.

En la *Tabla M.11.1.1* se muestran cada una de las partes del Presupuesto de Ejecución (PEM) y el valor del PEM total.

Tabla M.11.1.1 Presupuesto de ejecución material (PEM).

Elementos	Coste (€)
Maquinaria	398.173,84
Conducciones y accesorios	17.351,60
Parcela	459.000,00
Mano de obra	59.726,08
Obra civil	1.191.200,00
Total (PEM)	2.125.451,52

Una vez conocido el valor del PEM, se procede a calcular el valor del Presupuesto de Ejecución por Contrata también conocido como PEC, el cual corresponde a la suma del PEM, los gastos generales, como por ejemplo gastos de seguridad, salud y gestión de residuos entre otros gastos. En el caso de gastos generales, estos son aproximadamente un 20% del PEM y el beneficio industrial corresponde a un total del 6% del PEM. Como se muestra en la *Tabla M.11.1.2*.

Tabla M.11.1.2 Presupuesto de ejecución por contrata (PEC).

Elemento	Coste total (€)
PEM	2.125.451,52
Gastos generales	425.090,30
Beneficio industrial	127.527,09
Total (PEC)	2.678.068,91

Por último se realiza el cálculo del presupuesto total, para ello es necesario la adición al PEC del impuesto sobre el valor añadido también conocido como (I.V.A), que actualmente es del 21%. Se observa en la **Tabla M.11.1.3** la inversión inicial a realizar para llevar a cabo el proyecto indicado.

Tabla M.11.1.3 Presupuesto total del proyecto.

Elemento	Coste total (€)
PEC	2.678.068,91
IVA	562.394,47
Presupuesto total	3.240.463,38

El presupuesto total del proyecto “Diseño de una planta de flotación para la obtención de mica” asciende a **TRES MILLONES DOSCIENTOS CUARENTA MIL CUATROCIENTOS SESENTA TRES EUROS CON TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS.**

11.2 Presupuesto de explotación

Para estimar el presupuesto de explotación se tiene que calcular los ingresos y los gastos directos como los gastos indirectos del proyecto. En este caso se va a detallar la previsión durante un periodo de 10 años. Para realizar estos cálculos se ha de fijar y tener en cuenta los siguientes datos actuales.

$$Valor_n = Valor_0 \cdot (1 + IPC)^{n-1}$$

- Índice de Precios al consumo (IPC) = 1,22 %.
- Interés nominal (In) = 2,1%.
- Interés real = Interés nominal - IPC = 2,2 - 1,22 = 0,88%.

11.2.1 Inversión inicial

La inversión inicial del proyecto corresponde al presupuesto del proyecto, es decir el PEC añadiendo el 21% del I.V.A, por lo que se obtiene que la inversión inicial es de un total de **3.240.463,38 €**.

11.2.2 Gastos directos

Los gastos directos son los gastos que están directamente relacionados a la producción como por ejemplo, el coste eléctrico de los equipos, la materia prima, coste del consumo de agua.

- Coste eléctrico de la maquinaria
- Coste del consumo de agua
- Coste de la materia prima y aditivos
- Coste otros gastos
- Coste personal

Coste eléctrico de la maquinaria

En este apartado se enseñará con detalles el coste eléctrico por parte de la maquinaria del proyecto. Dicho coste se calcula en el apartado “3.4 Cálculo del coste de consumo

eléctrico” del documento “3. Anexos”. En la **Tabla M.11.2.2.1** se detallan los costes de energía eléctrica de la maquinaria.

Tabla M.11.2.2.1 Coste eléctrico anual de la maquinaria.

Coste energía de la maquinaria	Consumo total (€/año)
	825.420,25

Coste del consumo de agua

En este apartado se enseñará con detalles el coste del consumo de agua. Dicho coste se calcula en el apartado “3.5 Cálculo del coste de consumo de agua” del documento “3. Anexos”. En la **Tabla M.11.2.2.2** se detallan los costes del consumo de agua.

Tabla M.11.2.2.2 Coste del consumo de agua.

Coste del consumo de agua	Consumo total (€/año)
	154.544,21

Coste de la materia prima

En este apartado se enseñará con detalles el coste de la materia prima y aditivos. Dicho coste se calcula en el apartado “3.6 Cálculo del coste de la materia prima y aditivos” del documento “3. Anexos”. En la **Tabla M.11.2.2.3** se detallan los costes de la materia prima y aditivos.

Tabla M.11.2.2.3 Coste de la materia prima y aditivos.

Coste de la materia prima y aditivos	Consumo total (€/año)
	4.038.045,1

Coste de otros gastos

En este apartado se enseñará con detalles el coste de otros gastos. Dicho coste se calcula en el apartado “3.9 Otros gastos” del documento “3. Anexos”. En la **Tabla M.11.2.2.4** se detallan los costes de otros gastos.

Tabla M.11.2.2.4 Coste de otros gastos.

Coste otros gastos	Consumo total (€/año)
	208.967,16

Coste personal

En este apartado se enseñará con detalles el coste del personal. Dicho coste se calcula en el apartado “3.3 Cálculo del personal de trabajo” del documento “3. Anexos”. En la **Tabla M.11.2.2.5** se detallan los costes de los salarios. Se van a trabajar un total de 11 personas en la empresa, siendo 24 horas diarias de trabajos y 3 turnos de 8 horas, se puede ver estos datos más detalladamente en la **Tabla M.11.2.3.1** del documento “3. Anexos”.

Tabla M.11.2.2.5 Coste de los salarios.

Coste de los salarios	Consumo total (€/año)
	301.056,00

A continuación se resume en la **Tabla M.11.2.2.6** todos los gastos directos mencionados anteriormente.

Tabla M.11.2.2.6 Gastos directos.

Gastos directo	€/año
Coste de energía eléctrica de la maquinaria	825.420,25
Coste de consumo de agua	154.544,21
Coste de la materia prima y aditivos	4.038.046,1
Coste de otros gastos	208.967,16
Coste salarios	301.056,00
Total	5.528.033,72

11.2.3 Gastos indirectos

Los gastos indirectos son aquellos gastos que no dependen de la producción, como los costes de agua para uso personal o la amortización.

Coste de agua para uso personal

En este apartado se enseñará con detalles el coste del consumo de agua para el uso personal. Dicho coste se calcula en el apartado “3.5 Cálculo del coste de consumo de agua” del documento “3. Anexos”. En la **Tabla M.11.2.3.1** se detallan los costes del consumo de agua.

Tabla M.11.2.3.1 Coste del consumo de agua para el uso personal.

Coste del consumo de agua para el uso personal	Consumo total (€/año)

Amortización

Otro elemento a considerar como gasto anual es la amortización, que es el dinero que la empresa no considera beneficio para así poder conservarlo para el final de la vida útil del equipo, instalación etc. Es decir, esta representa el valor de depreciación de equipos, maquinaria y edificación a lo largo del tiempo, es decir la amortización es la inversión inicial dividido el tiempo de vida útil, siendo considerado en este caso que toda la maquinaria tiene una vida útil de 15 años, y la edificación e instalaciones (eléctrica y de conducciones) de 30 años. Así pues, el suelo industrial no pierde el valor de compra, si no que en algunos casos puede llegar a aumentar. En este caso, se asume que 20 años después posee el mismo valor. Con ello, se tiene un gasto anual por amortización de:

$$\begin{aligned}
 \text{Amortización (€/año)} &= \frac{I_{\text{Maquinaria}}}{15 \text{ años}} + \frac{I_{\text{Edific}} + I_{\text{cond}} + I_{\text{Elect}}}{30 \text{ años}} = \frac{398.173,84}{15} + \frac{2.033.971,85}{30} \\
 &= 94.343,98 \text{ €/año}
 \end{aligned}$$

A continuación se resume en la **Tabla M.11.2.3.2** todos los gastos indirectos mencionados anteriormente.

Tabla M.11.2.3.2 Gastos indirectos.

Gastos indirectos	€/año
Coste de agua para consumo personal	1.171,21
Amortización	94.343,98
Total	95.515,19

11.2.4 Gastos totales

Para obtener un resumen de los apartados anteriores se crea este apartado, en la **Tabla M.11.2.4.1** se suma los gastos directos e indirectos calculados previamente.

Tabla M.11.2.4.1 Gastos totales.

Gastos totales	€/año
Gastos directos	5.528.033,72
Gastos indirectos	95.515,19
Total	5.623.548,91

11.2.5 Ingresos

Los ingresos se obtienen únicamente de la venta de la mica. En el apartado “3.10 ingresos totales” del documento “3. Anexos”. En la **Tabla M.11.2.5.1** se muestran los ingresos totales de la empresa, teniendo en cuenta que el precio por tonelada es de 552,07 €.

Tabla M.11.2.5.1 Ingresos totales.

Ingresos totales				
Elemento	Precio (€/t)	t/día	t/año	Venta (€/año)
Mica en polvo	552,07	29,29	10.690,85	5.902.159,5
Total				5.902.159,5

11.2.6 Beneficio bruto

Una vez conocido los valores de los ingresos y los gastos totales de la empresa, se procede a calcular los beneficios generados teniendo en cuenta que el beneficio bruto es la diferencia de los ingresos y los gastos totales como se muestra en la ecuación **Ec.M.11.2.6**.

$$\text{Beneficio bruto} = \text{Ingresos} - \text{Gastos totales} \quad \text{Ec.M.11.2.6}$$

Sustituyendo en la **Ec.M.11.2.6** se obtiene que el beneficio bruto es de **278.610,59 €/año**.

$$\text{Beneficio bruto} = 5.902.159,5 - 5.623.548,91 = 278.610,59 \text{ €/año}$$

11.2.7 Beneficio neto

Una vez calculado el beneficio bruto se puede calcular el beneficio neto sabiendo que el beneficio neto es el beneficio bruto por un 75% siendo 25% para sociedades. En la ecuación *Ec.M.11.2.7* enseña como calcular el beneficio neto.

$$\text{Beneficio neto} = \text{Beneficio bruto} \cdot 0,75 \quad \text{Ec.M.11.2.7}$$

Sustituyendo en la ecuación *Ec.M.11.2.7* se obtiene que el beneficio neto es del total de **208.957,94 €/año**.

$$\text{Beneficio neto} = 278.610,59 \cdot 0,75 = 208.957,94 \text{ €/año}$$

11.2.8 Flujo de caja

El flujo de caja constituye los flujos de entrada y salidas de efectivo, en un período dado. Para obtener el flujo de caja se tiene que sumar el beneficio neto y la amortización como se muestra en la ecuación *Ec.M.11.2.8*.

$$\text{Flujo de caja} = \text{Beneficio neto} + \text{Amortización} \quad \text{Ec.M.11.2.8}$$

Sustituyendo en la ecuación *Ec.M.11.2.8* se obtiene que el flujo de caja es del total de **303.301,92 €/año**.

$$= 208.957,94 + 94.343,98 = 303.301,92 \text{ €/año}$$

11.2.9 Valor actual neto (VAN)

El Valor actual neto también conocido como VAN indica los excedentes que la inversión realizada en el proyecto produce y se calcula de la siguiente manera:

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=0}^N \frac{FC_n}{(1+i_r)^n} \quad \text{Ec.M.11.2.9}$$

Se puede calificar el proyecto de la siguiente manera:

VAN < 0 → El proyecto no es rentable para un período de tiempo determinado.

VAN = 0 → El proyecto no genera ganancias ni pérdidas.

$VAN > 0 \rightarrow$ El proyecto es rentable, es decir, las ganancias son mayores que los costes.

Una vez realizado todos los cálculos se ha obtenido un VAN para un horizonte de 20 años de **2.760.839,92 €**, por lo que se puede concluir que la empresa tiene un VAN positivo y es ampliamente rentable.

11.2.10 Tasa interna de retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno o Rentabilidad también conocida como TIR, es la tasa de interés que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de pérdida o beneficio que tendrá un inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto. Por está razón se busca un proyecto con un TIR superior al interés normal del dinero.

El TIR se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$0 = -I_0 + \sum_{n=0}^N \frac{FC_n}{(1+TIR)^n} \quad \text{Ec.M.11.10}$$

En la **Tabla M.11.2.10.1** se muestran los distintos valores obtenidos de VAN en función del interés real

Tabla M.11.2.10.1 Variación del interés real.

Ir (%)	VAN (€)
0	3.347.307,44
3	1.618.710,31
5	807.994,71
7	183.562,79
7,5	50.391,53
7,7	-643,52
8	-74.919,75
10	-508.184,34

Tras obtener los valores de VAN en función del interés de retorno, se hace un representación que se puede observar en la **Figura M.11.2.10.1**, y se obtiene que el interés de retorno es del 0,0769 correspondiente al punto en el que el VAN es cero o más próximo

al cero, el valor del TIR es del 7,69%, superior al 2,1% del interés nominal, lo que indica que el proyecto es ampliamente rentable.

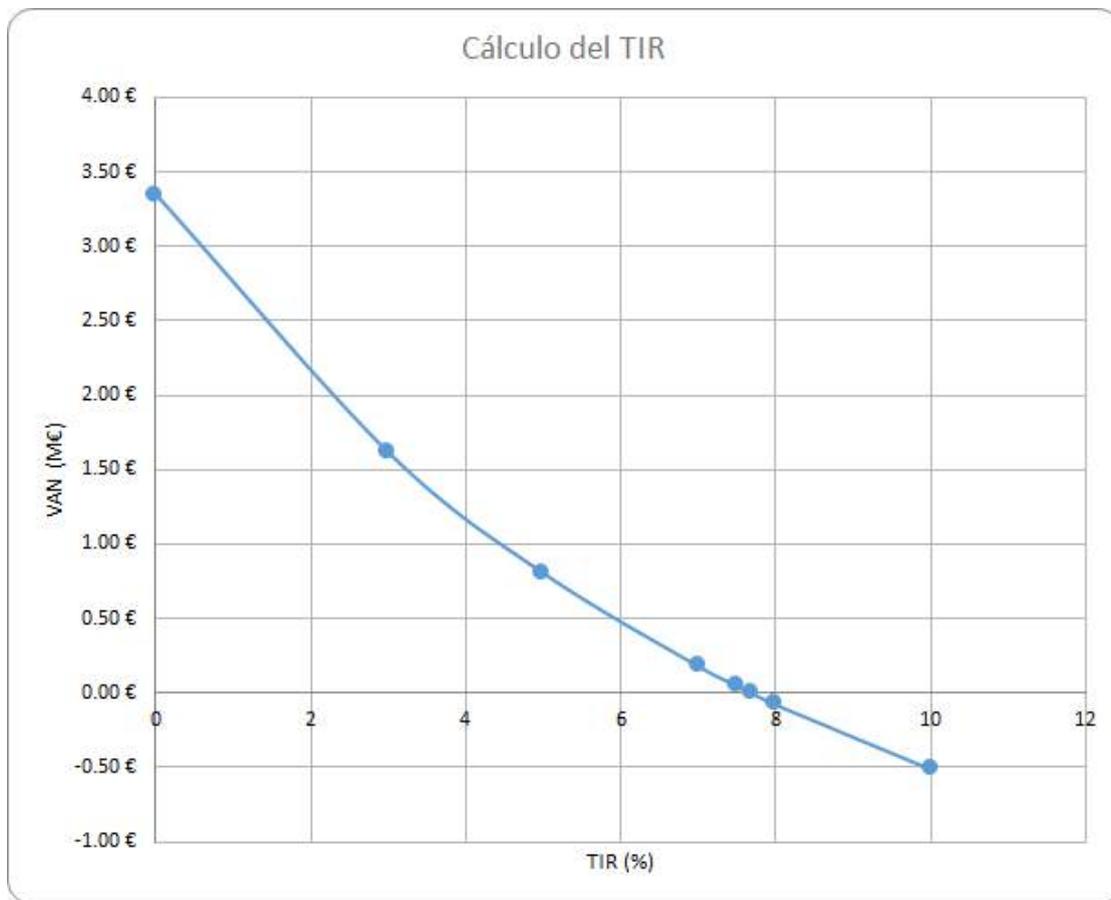


Figura M.11.2.10.1 Representación del TIR.

11.2.11 Período de retorno (PR)

El período de retorno (PR) también conocido como pay-back, es el tiempo de operación que se necesita para recuperar la inversión inicial realizada en el proyecto, es decir, con el valor del PR se evalúa la liquidez del proyecto con carácter restrictivo. Mediante la siguiente ecuación se calcula el PR *Ec.M.11.2.11* y en la *Tabla M.11.2.11.1* lo resume.

$$PR = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Flujo de caja promedio anual}} = \frac{I_0}{FC \text{ medio}} \quad \text{Ec.M.11.2.11}$$

Tabla M.11.2.11.1 Período de retorno.

PR(Años)
9,84

El periodo de retorno es de 9 años 10 meses y 2 días (9,84 años), lo que significa que se recuperará el dinero invertido en un tiempo razonable y el proyecto tendrá una liquidez alta.

11.2.12 Resumen

Una vez realizado el estudio de viabilidad económica y determinado todos los indicadores económicos como el VAN, TIR Y PR, en la **Tabla M.11.2.12.1** se resumen los valores obtenidos de los indicadores y en la **Figura M.11.2.12.1** muestra la variación de cada una de las características en un horizonte de 20 años. 9, 84 años

Tabla M.11.2.12.1 Tabla resumen.

VAN (€)	2.760.839,92
TIR (%)	7,69
PR (años)	9,84

Año	Gastos	Ingresos	Amortizaciones B.Bruto	B.Netto	FC	FC/(1+ir)^n		
1	5,623,548.91	5,902,159.50	94,343.98	278,610.59	208,957.94	303,301.92	300,656.15	
2	5,692,156.21	5,974,165.85	94,343.98	282,009.64	211,507.23	305,851.21	300,538.46	
3	5,761,600.51	6,047,050.67	94,343.98	285,450.16	214,087.62	308,431.60	300,430.24	
4	5,831,892.04	6,120,824.69	94,343.98	288,932.65	216,699.49	311,043.47	300,331.43	
5	5,903,041.12	6,195,498.75	94,343.98	292,457.63	219,343.22	313,687.20	300,241.99	
6	5,975,058.22	6,271,083.83	94,343.98	296,025.61	222,019.21	316,363.19	300,161.86	
7	6,047,953.93	6,347,591.06	94,343.98	299,637.12	224,727.84	319,071.82	300,090.98	
8	6,121,738.97	6,425,031.67	94,343.98	303,292.70	227,469.52	321,813.50	300,029.30	
9	6,196,424.19	6,503,417.05	94,343.98	306,992.87	230,244.65	324,588.63	299,976.78	
10	6,272,020.56	6,582,758.74	94,343.98	310,738.18	233,053.63	327,397.61	299,933.36	
11	6,348,539.21	6,663,068.40	94,343.98	314,529.19	235,896.89	330,240.87	299,898.99	
12	6,425,991.39	6,744,357.83	94,343.98	318,366.44	238,774.83	333,118.81	299,873.63	
13	6,504,388.49	6,826,639.00	94,343.98	322,250.51	241,687.88	336,031.86	299,857.22	
14	6,583,742.03	6,909,923.99	94,343.98	326,181.97	244,636.48	338,980.46	299,849.71	
15	6,664,063.68	6,994,225.07	94,343.98	330,161.39	247,621.04	341,965.02	299,851.06	
16	6,745,365.26	7,079,554.61	94,343.98	334,189.36	250,642.02	344,986.00	299,861.21	
17	6,827,658.71	7,165,925.18	94,343.98	338,266.47	253,699.85	348,043.83	299,880.13	
18	6,910,956.15	7,253,349.47	94,343.98	342,393.32	256,794.99	351,138.97	299,907.76	
19	6,995,269.81	7,341,840.33	94,343.98	346,570.52	259,927.89	354,271.87	299,944.06	
20	7,080,612.10	7,431,410.78	94,343.98	350,798.68	263,099.01	357,442.99	299,988.99	
					FCmedio=	329,388.54 €	6,001,303.30 €	<--ΣFC/()

Figura M.11.2.12.1 Variación de la viabilidad económica en un horizonte de 20 años.

3. ANEXOS

ÍNDICE

1. Anexo I. Introducción	1
1.1. Criterios de diseño y dimensionamiento de la planta de flotación	1
1.1.1. Bases de cálculo del proceso productivo	1
1.2. Deposito de homogeneización	1
1.3. Triturador primario	2
1.4. Molino de bolas	2
1.5. Circuito de flotación	6
1.5.1. Balance de materia en el tanque acondicionador	7
1.5.2. Balance de materia a la primera celda de flotación	11
1.5.3. Balance de materia a la segunda celda de flotación	13
1.5.4. Balance de materia a la flotación columnar	14
1.6. Balance de materia al tanque de lavado	15
1.7. Balance de materia al filtro prensa	16
1.8. Balance de materia al tanque de agua	17
1.9. Resumen de la recuperación de la mica	18
1.10. Balance de materia al secadero	18
1.11. Conducciones y accesorios	18
1.11.1 Cálculo del diámetro de las conducciones	19
1.11.2 Cálculo de la potencia de las bombas	21
2. Distribución en planta por el método de SLP	27
2.1. Tabla racional de entre actividades (TRA)	27
2.2. Método de jerarquías analíticas para la selección de la parcela	30
2.3 Parcela catalana	36
3. Anexo II. Estudio de la viabilidad económica	39
3.1. Coste de los equipos de la línea de proceso de flotación	39
3.1.1. Báscula de camiones	39
3.1.2. Pala cargadora	42
3.1.3. Tolvas	43
3.1.4. Cinta transportadora	43
3.1.5. Triturador primario	44
3.1.6. Molino de bolas	48
3.1.7. Tanque de agua	52

3.1.8. Tanque de acondicionamiento	54
3.1.9. Primera celda	58
3.1.10. Segunda celda	60
3.1.11. Columna de flotación	62
3.1.12. Tanque de lavado	64
3.1.13. Filtro prensa	65
3.1.14. Secadero	68
3.1.15. Bombas	69
3.2. Cálculo del coste de los equipos	70
3.3. Cálculo del personal de trabajo	71
3.4. Cálculo del coste de consumo eléctrico	72
3.5. Cálculo del coste de consumo de agua	73
3.6. Cálculo del coste de la materia prima y aditivos	74
3.7. Cálculo del coste de las conducciones y accesorios	74
3.8. Amortización de los equipos	75
3.9. Otros gastos	75
3.10. Ingresos totales	76
4. Anexo III. Estudio de seguridad y salud de impacto ambiental	77
4.1. Fichas técnicas y de seguridad de los productos	85
4.1.1. Ficha técnica del CustAmine E139	86
4.1.2. Ficha técnica del ácido sulfúrico	94
4.1.3. Ficha técnica de la mica	102

1. Anexo I. Introducción

En cada uno de los equipos se realizaron los balances de materia total y de componente mediante la siguiente ecuación general:

$$\text{Salida (S) - Entrada (E) + Acumulación (A) = Generación (G)} \quad (1)$$

Se considerará durante todo el proceso que no exista acumulación de materia debido a que la planta opera en estado estacionario.

Para conocer el tamaño de la planta, es necesario conocer la cantidad de materia prima que serán tratados en la planta. La planta se ha diseñado para tratar 100 toneladas de materia prima diarias durante los 365 días del año.

1.1 Criterios de diseño y dimensionamiento de la planta de flotación

En este apartado se analizarán cuales son las principales fórmulas y sus consideraciones para el dimensionamiento de la planta de flotación.

1.1.1 Bases de cálculo del proceso productivo

Los principales parámetros de la base de cálculo utilizados para el diseño del circuito de flotación se muestran en la siguiente tabla.

Tabla A.1.1.1 Bases de cálculo para el diseño del proceso productivo.

Capacidad planta	t/día
Días de operación	días/mes
Horas de operación	h/día
Recuperación Global	% del mineral
Ley de concentrado	% de mica en el concentrado

1.2 Deposito de homogeneización

Pese a que la materia prima que llega a la planta proviene de un yacimiento de India, esta puede poseer distintos tamaños y composiciones, con lo cual habrá un pretratamiento de la materia prima, que consiste en un deposito construido precisamente para la homogeneización de la materia prima antes de pasar a la trituración primaria. Este deposito fue diseñado para ser utilizado como carga y descarga de la materia prima

simultáneamente, consta de cuatro líneas siendo dos de carga y dos de descarga que se usarán alternativamente para la carga y descarga del material. Las cuatro líneas prediseñadas tendrán un total de 6000 m³ de almacenamiento. Mediante la ayuda de una pala cargadora se transportará la materia prima a una tolva que llevará la materia prima hasta el triturador primario.

1.3 Triturador primario

El triturador primario reducirá el tamaño de las partículas de 2-4 cm provenientes de la tolva hasta 1 mm. El tipo de triturador que se utiliza es un triturador tipo martillo de modelo PC400X300. Este triturador tiene la ventaja de ser capaz de procesar muchos tipos de materiales, así como la producción de partículas de diversos tamaños, ya que cada tamaño está relacionado con la malla de salida utilizada.

La trituradora seleccionada tiene una capacidad de 7 toneladas hora, es decir, que trabajará un total de 14,28 horas aproximadamente 15 horas diarias. La parte de trituración será hecha en 2 turnos de 8 horas que se tendrán en cuenta para el cálculo de consumo y del personal.

1.4 Molino de bolas

Es necesaria la etapa de molienda para la liberación de la mica del resto de minerales (cuarzo).

El material proveniente de la trituración primaria con un tamaño de partícula de 1 mm será procesado mediante una molienda húmeda realizada por el molino de bolas. La molienda se realiza con una suspensión que contiene un 50% de contenido en sólidos. El material sale con una granulometría del 80% por debajo de las 74 micras, la cual procede a alimentar al circuito de flotación.

Al molino de bolas le llegan 100 toneladas de materia prima (MP) al 99 % de contenido en sólidos pero el molino de bolas funciona en vía húmeda y al 50% de contenido en sólidos como se comentó en el apartado anterior. Con lo cual, es necesario añadirle una cierta cantidad de agua para alcanzar este grado de humedad. Se plantea el siguiente balance de materia como se muestra en la **Figura A.1.4.1**.

Planteando el balance de materia total y aplicado al agua:

$$m_e + m_{agua} = m_s \quad (2)$$

$$(m_e \cdot 0,01) \frac{t_{agua}}{d} + (m_{agua} \cdot 1) \frac{t_{agua}}{d} = (m_s \cdot 0,50) \frac{t_{agua}}{d} \quad (3)$$

Si se combinan, ambas ecuaciones se obtiene:

$$m_e \cdot 0,01 + m_{agua} \cdot 1 = (m_e + m_{agua}) \cdot 0,50$$

$$100 \frac{t_{MP}}{d} \cdot 0,01 \frac{t_{agua}}{t_{sólido}} + m_{agua} \cdot 1 = (100 \frac{t_{MP}}{d} + m_{agua}) \cdot 0,50 \frac{t_{agua}}{t_{sólido}}$$

Y con ello se calcula la masa de agua que debe añadirse al molino de bolas y por consiguiente la cantidad que se llevarán al circuito de flotación:

$$m_{agua} = 98 \frac{t_{agua}}{d}$$



Figura A.1.4.1 Esquema molino de bolas.

Como se muestra en la figura anterior, en el molino entran 198 toneladas de suspensión al día. El molino tiene una capacidad de unas 10 toneladas por hora por lo que trabajará unas 20 horas diarias. El volumen del molino seleccionado para satisfacer esta demanda tiene unas dimensiones de 2,4 m de diámetro y 3,6 m de longitud. **A continuación**, se procede a la realización del cálculo de la energía consumida por el molino de bolas continuo en vía húmeda como se muestra en la **Figura A.1.4.1**.

La molturación se va a realizar en un molino de bolas, con carga de bolas de alúmina del tamaño de bolas grandes. El tiempo de molturación fue obtenido experimentalmente en el laboratorio del Instituto de Tecnología Cerámica (ITC) y es un total de 10 minutos. Los datos relacionados con la carga del molino de bolas fueron obtenidos mediante la bibliografía de los apuntes de la asignatura EQ1033: “Operaciones Básicas de Tratamiento de Sólidos”, en la que se encuentra la información en la **Tabla A.1.4.1**. Y Las características de la molturación utilizada para este proyecto se dan en la **Tabla A.1.4.2**.

Tabla A.1.4.1 Carga de los molinos de bolas continuos.

Carga de los molinos bolas continuos		
Caso general de molturación en vía húmeda	Volumen aparente de bolas	20-30%
	Volumen en suspensión	Huecos entre bolas +20-30%
	Huecos	55%
Caso de suspensiones de difícil molturación	Volumen aparente de bolas	35-40%
	Volumen en suspensión	Huecos entre bolas +5-10%
	Huecos	55%
Caso general de molturación en seco	Volumen aparente de bolas	35-40%
	Volumen aparente de polvo	Huecos entre bolas +5-10%
	Huecos	55%

Tabla A.1.4.2 Datos del molino de bolas en vía húmeda.

Datos molino de bolas en vía húmeda	
CS_M (Contenido en sólido)	50%
Tiempo de residencia:	10 minutos
Dimensiones molino:	D=2,4 m
	L=3,6 m
Carga molino:	Volumen aparente de bolas (VAB)=30%
	Volumen en suspensión =Huecos entre bolas +15%
	Huecos = 55%
Bolas de alúmina:	Densidad bolas = 3600 kg/m ³
	Φ_{bolas} (Empaquetamiento)= 0,7
Mica (moscovita):	2850 kg/m ³
Descarga lateral por redija:	FC= 0,9

Para la realización de todos los cálculos siguientes se va a hacer uso de las fórmulas dadas en la asignatura EQ1033: “Operaciones Básicas de Tratamiento de Sólidos”, específicamente del tema 5 “Molienda” y del punto 2, “Molinos de bolas”.

Mediante la utilización de la ecuación **Ec.A.1.4.2.1** se calcula la densidad real del producto sabiendo que el contenido en sólidos es del 50%:

$$\text{Densidad sup} = \frac{100}{\frac{C_s}{\rho_P} + \frac{100-C_s}{\rho_{\text{Agua}}}} = \frac{100}{\frac{50}{2850} + \frac{50}{1000}} = 1480,52 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \text{Ec.A.1.4.2.1}$$

Con la utilización de la ecuación **Ec.A.1.4.2.2** se conoce el volumen del molino (V_m):

$$V_m = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot L = \frac{\pi}{4} \cdot 2,4^2 \cdot 3,6 = 16,28 \text{ m}^3 \quad \text{Ec.A.1.4.2.2}$$

Se utiliza la ecuación **Ec.A.1.4.2.3** para el cálculo de la carga de bolas (CB) teniendo en cuenta que el volumen aparente de bolas es del 30%.

$$CB = V_m \cdot VAB \cdot \rho_{\text{bolas}} \cdot \phi_{\text{bolas}} \quad \text{Ec.A.1.4.2.3}$$

$$CB = 16,28 \cdot 0,3 \cdot 3600 \cdot 0,7 = 12312,23 \text{ kg}$$

Ya para el cálculo del volumen aparente del material (VAM) se utiliza la ecuación **Ec.A.1.4.2.4** y se tiene en cuenta que el volumen en suspensión es de los huecos entre bolas + un 15%.

$$VAM = V_m \cdot [MSB + VAB \cdot (1 - \phi_{\text{bolas}})] \cdot FC \quad \text{Ec.A.1.4.2.4}$$

$$VAM = 16,28 \cdot [0,15 + 0,30 \cdot (1 - 0,7)] \cdot 0,9 = 3,52 \text{ m}^3$$

Mediante la utilización de la ecuación **Ec.A.1.4.2.5** se puede conocer la carga material (CM).

$$CM = VAM \cdot \rho_{\text{susp}} \cdot CS_m \quad \text{Ec.A.1.4.2.5}$$

$$CM = 3,52 \cdot 1480,52 \cdot 0,5 = 3904,66 \text{ kg ss}$$

Una vez conociendo todos los cálculos anteriores y el tiempo de residencia dentro del molino se procede a calcular la producción con la ayuda de la ecuación **Ec.A.1.4.2.6**.

$$\text{Producción} = \frac{CM}{\text{tiempo residencia}} \quad \text{Ec.A.1.4.2.6}$$

$$\text{Producción} = \frac{3904,66 \text{ kg ss}}{0,16667 \text{ h}} = 23427,51 \frac{\text{kg ss}}{\text{h}}$$

Después del cálculo de la producción se procede al cálculo de la potencia necesaria por el molino para realizar la molturación deseada con la utilización de la ecuación **Ec.A.1.4.2.7**.

$$Potencia = C \cdot M_k \cdot Dm^{1/2} \quad \text{Ec.A.1.4.2.7}$$

$$Potencia = 7,35 \cdot (12,31 + 3,91) \cdot 2,4^{1/2} = 184,69 \text{ kW}$$

Siendo:

- C es función del tipo de llenado y tipo de bola. Para el cálculo realizado anteriormente C es 7,35, ya que, se trata de bolas grandes y un llenado de 0,3 (Se obtiene de la **Figura A.1.4.3**)
- Mk: Es el peso del material (bolas + material a molturar) dentro del molino
- Dm es el diámetro del molino en metros.

	Nivel de llenado				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Silex	9,85	9,10	8,15	7,05	5,80
Bolas grandes	8,85	8,15	7,35	6,30	5,20
Bolas pequeñas	8,50	7,85	7,05	6,10	5,00

Figura A.1.4.3 Valor de C en función del tipo de llenado y del tipo de bolas. Recuperado de la asignatura EQ1033: “Operaciones Básicas de Tratamiento de Sólidos”.

Finalmente una vez conocida la producción del molino y la productividad del mismo se puede conocer el consumo energético mediante la ecuación **Ec.A.1.4.2.8**.

$$E_M = \frac{P(kW)}{G (t/h)} = \frac{184,69}{5} = 36,94 \frac{kW \cdot h}{t} \quad \text{Ec.A.1.4.2.8}$$

Una vez conocida la potencia necesaria y el consumo se procede a calcular los caudales en el circuito de flotación que se presentará enseguida.

1.5 Circuito de flotación

Del análisis y estudios realizados sobre los circuitos de flotación mediante bibliografía el circuito seleccionado para el diseño de esta planta se muestra en la **Figura A.1.5.1**.

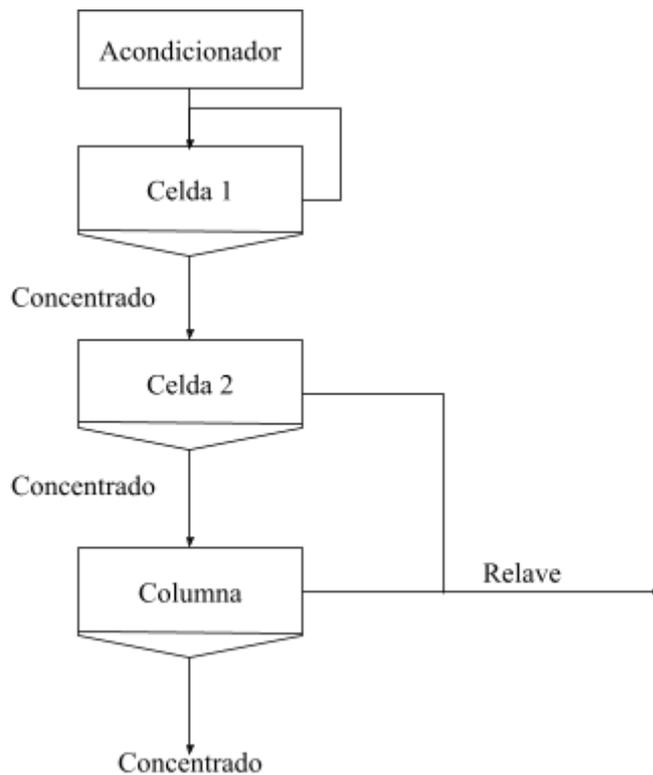


Figura A.1.5.1 Circuito de flotación.

En la *Figura A.1.5.1*, se puede observar las etapas involucradas en el proceso de flotación, que consiste en una etapa de acondicionamiento y tres etapas de flotación, la primera y la segunda de las etapas de flotación son una flotación tipo celda, para extraer la mayor cantidad de los componentes de no interés, y la etapa de concentración (flotación columnar) para concentrar el elemento de interés y con la finalidad de evitar la pérdida del material de interés en este caso la mica, el relave de la etapa de concentración se recircula a la etapa de limpieza.

1.5.1 Balance de materia en el tanque acondicionador

Al tanque acondicionador le llegan 198 toneladas de la mezcla de la materia prima con el agua al 50 % de humedad la materia prima (MP), pero se sabe que el punto de trabajo de los equipos de flotación es cuando la humedad del sólido es del 80%, también este tanque como lo indica el nombre “Acondicionador” se le añade el CustAmine E139 (E139) y el ácido sulfúrico (H_2SO_4). Por ello, en el tanque acondicionador se añade suficiente agua como para alcanzar este grado de humedad. Se plantea el siguiente balance de materia en la *Figura A.1.5.1.1*.

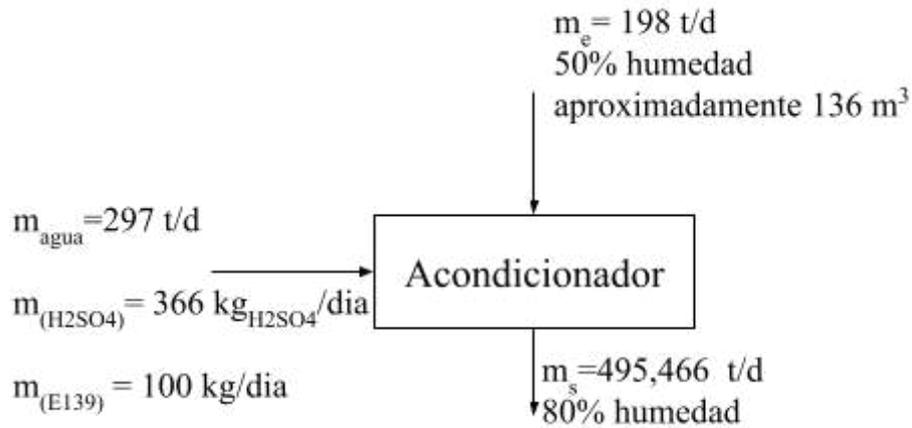


Figura A.1.5.1.1. Balance de materia acondicionador 1.

Se necesitan 1000 gramos de CustAmine E139 por cada tonelada de materia prima, con lo cual se necesitan 100 kg por día, ya que entran 100 toneladas de materia prima diarias. Para el ácido sulfúrico necesita 3,66 kg por cada tonelada de materia prima y como entra un total de 100 toneladas de materia prima por día resulta un total de 36,6 kilogramos al día.

Se presentan las ecuaciones del balance de materia general y aplicado al agua, ya que la cantidad de ácido sulfúrico y de CustAmine es constante como se puede observar en los cálculos anteriores:

$$m_e + m_{\text{agua}} = m_s \quad (2)$$

$$(m_e \cdot 0,50) \frac{t_{\text{agua}}}{d} + (m_{\text{agua}} \cdot 1) \frac{t_{\text{agua}}}{d} = (m_s \cdot 0,80) \frac{t_{\text{agua}}}{d} \quad (3)$$

Si se combinan, ambas ecuaciones se obtiene:

$$m_e \cdot 0,50 + m_{\text{agua}} \cdot 1 = (m_e + m_{\text{agua}}) \cdot 0,80$$

$$198 \frac{t_{\text{MP}}}{d} \cdot 0,50 \frac{t_{\text{agua}}}{t_{\text{sólido}}} + m_{\text{agua}} \cdot 1 = (198 \frac{t_{\text{MP}}}{d} + m_{\text{agua}}) \cdot 0,80 \frac{t_{\text{agua}}}{t_{\text{sólido}}}$$

Y con ello se calcula la masa de agua que debe añadirse al tanque de acondicionamiento y por consiguiente la cantidad que se llevarán al equipo de flotación:

$$m_{\text{agua}} = 297 \frac{t_{\text{agua}}}{d}$$

Y teniendo en cuenta el ácido sulfúrico y el aditivo CustAmine E139 juntamente con el agua y la materia prima se obtiene un total de:

$$m_s = m_{\text{entrada al equipo de flotación}} = 495,466 \text{ t/d}$$

Si se quiere dimensionar el volumen del tanque de acondicionamiento, se debe conocer el caudal volumétrico de entrada. Por ello, y teniendo en cuenta la densidad del agua y de la materia prima al 50% de humedad de 1 t/m^3 y de $2,85 \text{ t/m}^3$ respectivamente.

$$\text{Caudal volumétrico de agua} = 297 \frac{\text{t agua}}{\text{d}} \cdot 1 \frac{\text{m}^3 \text{ agua}}{\text{t agua}} = 297 \frac{\text{m}^3 \text{ agua}}{\text{d}}$$

Para la mezcla:

Las densidades de las mezclas cuya viscosidad se quiere medir pueden ser calculadas mediante la expresión:

$$\frac{1}{\rho_m} = \frac{w_A}{\rho_A} + \frac{w_B}{\rho_B} \quad (4)$$

En la ecuación (4) se pueden apreciar los términos ρ_m , ρ_A , ρ_B que se refieren a las densidades de la mezcla y las de los componentes A y B, que en este caso serán mica y agua, respectivamente, en t/m^3 . Además, aparecen por primera vez las fracciones másicas de ambos componentes de la mezcla (w_A y w_B), es decir, la proporción de cada componente que formará parte de la mezcla estudiada. Sus unidades serán bien $\frac{\text{t componente A}}{\text{t totales}}$ o bien $\frac{\text{t componente B}}{\text{t totales}}$.

$$\frac{1}{\rho_{\text{mezcla}}} = \frac{w_A}{\rho_A} + \frac{w_B}{\rho_B} \quad (4)$$

Donde:

$$w_A = \frac{\text{t sólido A}}{\text{t tot}} \Rightarrow \frac{100}{198} = 0.505$$

$$w_B = \frac{\text{t liq B}}{\text{t tot}} \Rightarrow \frac{98}{198} = 0.495$$

Sustituyendo en la ecuación 4:

$$\frac{1}{\rho_{\text{mezcla}}} = \frac{0,505}{2,85} + \frac{0,49}{1} = 0.6672 \rightarrow \rho_m = \frac{1}{0,6672} = 1,4988 \frac{\text{t mezcla}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Caudal volumétrico de la mezcla} = 198 \frac{t \text{ mezcla}}{d} \cdot \frac{m^3}{1,4988 t \text{ mezcla}} = 132,11 \frac{m^3 \text{ mezcla}}{d}$$

También se sabe por la bibliografía que la densidad del ácido sulfúrico y del CustAmine E139 son $1,83 \text{ t/m}^3$ y $0,883 \text{ t/m}^3$ respectivamente, con lo cual se calcula los caudales volumétricos de los reactivos agregados en la etapa de acondicionamiento.

$$\text{Caudal volumétrico del HS} = 0,366 \frac{t \text{ HS}}{d} \cdot \frac{m^3}{1,83 t \text{ HS}} = 0,2 \frac{m^3 \text{ HS}}{d}$$

Y por último el E139:

$$\text{Caudal volumétrico del E139} = 0,1 \frac{t \text{ E139}}{d} \cdot \frac{m^3}{0,883 t \text{ E139}} = 0,11325 \frac{m^3 \text{ E139}}{d}$$

Como se conocen las cantidades de las fases líquidas y el volumen de los aditivos, se puede conocer directamente el volumen mínimo del tanque como una suma de las corrientes.

$$\begin{aligned} \text{Caudal del tanque} &= \left(297 \frac{m^3 \text{ agua}}{d} + 132,11 \frac{m^3 \text{ mezcla}}{d} + 0,2 \frac{m^3 \text{ HS}}{d} + \right. \\ &\quad \left. + 0,1132 \frac{m^3 \text{ E139}}{d} \right) \cdot 1d = 429,42 \approx 430 m^3 \end{aligned}$$

No obstante, se dimensiona el tanque por las 20 horas de funcionamiento siendo el caudal que entrará en la primera celda a cada hora de funcionamiento.

$$\text{Caudal del tanque} = 430 \cdot \frac{1d}{24h} \cdot \frac{24h}{20h \text{ funcionamiento}} = 21,50 \frac{m^3}{h}$$

Como se comentó en el documento “2. Memoria” en el apartado “3.1.1 Especificaciones de la materia prima” que entra un total de 100 toneladas de materia prima siendo un total de 39 toneladas de mica y los 61 restantes de cuarzo. Como se comentó en la **Figura A.5.1.2.** hay un total de 395,466 t/d de líquido y un total de 100 toneladas de materia prima siendo 39 toneladas mica y 61 toneladas cuarzo.

$$w_l = \text{Fracción másica del líquido} \left(\frac{t/d \text{ líquido}}{t/d \text{ total}} \right)$$

$$w_s = \text{Fracción másica del sólido} \left(\frac{t/d \text{ sólido}}{t/d \text{ total}} \right)$$

$$w_t = \text{Fracción másica total}$$

$$w_t = w_s + w_l \quad (5)$$

Sustituyendo en la ecuación 5 se obtiene que w_l es 0,798 y w_s es 0,202.

1.5.2 Balance de materia a la primera celda de flotación.

Todo el caudal de salida del tanque de acondicionamiento entra en el primer equipo de flotación, como se sabe que del tanque de acondicionamiento sale 430 m^3 (495,466 t/d) por día y teniendo en cuenta que solo se trabaja 20 horas diarias como el tanque de acondicionamiento se obtiene un total de $21,50 \text{ m}^3/\text{h}$ (24,77 t/h) más el relave de la primera celda ($129 \text{ m}^3/\text{d}$), obteniendo un total de $27,95 \text{ m}^3/\text{h}$.

Se sabe por la bibliografía [1] Basics in Minerals, para determinar el volumen de la celda de flotación se utiliza la siguiente fórmula:

$$V_f = \frac{Q \times Tr \times S}{60 \times Ca} \quad (6)$$

Siendo:

V_f : Volumen total de flotación (m^3)

Q : Caudal de alimentación (m^3/h)

Tr : Tiempo de retención de la flotación (min).

S : El factor de corrección de escalado[14]. $S=1$ si se usan datos industriales.

Ca : Factor de aireación para tener en cuenta la pulpa de aire. Normalmente es 0,85 a menos que se especifique lo contrario.

Se sabe que el caudal de alimentación es $27,95 \text{ m}^3/\text{h}$, por la bibliografía [14] se conoce Tr que son 7 minutos, cómo es un Tr de datos típicos industriales $S= 1$ y Ca es 0,85, sustituyendo en la siguiente ecuación se obtiene un volumen total de flotación de 4 m^3 como se observa a continuación.

$$V_f = \frac{27,95 \times 7 \times 1}{60 \times 0,85} = 3,84 \approx 4 \text{ m}^3$$

Conociendo el volumen total de flotación se puede conocer el número de celdas en el deposito. El tamaño mínimo de la celda para manipular 4 m³ es RCS 5 como se puede ver en la siguiente *Figura A.1.5.2.1.*

Model	Standard Drive (1)	Cell volume (2)		Connected motor (3)		Air requirements (4)			
		m ³	ft ³	kW	HP	Am ³ /min	kPag	Acfm	psig
RCS 3	VB	3	105	11	15	2	17	70	2,5
RCS 5	VB	5	175	15	20	3	19	110	2,8
RCS 10	VB	10	355	22	30	4	22	140	3,2
RCS 15	VB	15	530	30	40	6	25	210	3,6
RCS 20	VB	20	705	37	50	7	27	250	3,9
RCS 30	VB	30	1060	45	60	9	31	320	4,5
RCS 40	VB	40	1410	55	75	10	34	350	4,9
RCS 50	VB	50	1765	75	100	12	38	420	5,5
RCS 70	VB	70	2470	90	125	15	41	530	5,9
RCS 100	GB	100	3530	110	150	19	47	670	6,8
RCS 130	GB	130	4590	132	200	23	51	810	7,4
RCS 160	GB	160	5650	160	200/250	25	55	880	8,0
RCS 200	GB	200	7060	200	250	30	59	1060	8,6
RCS 300	GB	300	10595	250	335	38	67	1342	9,8
RCS 600	GB	600	21190	450	600§	50	85	1765	12,4

Figura A.1.5.2.1.. Catálogo de celdas RCS.

Una vez conocida el volumen final se calcula el número de celdas necesarias para la flotación de la materia prima mediante la siguiente fórmula:

$$N = \frac{V_c \cdot t}{1440 \cdot V_k \cdot k} \quad (7)$$

Siendo:

N: Número de celdas.

t: Tiempo de flotación(min).

V_k: Capacidad nominal de la celda (m³).

k: La razón de volumen de pulpa real en la celda a volumen geométrico de la celda (k≈0,65-0,75).

V_c: Flujo de pulpa que entra a flotación (m³/día).

Se conoce que V_c es $559 \text{ m}^3/\text{día}$, t es 7 minutos, V_k es 5 m^3 y k se define como 0,75.

$$N = \frac{559 \cdot 7}{1440 \cdot 3 \cdot 0,75} = 0,724 \approx 1$$

Mediante la fórmula anterior se obtiene que solo es necesario 1 celda para la flotación del material en la celda 1.

Dado que la primera celda tiene un rendimiento del 70% del caudal de entrada de los $644,10 \text{ t/d}$ de entrada recupera un total de $450,87 \text{ t/d}$, siendo un total de $359,79 \text{ t/día}$ de líquido y un $91,07$ de sólido. De los $91,07 \text{ t/día}$ de sólido $35,51 \text{ t/d}$ es de mica y $55,56 \text{ t/d}$ de cuarzo.

1.5.3 Balance de materia a la segunda celda de flotación.

Una vez calculado el volumen total de flotación de la primera celda se procede a calcular el volumen total de la segunda celda, para esta celda se considera que el flujo de entrada es del 70% del caudal de la salida de la primera celda.

Como sale de la primera celda un total de 559 m^3 al día pero como ya se comentó anteriormente el funcionamiento es de 20 horas, es decir, un total de $27,95 \text{ m}^3$ por hora. Con estos datos se sabe que el 70% de 559 m^3 es del $391,3 \text{ m}^3$ diarios ($464,87 \text{ t/d}$), siendo así un total de $19,56 \text{ m}^3$ por hora. Mediante la utilización de la ecuación 6, se calcula el volumen efectivo de la celda 2.

$$V_f = \frac{19,56 \times 7 \times 1}{60 \times 0,85} = 2,68 \approx 2,7 \text{ m}^3$$

Conociendo el volumen total de flotación se puede conocer el número de celdas en el depósito. El tamaño mínimo de la celda para manipular $2,7 \text{ m}^3$ es DR 100 como se puede ver en la siguiente **Figura A.1.5.3.1**.

Model	Cell volume (1)		Connected motor (2)		Air requirements (3)			
	m ³	ft ³	kW	HP	Am ³ /min	kPag	Acfm	psig
DR 15	0,34	12	2,2	3,0	0,4	7	15	1,0
DR 18Sp	0,71	25	4,0	5,0	0,7	9	25	1,3
DR 24	1,42	50	5,5	7,5	1,3	10	45	1,6
DR 100	2,83	100	11,0	15,0	2,3	10	80	1,6
DR 180	5,10	180	15,0	20,0	3,1	14	110	2,0
DR 300	8,50	300	22,0	30,0	4,5	18	160	2,6
DR 500	14,16	500	30,0	40,0	6,5	18	230	2,6

Figura A.1.5.3.1. Catálogo de celdas DR.

Una vez calculado el volumen de la celda 2 se procede al cálculo del número de celdas necesarias para la flotación mediante la utilización de la ecuación 7.

$$N = \frac{391,3 \cdot 7}{1440 \cdot 2,83 \cdot 0,7} 0,96 \approx 1 \quad (7)$$

Mediante la fórmula 7 se conoce que solo es necesario 1 celda para la flotación del material en la segunda celda. Y una vez conocida la salida de la segunda celda se procede al cálculo del volumen del equipo de flotación tipo columnar.

De las 450,87 t/d de entrada se recuperó un total del 85% en la segunda celda. Así obteniendo un total de 383,23 t/d, siendo 305,82 t/d de líquido y 77,41 toneladas de sólido. Una vez conocida la cantidad de sólido se puede saber la cantidad de mica que es un total de 30,19 t/d de mica y 47,22 t/d de cuarzo.

1.5.4 Balance de materia a la flotación columnar.

Con los cálculos anteriores se conoce que de la segunda celda salen un total de 383,23 t/d que es lo mismo que la entrada a la flotación columnar, con lo que conlleva que a la columna de flotación. Le llegan un total de 383,23 t/d aproximadamente un total de 384 t/d, siendo un total de 19,2 t/h en las 20 horas de funcionamiento del equipo de flotación. La columna de 2 metros de diámetro que soporta un total de 21 t/h de capacidad de alimentación, como se muestra en la *Figura A.1.5.4.1.*

Internal Diameter (m)	Air Demand (Am ³ /h [*])		Air Supply Pressure (kPa)	Installed Power (kW)	Feed Capacity (t/h)	Max Wash Water (m ³ /h)	Water Supply Pressure (kPa)
	MIN	MAX					
1	25	45	650	15	5	7	275
1.5	60	95	650	18.5	12	15	275
1.75	75	130	650	22	16	25	275
2	100	170	650	30	21	30	275
2.5	160	265	650	30	33	45	275
2.75	190	320	650	37	40	55	275
3	230	385	650	37	47	65	275
3.5	310	520	650	45	64	85	275
4	400	680	650	75	84	115	275
4.5	510	860	650	75	106	145	275
5	630	1060	650	110	131	175	275
5.5	770	1290	650	110	158	215	275

*Actual air flow at site conditions

Figura A.1.5.4.1. Catálogo de la celda columnar.

Se sabe que de la celda columnar se recupera un total del 98% de la entrada con lo cual de los 383,23 t/d se recupera un total de 371,73 t/d, siendo 296,64 de líquido y 75,09 t/d de sólido. Del sólido mencionado anteriormente se obtiene un total de 29,29 toneladas de mica y 45,80 t/d de cuarzo.

Una vez conocida todos los cálculos anteriores y decidido que equipos serán utilizados para la flotación se procede al dimensionamiento del tanque de lavado.

1.6 Balance de materia al tanque de lavado.

Se conoce que el 98% de la alimentación del equipo de flotación columnar es la entrada al tanque de lavado, es decir un total de 371,73 t/d aproximadamente un total de 372 t/d provenientes del equipo de flotación con un total del 80% de humedad, es esta etapa se elevará a un total del 85 % de humedad para obtener un buen lavado, con lo cual se necesita saber cuanto de agua es necesaria para obtener esta humedad.

En seguida se presentan las ecuaciones del balance de materia general y aplicado al agua:

$$m_e + m_{agua} = m_s \quad (2)$$

$$(m_e \cdot 0,80) \frac{t_{agua}}{d} + (m_{agua} \cdot 1) \frac{t_{agua}}{d} = (m_s \cdot 0,85) \frac{t_{agua}}{d} \quad (3)$$

Si se combinan, ambas ecuaciones se obtiene:

$$m_e \cdot 0,80 + m_{agua} \cdot 1 = (m_e + m_{agua}) \cdot 0,85$$

$$372 \frac{t_{mezcla}}{d} \cdot 0,80 \frac{t_{agua}}{t_{sólido}} + m_{agua} \cdot 1 = (372 \frac{t_{mezcla}}{d} + m_{agua}) \cdot 0,85 \frac{t_{agua}}{t_{sólido}}$$

Y con ello se calcula la masa de agua que debe añadirse al tanque de lavado y por consiguiente la cantidad que se llevarán al equipo de flotación:

$$m_{agua} = 124 \frac{t_{agua}}{d}$$

Se sabe que el tanque solo funcionará 20 horas diarias como la mayoría de los equipos, se puede saber el caudal con la suma del agua más la entrada al tanque:

$$Caudal\ del\ tanque = (323,76 \frac{m^3\ flotada}{d} + 124 \frac{m^3\ agua}{d}) \cdot \frac{1d}{24h} \frac{24h}{20h} = 22,39 \frac{m^3}{h}$$

Para saber el volumen solo hay que multiplicar por las horas de funcionamiento que son 20 horas, sale un volumen del tanque de 448 m³.

Una vez lavado el material es necesario eliminar el agua, tal y como se ha visto en el apartado de Balance de materia al equipo de flotación columnar. Por ello, hay un motivo principal que llevan a la utilización de un filtro prensa:

1. Recirculación de agua por necesidad del proceso.

1.7 Balance de materia al filtro prensa

Así que se hace uso de un filtro prensa para compactar la masa formada por agua y mica flotada y también recuperar parte del agua. En concreto se toma uno capaz de producir una sequedad del 40% (45% de agua en el secado).

En seguida se presentan las ecuaciones del balance de materia general y aplicado al agua:

$$m_e + m_{agua} = m_s \quad (2)$$

$$(m_e \cdot 0,85) \frac{t_{agua}}{d} + (m_{agua} \cdot 1) \frac{t_{agua}}{d} = (m_s \cdot 0,45) \frac{t_{agua}}{d} \quad (3)$$

Si se combinan, ambas ecuaciones se obtiene:

$$m_e \cdot 0,85 + m_{\text{agua}} \cdot 1 = (m_e + m_{\text{agua}}) \cdot 0,45$$

$$372 \frac{t \text{ mezcla } 1}{d} \cdot 0,85 \frac{t \text{ agua}}{t \text{ sólido}} + m_{\text{agua}} \cdot 1 = (372 \frac{t \text{ mezcla } 1}{d} + m_{\text{agua}}) \cdot 0,45 \frac{t \text{ agua}}{t \text{ sólido}}$$

Y con ello se calcula la masa de agua que debe recircula al tanque de acondicionamiento es de:

$$m_{\text{agua}} = - 270,54 \frac{t \text{ agua}}{d}$$

El símbolo negativo anterior quiere decir que se retira agua y no se añade en comparación al tanque de acondicionamiento, y se incluye en la **Figura A.1.7.1** el esquema final del balance de materia.

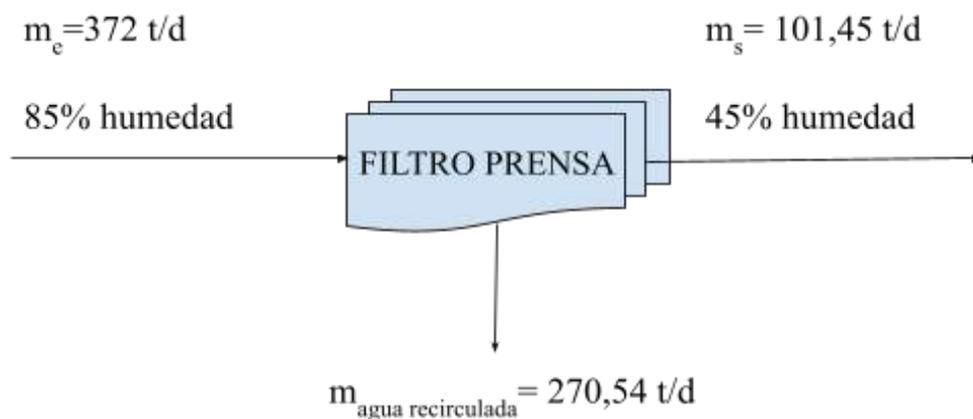


Figura A.1.7.1 Esquema final del balance de materia.

Sabiendo que el agua necesaria a la entrada al tanque de acondicionamiento es de 300 t/d, y que se dispone de 270,54 t/d de agua de recirculación, cada día deberán añadir aproximadamente 29,46 toneladas de agua desde el tanque de agua.

1.8 Balance de materia al tanque de agua

Una vez sabiendo todas las cantidades necesarias de agua para cada equipo se puede conocer el total de agua que será utilizado en el proyecto. Se sabe que para la molienda es necesario 98 t/d, para el tanque de acondicionamiento es necesario 297 t/d y para el lavado un total de 98,66 t/d. Haciendo las sumas y restas se obtiene que el tanque de agua tiene que fornecer un total de 493,66 t/d, con lo que se asume que el tanque de agua será de 494 t/d, es decir un total de 494 m³/día y teniendo en cuenta que funciona un total de 20 horas

se obtiene que es un total de 24,7 m³/h. Una vez sabiendo lo que se necesita sin tener en cuenta la recirculación del agua del filtro prensa al tanque de acondicionamiento, se procede a calcular teniendo en cuenta dicho dato. Se obtiene que es necesario un caudal de 208,43 t/d aproximadamente 10,42 m³/h.

1.9 Resumen de la recuperación de la mica

En la **Tabla 1.1.10** se observa el resumen de cada equipo de flotación y la cantidad de mica que se obtiene.

Tabla A.1.1.10 Mica recuperada en cada celda de flotación por cada 100 toneladas de alimento.

Equipo	Cantidad de mica a la salida (t/d)
Primera celda	35,51
Segunda celda	30,19
Columna	29,29

1.10 Balance de materia al secadero

Una vez conocido cuanto material mezclado con agua entrará al secadero se puede hacer el cálculo del volumen necesario del secadero para secar todo el material. Se sabe que al secadero le entra un total de 101,45 t/día de suspensión, siendo un total de 29,29 t/d de mica y 72,16 t/d de líquido. Es decir, se evapora un total 3,44 toneladas de agua por hora y un total de 1,40 toneladas de mica.

1.11 Conducciones y accesorios

En este apartado se realizará el cálculo de todos los parámetros que son necesarios conocer para el correcto diseño de las conducciones.

El material a transportar es un sólido en suspensión, se requiere usar un transporte por tubería. Este transporte se realiza mediante el uso de bombas.

En la **Figura M.8.1** del documento “2. Memoria” en el apartado “8 Resultados finales” se muestran todos los tramos. Los tramos que se tendrán en cuenta para el transporte de sólido son los tramos del 4 al 10.

1.11.1 Cálculo del diámetro de las conducciones

En primer lugar se calcula la sección de la tubería mediante la ecuación *Ec.A.1.11.1.2*, para cada uno de los diámetros extraídos del catálogo de conducciones de acero galvanizado que se muestra en la *Tabla A.11.1.1*.

El material utilizado es acero galvanizado porque es perfecto para proteger el material con más humedad de la que se necesite, y gracias a la capa de zinc sobre el acero evita que el oxígeno alcance el hierro.

$$S = A = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \quad \text{Ec.A.1.11.1.2}$$

Tabla A.11.1.1 Diámetros de las conducciones de acero galvanizado.

	Acero galvanizado	
	D (Pulgadas)	D (m)
D1	8"	0,2032
D2	10"	0,2540
D3	12"	0,3048

Como se consideran 3 diámetros distintos se nombra cada uno de ellos con los nombres D1 a D3. Antes de empezar los cálculos de la sección, se presenta en la *Tabla A.11.1.2* los datos y su continuación *Tabla A.11.1.2* necesarios para realizarlos cálculos para el tramo 3 que es el primer tramo que necesita conducciones con lo cual.

Tabla A.11.1.2 Datos para el cálculo de las conducciones Tramo 4.

Términos	Unidades	Valores		
Caudal másico material (ṁp)	kg/s	2,75		
ρ Particula	kg/m ³	2.850		
Tamaño de partícula	m	0,000074		
Concentración de sólidos (%cs)	% volumen	1		
Términos	Unidades	Valores		
L vertical	m	33,84		
L horizontal	m	63,32		
Nº codos	Ud.	2		
Gravedad	m/s ²	9,8		
D	pulgadas	8	10	12
	m	0,2032	0,2540	0,3048

Mediante el uso de la ecuación **Ec.A.1.11.1.2** se calcula la sección para los 3 diámetros, como se muestra en la **Tabla A.11.1.3**.

Tabla A.11.1.3 Cálculo de las secciones.

	D (m)	(A) Sección (m ²)
D1	0,2032	0,0324
D2	0,2540	0,0507
D3	0,3048	0,0730

Una vez conocida las secciones de cada diámetro y los datos de la **Tabla A.11.1.3** se procede al cálculo de la velocidad de sedimentación utilizando la **Ec.A.1.11.1.1**.

En la **Tabla A.11.1.4** se muestran los valores de la velocidad de sedimentación de cada uno de los diámetros teniendo en cuenta los datos de la **Tabla A.11.1.4**.

Tabla A.11.1.4 Velocidad de sedimentación tramo 4.

	D (m)	Usalt (m/s)
D1	0,2032	15,89
D2	0,2540	15,20
D3	0,3048	14,66

Una vez calculada la Usalt se calcula la velocidad del fluido como se muestra en la **Tabla A.11.1.5**.

Tabla A.11.1.5 Velocidad del fluido 4.

	D (m)	Uf(m/s)
D1	0,2032	23,83
D2	0,2540	22,8
D3	0,3048	21,99

Una vez conocidas las velocidades del fluido a distintos diámetros, se puede determinar que la mejor opción es la conducción de 12 pulgadas (0,3048 m).

Una vez determinado el diámetro de las conducciones se procede al cálculo para el transporte de la suspensión dentro de las conducciones necesarias.

1.11.2 Cálculo de la potencia de las bombas

Para realizar los cálculos del transporte de la suspensión de mica a través de las conducciones es necesario conocer los datos iniciales. Hay que tener en cuenta que para cada tramo se cambian las alturas de los equipamientos, del fluido y el caudal másico de líquido como se muestra en la **Tabla A.1.11.2.1**. Para la realización de los cálculos necesarios se utiliza el balance general (8) para cada tramo.

$$(z_2 - z_1) \cdot g + \frac{p_2 - p_1}{\rho} + \frac{v_2^2}{2 \cdot \alpha_2} - \frac{v_1^2}{2 \cdot \alpha_1} + \Delta F = W \quad (8)$$

Siendo:

z_2 : Altura del punto de salida (m)

z_1 : Altura del punto de entrada (m)

g : Gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$)

p_2 : Presión en el punto de salida (Pa)

p_1 : Presión en el punto de entrada (Pa)

ρ = densidad del fluido (kg/m^3)

V_2 = Velocidad del fluido a la entrada (m/s)

V_1 = Velocidad del fluido a la salida (m/s)

$\alpha_1=\alpha_2$ =constante

ΔF : Pérdida de energía mecánica por unidad de masa (J/kg)

W = Trabajo por unidad de masa (J/kg)

D = Diámetro de la conducción (m)

μ = Viscosidad de la suspensión (Pa·s)

m = Caudal másico de líquido

Se sabe que el caudal siempre será constante dentro de la conducción y el diámetro así resultando que las constantes de velocidad sean nulas. Siendo $z_2 = 3,6 \text{ m}$, $z_1 = 1,2 \text{ m}$, p_1 y p_2 es la atmosférica, ya que está todo abierto a la atmósfera.

$$(3,6 - 1,2) \cdot 9,8 + 1,08 \times 10^{-3} = W$$

$$W = 23,52 \text{ J/kg}$$

Para el cálculo del ΔF y reynolds se utilizan las siguientes ecuaciones, se conoce que por dentro de las conducciones se circula un 20% de sólido con lo cual hace falta conocer la densidad de la suspensión y la viscosidad de la misma.

Para el cálculo de la densidad de la suspensión se utiliza la ecuación (4).

$$\frac{1}{\rho_{mezcla}} = \frac{w_A}{\rho_A} + \frac{w_B}{\rho_B} \quad (4)$$

Donde:

$$w_A = \frac{t_{sólido A}}{t_{tot}} \Rightarrow \frac{100}{495,466} = 0,2018$$

$$w_B = \frac{t_{liq B}}{t_{tot}} \Rightarrow \frac{395,466}{495,466} = 0,797$$

Sustituyendo en la ecuación 4:

$$\frac{1}{\rho_{susp}} = \frac{0,2018}{2,85} + \frac{0,797}{1} = 0,8701 \rightarrow \rho_m = \frac{1}{0,8701} = 1,149 \frac{t \text{ mezcla}}{m^3}$$

$$\rho=1149 \text{ kg/m}^3 \quad D=0,3048 \text{ m} \quad \mu= 0,0028 \text{ Pa}\cdot\text{s} \quad m_4= 2,75 \text{ kg/s}$$

Mediante la ecuación **Ec.A.1.11.2.1** se calcula el caudal volumétrico.

$$Q_L = \frac{m}{\rho} \quad \text{Ec.A.1.11.2.1}$$

Sustituyendo en la misma se obtiene un caudal volumétrico de

$$Q_L = \frac{2,75}{1000} = 2,75 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

La velocidad de circulación de la suspensión por el interior de las conducciones se calcula mediante la ecuación **Ec.A.1.11.2.2**.

$$V = \frac{4 \cdot Q_L}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 2,75 \times 10^{-3}}{\pi \cdot 0,3048^2} = 0,038 \text{ m/s}$$

Inicialmente se debe calcular el Reynolds mediante la ecuación **Ec.A.1.11.2.3**.

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} = \frac{1149 \cdot 0,038 \cdot 0,3048}{0,0028} = 4752,92 \quad \text{Ec.A.1.11.2.3}$$

El régimen de circulación de la suspensión por el interior de la conducción 4 es turbulento.

La pérdida de energía mecánica por unidad de masa debida a los fenómenos de rozamiento (ΔF) se produce tanto en los tramos rectos como en los accidentes. Para calcular la pérdida de energía mecánica por unidad de masa debido a los tramos rectos (ΔF_r) en régimen turbulento se usa la ecuación **Ec.A.1.11.2.4** y la de régimen laminar es la ecuación **Ec.A.1.11.2.5**.

$$\Delta F_r = 2 \cdot f \cdot \frac{L}{D} \cdot v^2 = 2 \cdot 9,5 \times 10^{-3} \cdot \frac{15}{0,3048} \cdot 0,038^2 = 1,35 \times 10^{-3} \text{ J/kg}$$

$$\text{Ec.A.1.11.2.4}$$

$$\Delta F_r = 2 \cdot \frac{16}{Re} \cdot \frac{L}{D} \cdot v^2 \quad \text{Ec.A.1.11.2.5}$$

Siendo:

ΔF_r la pérdida de carga por rozamiento (J/kg), f es el factor de fricción de Darcy (adimensional) y es obtenido del gráfico de moody teniendo en cuenta la rugosidad de la conducción ($\epsilon/d=0,0005$), L es la longitud del tramo de tubería (m), la D es el diámetro de la tubería (m), la v es la velocidad del fluido (m/s) y ΔF_a es la pérdida de carga por accidentes (J/kg) como se puede ver la ecuación **Ec.A.1.11.2.6**.

$$\Delta F_a = \Sigma K \cdot \frac{v^2}{2} \quad \text{Ec.A.1.11.2.6}$$

En este tramo es igual a 0 ya que no hay ningún accidente.

ΔF :Pérdida de carga total (J/kg)

$$\Delta F : \Delta F_r + \Delta F_a \quad \text{Ec.A.1.11.2.7}$$

En seguida se muestra una tabla resumen de todos los tramos y si es necesario el cálculo de la potencia de la bomba a instalar.

Tabla A.1.11.2.1 Resumen de los tramos.

Tramo	Caudal másico (kg/s)	Longitud (m)	Q_L (m ³ /s)	v (m/s)	Re	ΔF (J/kg)	W (J/kg)
4	2,75	15	2,75x10 ⁻³	0,038	4753	1,35x10 ⁻³	23,52
5	6,88	7	6,88x10 ⁻³	0,094	11757	3,04x10 ⁻³	-5,68
6	4,82	7	4,82x10 ⁻³	0,066	8255	1,65x10 ⁻³	-2,95
7	4,10	7	4,10x10 ⁻³	0,056	7004	1,22x10 ⁻³	32,16
8	4,01	36	4,01x10 ⁻³	0,055	6879	6,13x10 ⁻³	-24,49
9	5,46	8	5,46x10 ⁻³	0,075	9381	2,35x10 ⁻³	-20,57
10	1,42	10	1,42x10 ⁻³	0,019	2376	1,59x10 ⁻⁴	-0,98
12	1,36	24	1,36x10 ⁻³	0,019	2376	3,83x10 ⁻⁴	-29,20
13	4,16	17	4,16x10 ⁻³	0,057	7129	3,07x10 ⁻³	-5,68
14	1,36	42	1,36x10 ⁻⁴	0,019	2376	6,70x10 ⁻⁴	-6,66
15	2,06	1,75	2,06x10 ⁻³	0,028	3502	4,11x10 ⁻⁵	19,82
16	0,80	23,47	8,00x10 ⁻⁴	0,011	1376	2,17x10 ⁻⁴	-9,8
17	3,76	42	3,27x10 ⁻³	0,044	5609	4,27x10 ⁻³	21,56

Cabe comentar que la ecuación **Ec.A.1.11.2.6** se utiliza para el cálculo de las pérdidas por los accidentes. En el tramo 13 contiene una T estándar (K=1) usada como codo, en el tramo 14 hay 1 codo de 90° estándar (K=1,5), en el tramo 15 y 16 hay 2 codos de 90° estándar.

Una vez conociendo los valores de W de los tramos que se necesita la incorporación de una bomba para transportar la suspensión de la mica se calculan las potencias, mediante las siguientes ecuaciones.

$$h = \frac{\widehat{W}}{g} \quad \text{Ec.A.1.11.2.8}$$

$$P = \frac{h \cdot g \cdot m}{\eta} \quad \text{Ec.A.1.11.2.9}$$

Siendo:

P: Potencia (Kw)

h: Carga de la bomba (m)

η : Rendimiento de la bomba (0,8)

Tabla A.1.11.2.2 Resumen de las potencias calculadas.

Tramo	Caudal másico (kg/s)	h (m)	Potencia (kW)
4	2,75	2,40	0,08
7	4,10	3,28	0,16
15	2,06	2,02	0,05

2. Distribución en planta por el método de SLP

2.1 Tabla racional de entre actividades (TRA)

En este apartado se realiza la distribución en planta siguiendo el modelo SLP (Systematic Layout Planning) cuyo objetivo es optimizar el espacio de manera eficiente para obtener una producción óptima.

Las distintas zonas son las siguientes:

1. La zona de recepción de la materia prima, incluye la báscula de pesaje, el depósito de homogeneización y la pala cargadora.
2. La zona de trituración y molienda engloba el triturador primario y el molino de bolas en vía húmeda.
3. La zona del circuito de flotación incluye el acondicionador, la primera celda, la segunda celda y el equipo de flotación columnar.
4. La zona de lavado y secado incluye el tanque de lavado, el filtro prensa y el secador rotatorio.
5. La zona del almacén del producto acabado, solamente es el almacén.
6. La zona de oficinas incluye la zona de administración, los aseos para los empleados de oficinas y visitas, la sala de reuniones y la cafetería.
7. La zona de los aseos que recogen los vestuarios y baños para los empleados de la planta.
8. La zona de control es la zona donde se controla toda la maquinaria de la planta y que se puede seguir el funcionamiento en vivo de la planta.
9. La zona del parking y jardín incluye el aparcamiento para los coches de los empleados y un jardín decorativo.

En la siguiente **Tabla A.2.1.1**, para estudiar la relación entre las diferentes secciones y los diferentes espacios de la planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos se definen una serie de códigos y motivos. Estos valoran la importancia que tienen entre sí las diferentes zonas y las áreas de construcción en la planta.

Tabla A.2.1.1. Codificación de relaciones entre las distintas áreas o zonas.

Código	Relación
A	Absolutamente importante
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinaria
U	Sin relación
X	Evitable

Más adelante, se establecen una serie de motivos que muestran porqué están relacionados entre sí las diferentes zonas. Como se muestra a continuación:

Motivos:

1. Necesidad del proceso
2. Facilidad de acceso
3. Intercambio de información
4. Economía de transporte
5. Molestias y peligros
6. Higiene y confort

Una vez definidos los códigos y los motivos se construye una tabla relacional de actividades que muestra la necesidad de localización entre actividades y motivos. Véase la **Tabla A.2.1.2**.

Tabla A.2.1.2. Tabla relacional de actividades (T.R.A.)

	Recepción	Trituración	Circuito de flotación	Lavado y secado	Almacén producto acabado	Oficinas	Aseos y vestuarios	Control	Parking y jardín
Recepción (1)	-	A4	U	U	U	U	U	O3	X5
Trituración (2)		-	A4	O1	U	U	U	O3	U
Circuito de flotación (3)			-	A1	E1	X5	U	I3	U
Lavado (4)				-	E1	U	U	E3	U
Secado (5)					-	X5	U	A3	U
Oficinas (6)						-	U	I3	I2
Aseos y vestuarios (7)							-	U	U
Control (8)								-	U
Parking y jardín (9)									-

Como se puede ver en la tabla, es especialmente importante que la recepción y la trituración se sitúen cerca debido a la necesidad del proceso. También es especialmente importante que la zona de la trituración esté cerca de la zona del circuito de flotación para evitar costes de transporte, ya que se realiza mediante una cinta transportadora.

Para finalizar, también resulta reseñable que la zona de trituración y la del circuito de flotación estén cerca de la zona de control ya que se consideran etapas importantes y se requiere cierta facilidad de acceso en caso que una máquina pueda dejar de funcionar para que se pueda solucionar el problema rápidamente.

A continuación se muestra el diagrama relacional de actividades de las distintas secciones en la empresa (*Figura A.2.1.1*).

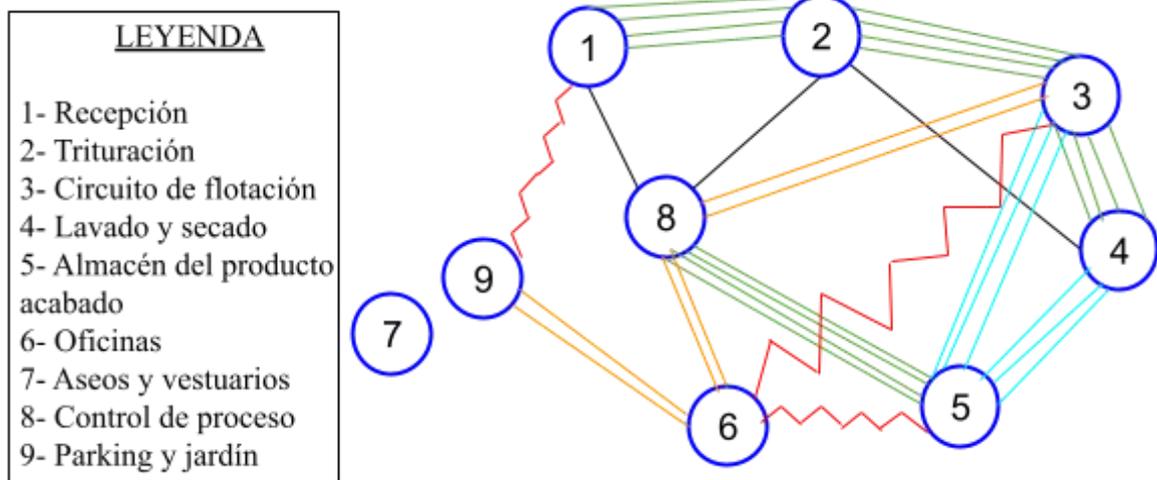


Figura A.2.1.1. Diagrama relacional de Actividades (DRA).

A partir de aquí la solución de la distribución en planta se encuentra detalladamente en el documento **PLANOS**.

2.2 Método de jerarquías analíticas para la selección de la parcela

En este apartado se pretende elegir de forma justificada el polígono industrial en general y la parcela en particular en la que se ubica la planta de flotación. Pero antes se debe situar de forma general la ubicación de la planta. Para ello, se presenta en la siguiente **Figura A.2.1.2** un mapa perteneciente a la Comunidad Valenciana.



Figura A.2.1.2. Mapa de la Comunidad Valenciana (Remarcada en amarillo Castelló, la provincia donde se situa la planta). Fuente: Google Maps.

Aclarado de forma general la ubicación del proyecto, se seleccionan 3 zonas industriales cercanas al centro de masas. Este punto representa la situación óptima deseable del emplazamiento industrial por su cercanía al proveedor de la materia prima, ya que se busca que la parcela se encuentre lo más cercana posible a su localización. En este caso, la materia prima necesaria para llevar a cabo el proceso de flotación proviene de India, por lo que se llegarán por barcos en el Puerto de Castelló, teniendo en cuenta que llegarán por barcos se intenta que la planta de flotación esté lo más cerca posible del puerto. Pero antes se debe dar también una visión espacial de la provincia de Castelló. Véase la **Figura A.2.1.3.**

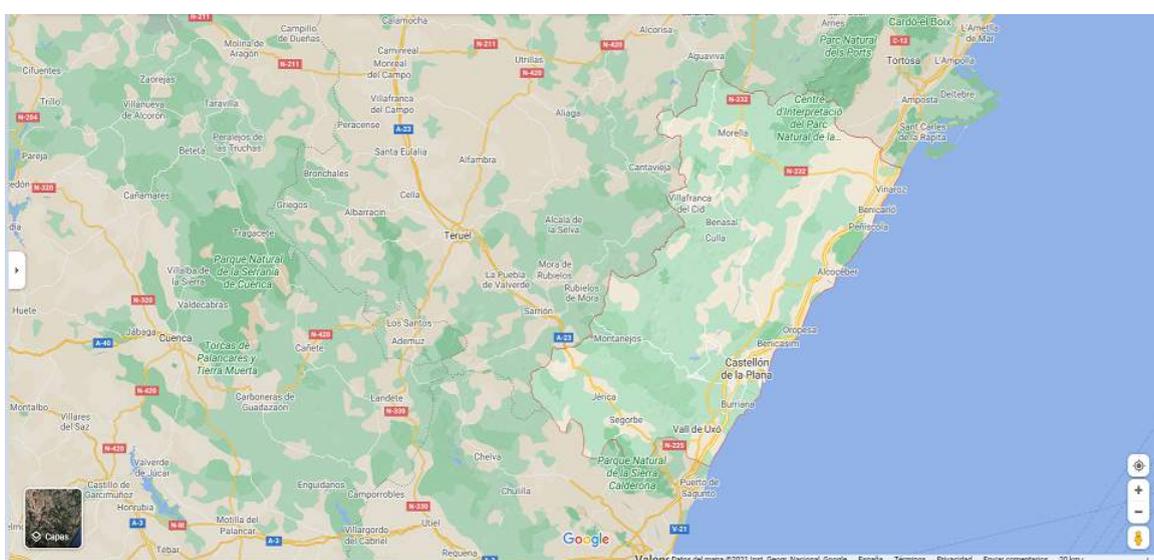


Figura A.2.1.3. Mapa de la provincia de Castelló. Fuente: Google Maps.

En primer lugar, es necesario concretar la zona de emplazamiento óptima para la actividad. Como se comentó anteriormente la materia prima proviene de India con lo cual se tiene que llegar mediante barcos en el Puerto de Castelló, se calcula el centro de masas, optimizando así el transporte de la materia prima hasta la planta de flotación, teniendo en cuenta que la materia prima llega por barcos pues no se debe situarse muy lejos del puerto de Castelló. Presentación ampliada de la zona de implantación del estudio en la **Figura A.2.1.4.**

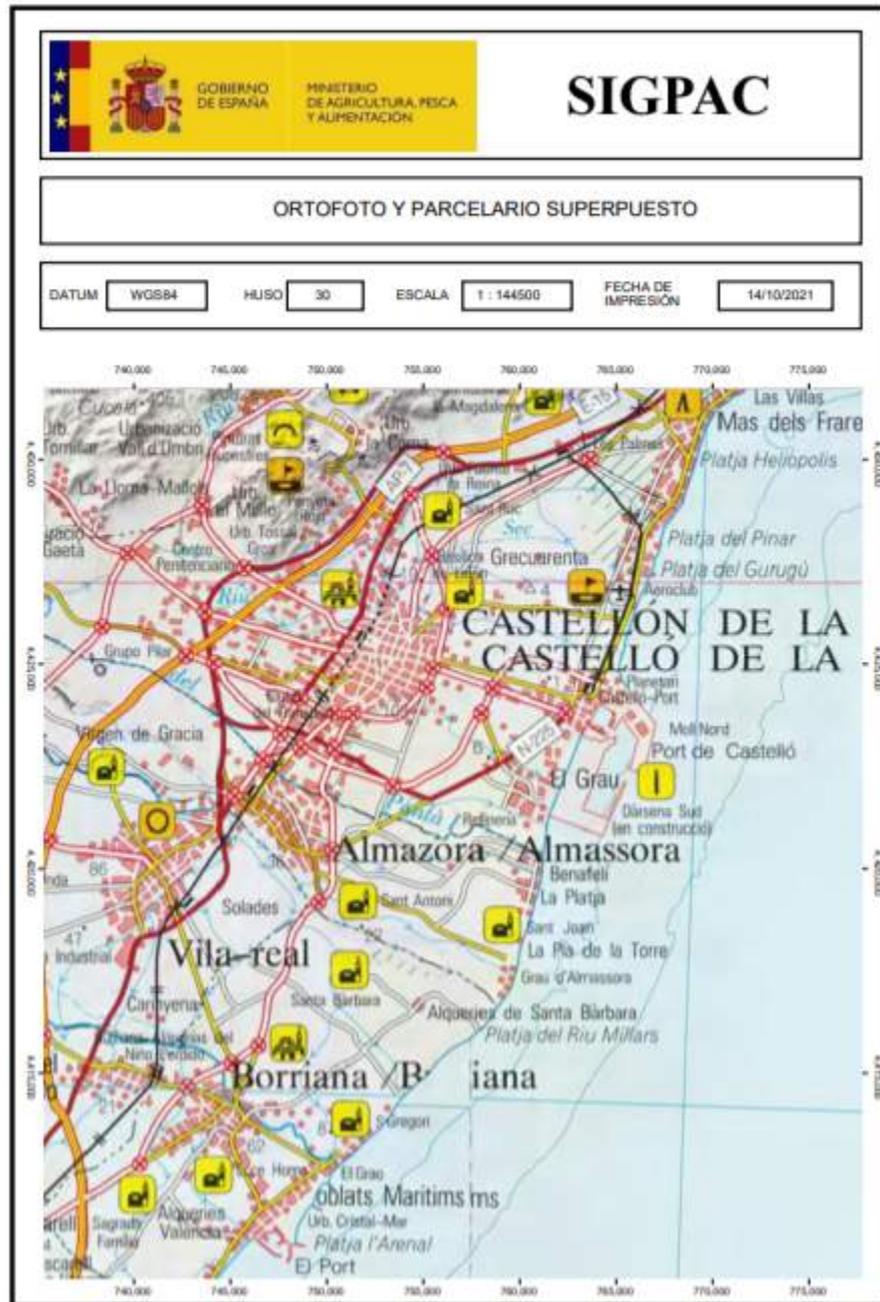


Figura A.2.1.4. Mapa de la zona estudiada para la implantación del proyecto.

De forma que haciendo uso de herramientas gráficas y considerando que la materia prima llega por el Puerto de Castelló se concreta el centro de masas en el Puerto de Castelló (*Figura A.2.1.5*).

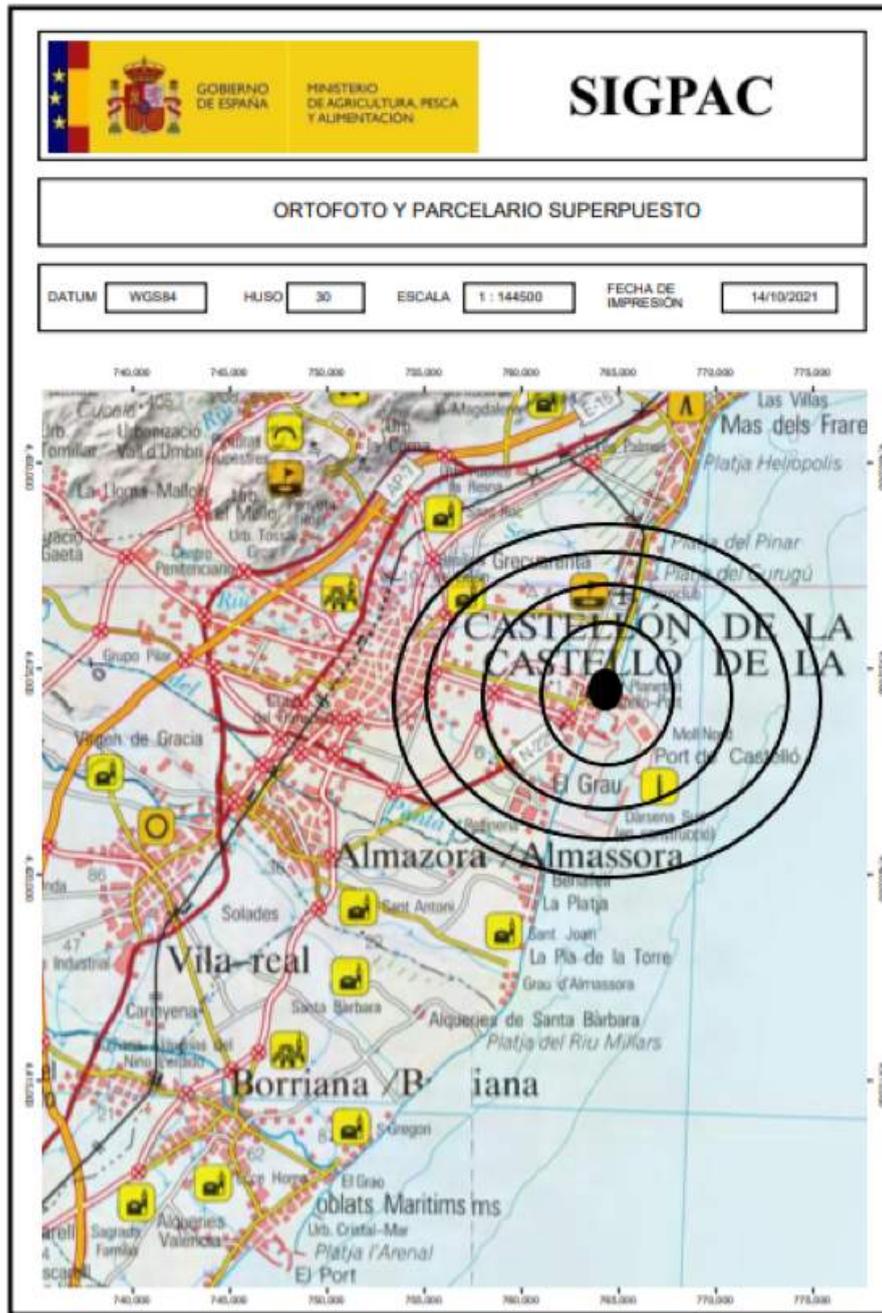


Figura A.2.1.5. Centro de masas para el emplazamiento óptimo.

Una vez se sabe de forma más o menos concreta la localización donde se debe instalar la planta, se eligen tres zonas cercanas al centro de masas, pero también con un poco de margen de la población, ya que no es muy agradable tener una empresa muy cercana a la población, sobre las que se estudian ventajas y desventajas para la posterior construcción de la planta de flotación. En la siguiente **Figura A.2.1.6** se remarcan distintivamente las tres zonas más próximas al centro de masas.

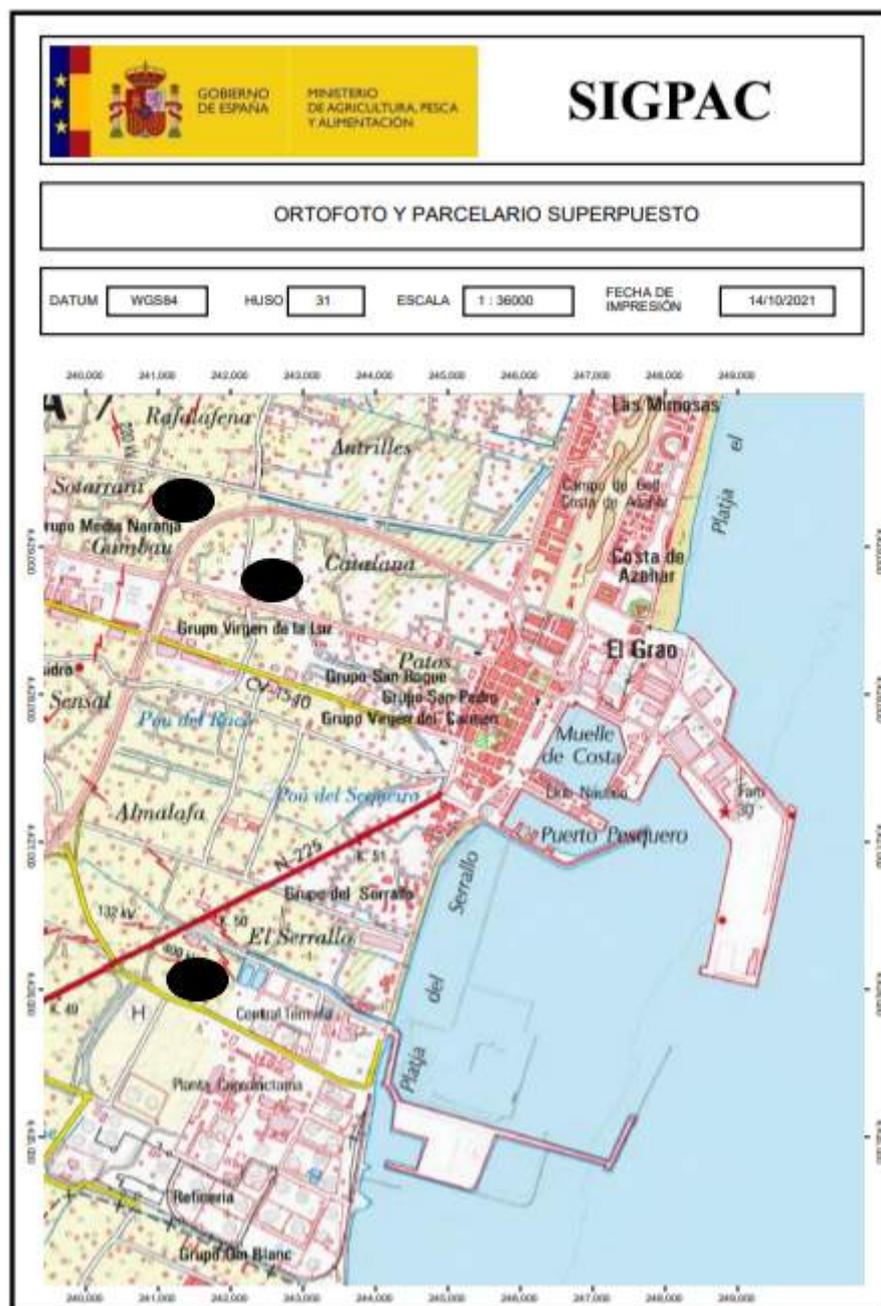


Figura A.2.1.6 Selección de zonas más próximas al centro de masas.

Para la selección del emplazamiento idóneo se usará el método AHP, los nombres de las zonas son aproximadas que se ubican en el mapa.

A = Gumbau

B = Catalana

C = El Serrallo

En la siguiente **Tabla A.2.1.3** se presentan las características estudiadas para la elección de la ubicación óptima y sus especificaciones según el área industrial.

Tabla A.2.1.3. Características de las distintas parcelas a elegir.

	Proximidad (km)	Vía de comunicación	Dotación de suelo	Coste (€/m ²)
A	3,7	CS-22 & Cam. fondo	Aceptable	10
B	2,7	CV-1520 & CS-22	Aceptable	30
C	6,7	CS-22	Óptima	2

Posteriormente se estudia propiamente las características tenidas en consideración para la selección del emplazamiento, según la importancia de las mismas. Cabe indicar que para la elección según el orden de importancia se han tenido en cuenta aspectos lógicos y objetivos y mediante la comparación con proyectos similares. Véase la **Tabla A.2.1.4**.

Tabla A.2.1.4. Presentaciones representativas de la parcela según orden de importancia

	Proximidad	Vía comunicación	Dotación suelo	Coste
Proximidad	1	2	7	8
Vía comunicación	1/2	1	4	6
Dotación suelo	1/7	1/4	1	2
Coste	1/8	1/6	1/2	1

$$W_p = (1 \cdot 2 \cdot 7 \cdot 8)^{\frac{1}{4}} = 3,253$$

$$W_{vc} = \left(\frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 4 \cdot 6\right)^{\frac{1}{4}} = 1,861$$

$$W_{ds} = \left(\frac{1}{7} \cdot \frac{1}{4} \cdot 1 \cdot 2\right)^{\frac{1}{4}} = 0,517$$

$$W_c = \left(\frac{1}{8} \cdot \frac{1}{6} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1\right)^{\frac{1}{4}} = 0,319$$

$$\Sigma W_i = 5,950$$

En la siguiente **Tabla A.2.1.5** se presentan las características relativas estudiadas y la consecuente relación con los distintos polígonos (**Tabla A.2.1.6**).

Tabla A.2.1.5. *Importancia relativa de las distintas características.*

	W_i	$W_{i,rel}(\%)$
Proximidad	3,253	54,67
Vía comunicación	1,861	31,28
Dotación suelo	0,517	8,69
Coste	0,319	5,36
Σ	5,95	100

Tabla A.2.1.6. *Datos representativos para la elección final del polígono óptimo.*

	Proximidad (54,67%)	Vía comunicación (31,28%)	Dotación suelo (8,69%)	Coste (5,36%)
A	0,73	1	0,5	0,2
B	1	1	0,5	0
C	0	0,25	1	1

$$A = 0,73 \cdot 0,5467 + 1 \cdot 0,3128 + 0,5 \cdot 0,0869 + 0,2 \cdot 0,0536 = 0,7564$$

$$B = 1 \cdot 0,5467 + 1 \cdot 0,3128 + 0,5 \cdot 0,0869 + 0 \cdot 0,0536 = 0,9029$$

$$C = 0 \cdot 0,5467 + 0,5 \cdot 0,3128 + 1 \cdot 0,0869 + 1 \cdot 0,0536 = 0,2969$$

Siguiendo la metodología asociada a este modelo, a partir de tres alternativas de ubicación se escoge la mejor opción, es decir, aquella con mayor puntuación. En este caso es la **opción B**, es la ubicación llamada Catalana, que destaca por su proximidad al centro de masas, que es el punto de máxima cercanía. También cabe destacar que el acceso a vías de comunicación de esta ubicación es aceptable.

2.3 Parcela Catalana

Una vez elegida la ubicación óptima de las distintas alternativas elegidas, se dispone a comentar los aspectos principales a tener en cuenta.

De modo prioritario, se debe tener en cuenta las ordenanzas de la localidad. Para ello, se siguen las ordenanzas presentes en el apartado **15. Bibliografía**, respecto al Plan de Acción Comercial propio de la localidad de Castelló, ya que la localidad pertenece al Término Municipal de Castelló.

Para dar a conocer la localización de la ubicación y sus características se presenta una imagen aérea de la situación de la parcela (*Figura A.2.1.7*).



Figura A.2.1.7. Vista de la parcela elegida. Fuente: Visor SigPac.

Para concretar el emplazamiento, cabe indicar que las dimensiones de la planta no son alcanzables con la adquisición de una única parcela. Por ello se requiere la compra y combinación de varias superficies para dar con las dimensiones adecuadas. A continuación se observa la zona adquirida para el proyecto (*Figura A.2.1.8*).



Figura A.2.1.8. Determinación de las parcelas necesarias para la implantación de la actividad industrial. Fuente: Sede Electrónica Catastro.

Cabe indicar también que se ha invertido en un espacio mayor al que se requiere para la instalación de la planta, ya que se tiene una visión de futuro, en cuanto a aumentos en la planta. Al tener que combinar necesariamente distintas parcelas anexas para la construcción, la adición de una o dos más no afecta demasiado en términos burocráticos.

En cuanto a los alrededores de la parcela no hay nada especialmente remarcable, ya que es una zona donde no hay viviendas cercanas, por ser una zona un poco rural, cabe comentar que habrá que limpiar la zona y cimentar la zona para la construcción de la planta de flotación.

3. Anexo II. Estudio de la viabilidad económica

3.1 Coste de los equipos de la línea de proceso de flotación.

En este apartado se presenta la maquinaria necesaria para la realización del proceso productivo como se explicó en el apartado “6.2 Equipos del proceso” perteneciente al documento de la “memoria”, todos los equipos que forman parte de la línea de proceso de flotación, tanto en cuanto a que sus características se adapten a las necesidades de la planta (dimensionado, capacidad de producción, potencia requerida...). A continuación se explican detalladamente los aspectos técnicos generales y la posterior elección de la maquinaria.

Todos los cálculos dimensionales para la elección de los equipos se encuentran de forma detallada en el apartado “1 **Introducción**” de este documento.

3.1.1 Báscula de camiones

El proceso empieza con la llegada de los camiones llenos de la materia prima procedentes del Puerto de Castelló, ya que la materia prima proviene de India mediante el transporte marítimo. Tras su llegada, la primera operación pasa por su pesaje, para ello se cuenta con una báscula de camiones tal y como se indica en la *Figura A.3.1.1.1*, en la que se tiene un control exhaustivo de la cantidad de materia prima que llega a la planta. El funcionamiento de la báscula es de lo más sencillo, en el que los camiones se colocan en su parte superior y mediante un sistema electrónico de sensores se obtiene el peso del mismo. Tras la descarga de la materia prima, se vuelve a pesar el camión, la diferencia de ambos pesajes constituye la materia prima que transporta cada camión.



Figura A.3.1.1.1 Báscula de camiones de llegada.

En la siguiente *Tabla A.3.1.1.1* se indican las especificaciones de la báscula.

Tabla A.3.1.1.1. Características de la báscula de camiones.

Marca	PGMM con rampas
Modelo	PGBSH-18
Capacidad pesaje (t)	80
Dimensiones (m)	18 x 3
Consumo eléctrico	Nulo
Mano de obra	No
Precio (€/unidad)	72.000



**PESAJE
Y GESTIÓN**

PUCHADES GIMENO S.L.
MODELO PGMM CON RAMPAS



CARACTERÍSTICAS:

- Intalación sobresuelo con rampas.
- Altura de la superficie de rodadura 300 milímetros.
- Rampas de acceso necesarias con una inclinación del 10%.
- Pintura decapado mecánico. Antioxidante y un esmalte de color gris oscuro.
- Tornillería de calidad 8.8 zincada.
- Caja de sumas de 4,6 u 8 células. Fabricada en poliéster reforzada con fibra de vidrio. Índice de protección IP66 conforme a la norma EN60529.
- Células de carga inoxidable IP68. 4000 d OIML R60.
- 15 metros de longitud de cable de la báscula al indicador.
- Construida con módulos metálicos de 1,5*1,5 metros.

MODELO	CAPACIDAD	DIMENSIONES	CÉLULAS
PGBSH-4,19	30 TN	4,19*3 METROS	4
PGBSH-6,19	30 TN	6,19*3 METROS	4
PGBSH-8,09	60 TN	8,09*3 METROS	4
PGBSH-12,09	60 TN	12,09*3 METROS	6
PGBSH-14	80 TN	14*3 METROS	8
PGBSH-16	80 TN	16*3 METROS	8
PGBSH-18	80 TN	18*3 METROS	8



Figura A.3.1.1.2 Catálogo de la báscula de camiones. Empresa Puchades Gimeno S.L.

3.1.2 Pala cargadora

El elemento utilizado para transportar la materia prima desde el tanque de homogeneizado hasta la tolva es una pala con una capacidad de carga mínima de 5 toneladas como se puede observar en la *Figura A.3.1.2.1*, lo que equivale, teniendo en cuenta la densidad de la mica que es 2,85 g/cm³, a un volumen de aproximadamente 1,75 m³. En la siguiente *Tabla A.3.1.2.1* se indican las especificaciones de la pala cargadora.

Tabla A.3.1.2.1. Características de la pala cargadora.

Marca	Hyundai
Modelo	HL930A
Capacidad cuchara (m³)	1,9
Consumo (L/100km)	20
Precio (€/unidad)	150.000

Para el cálculo del consumo del gasóleo de la pala cargadora durante un año, se tiene en cuenta que la pala recorre aproximadamente unos 300 km mensuales, lo que equivale a un total de 3.600 km/año y de la tabla se conoce que consume alrededor de 20 litros a cada 100 kilómetros, por lo tanto durante un año consume un total de 720 L. Conociendo que el precio actual del gasóleo A es de 1,363 €/L (<https://www.dieselogasolina.com>) se obtiene que consumirá un total de 985,68 €/año. En la siguiente figura se puede observar la pala cargadora.



Figura A.3.1.2.1 Pala cargadora

3.1.3 Tolvas

En el proyecto se encuentran dos tolvas dispensadora encargada de la dosificación de la materia prima al triturador primario y molino de bolas, está tolva ha de ser capaz de proporcionar como mínimo aproximadamente un volumen del 2,4 m³ de producto por hora, ya que el triturador primario trabaja un total de 15 horas diarias. Se puede observar las características técnicas de capacidad y precio en la **Tabla A.3.1.3.1.**

Tabla A.3.1.3.1. Tolva dispensadora.

Capacidad proceso (m³)	2,7
Dimensiones (m)	2,4x1x0,05
Precio (€)	5.000

3.1.4 Cinta transportadora

En todo el proceso de tratamiento primario se necesita que la materia en estado sólido sea transportada de una máquina a la siguiente, para que se le realicen las pertinentes operaciones mecánicas de eliminación de impropios. Para ello, se instala una cinta transportadora la cual tiene, como su nombre indica, hacer avanzar el material según las operaciones en orden cronológico.

Antes de presentar una imagen representativa (**Figura A.3.1.4.1**) y las especificaciones técnicas (**Tabla A.3.1.4.1**) consideradas para la elección de la más adecuada, es necesario indicar que para la obtención de la longitud de cinta se ha recurrido al apartado de **PLANOS**, pues se puede obtener con una simple medición en el plano de la planta a la escala adecuada.



Figura A.3.1.4.1 Cinta transportadora.

Tabla A.3.1.4.1 Características de la cinta transportadora.

Marca	Coparn
Modelo	TM 125_12
Longitud (m)	52
Carga máxima (kg)	8.155
Altura de las orillas (mm)	500 - 1.000
Potencia (kW/10 m)	3,68
Precio (€/m)	228,69
Precio final (€)	11.831,88

3.1.5 Triturador primario

El triturador primario es el equipo que se encarga de realizar la primera molienda como se comentó en el apartado “1.3 Triturador primario”, cuyo esquema se puede observar en la *Figura A.3.1.5.1*.



Figura A.3.1.5.1 Triturador primario.

En la *Tabla A.3.1.5.1* se muestran las características del triturador primario que como se explica en el apartado “1.3 Triturador primario” es un triturador tipo martillo y a continuación se adjunta el catálogo ofrecido por el proveedor.

Tabla A.3.1.5.1 Características del triturador primario.

Marca	Zenith
Modelo	PC400x300
Producción (t/h)	5-10
Tamaño de entrada (mm)	<100
Tamaño de salida (mm)	<15
Potencia (kW)	11
Precio (€/unidad)	4139,04

欧版锤式破碎机 European Series Hammer Crusher



该机广泛应用于冶金、矿山、化工、水泥、建筑、耐火材料及陶瓷等工矿企业中，从事物料中碎和细碎作业。其主要适宜破碎抗压强度不高于320MPa（光轮）的各种矿石。

This machine is widely used in metallurgy, mining, chemical, cement, construction, industrial and mining industries, and used in medium and fine crush. The compressive strength is not over 320 Mpa.

技术优势

- 1、生产能力高、破碎比大；
- 2、电耗低、产品粒度均匀；
- 3、结构简单、紧凑轻便；
- 4、投资费用少、管理方便。

Technology Advantages:

- 1 High production capacity, high crushing ratio;
- 2 Low power consumption, uniform particle size;
- 3 Simple structure, easy to operate;
- 4 Low investment costs, easy management.

规格与性能参数表 Specifications

型号Model	HM4008-75	HM4012-90	HM4015-132
转子直径 Rotor diameter (mm)	750	900	1150
转子长度 Rotor length (mm)	800	1200	1500
转子速度 Rotate speed (r/min)	800-1000	800-1000	550-800
最大给料粒度 Max.feed size (mm)	<30	<40	<50
出料粒度 Discharge granularity (mm)	0-3	0-3	0-8
处理能力 Capacity (t/h)	8-15	15-40	40-70
电动机功率 Motor power (kw)	75	90	132
锤头数量 Number of hammer (pcs)	18	32	32
设备质量 Weight (t)	3.8	6.8	8.8
外形尺寸 (L×W×H) Overall dimension (mm)	2310×1665×1610	2840×2100×2020	3720×2650×2540

注：各项参数及外形若有变更，依发货时随机附带的的使用维护说明书为准

Notes: if there is any modification, all parameter and overall dimension are subject to the operating instructions

Figura A.3.1.5.2 Catálogo del triturador primario hoja 1.

Hammer Crusher 锤式破碎机

本产品经高速转动的锤体与物料碰撞面破碎物料。它具有结构简单，破碎比大，生产效率高等特点。可作干、湿两种形式破碎。适用于矿山、水泥、煤炭、冶金、建材、公路、焦化等行业对中等硬度及脆性物料进行破碎。

The PC hammer crusher crushes materials by the collisions between high-speed hammer and material, which features simple structure, high reduction ratio, high efficiency, etc. The PC hammer crushers are developed for both dry and wet crushing of brittle, medium hard materials of the mining, cement, coal, metallurgic, construction, road building, and Petroleum & Chemical industries.



锤式破碎机



规格与性能参数表 Specifications

Model 型号	Input size 进料粒度 (mm)	Output size 出料粒度 (mm)	Capacity 产量 (t/h)	Power 功率 (kw)
PC400×300	<100	<15	5-10	11
PC600×400	<150	<15	10-25	18.5
PC800×600	<220	<20	20-50	45
PC800×1000	<400	<35	20-75	110

Figura A.3.1.5.3 Catálogo del triturador primario hoja 2.

3.1.6 Molino de bolas

El molino de bolas es el equipo encargado de reducir el tamaño de partícula hasta granulometría de micronizado como se explicó y se detallo todos los cálculos en el apartado “1.4 Balance de materia al molino de bolas”. El esquema de este molino se puede observar en la *Figura A.3.1.6.1*.

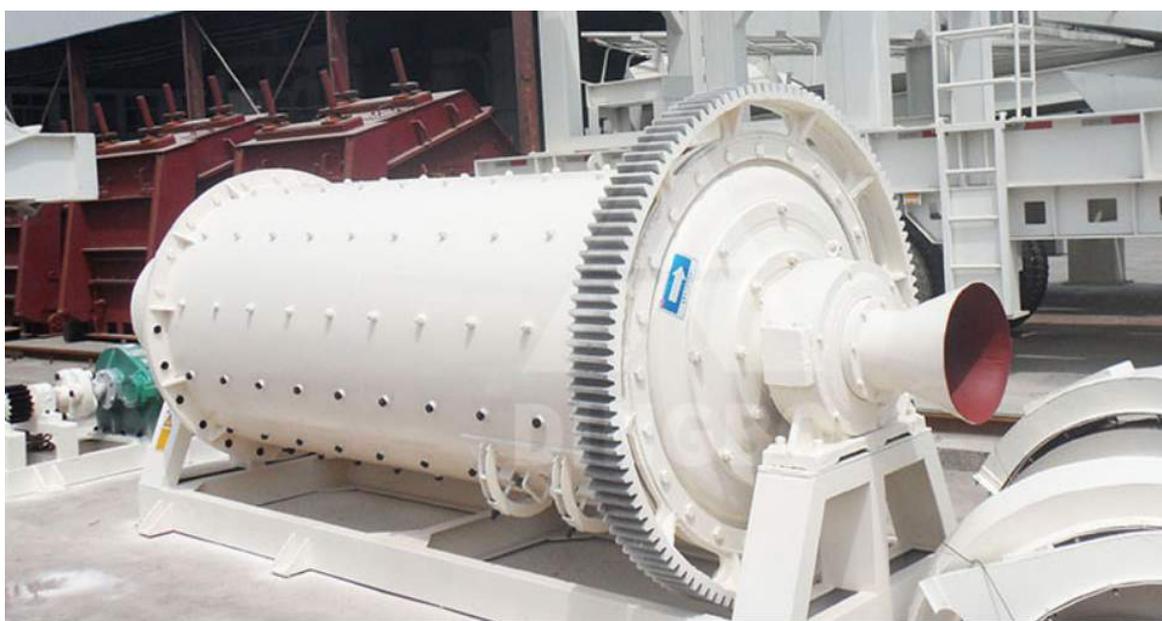


Figura A.3.1.6.1 Molino de bolas vía húmeda.

En la *Tabla A.3.1.6.1* se muestran las características del molino de bolas elegido.

Tabla A.3.1.6.1 Características del molino de bolas.

Marca	Zhongde Group
Modelo	MQY-2436
Carga máxima de la bola (t)	26
Capacidad (t/h)	8,8-33,5
Tamaño de descarga (mm)	0,3-0,074
Potencia (kW)	280
Precio (€/unidad)	30.180,50

En este apartado cabe añadir también las bolas de alúmina que es el elemento molturante usado en la molienda. Son bolas de alúmina debido a la elevada dureza del material a

molturar, con lo que si las bolas fueran de otro material menos resistente podría no suceder la molturación. Como se puede observar en la **Figura A.3.1.6.2** las bolas de alúmina.



Figura A.3.1.6.2 Bolas de alúmina.

En la **Tabla A.3.1.6.2** se puede observar las características de las bolas de alúmina.

Tabla A.3.1.6.2 Características de las bolas de alúmina.

Marca	Mikron Kreuz
Modelo	KREUTZALOX 95
Al₂O₃	95
Densidad (g/cm³)	> 3,69
Dureza Mohs	9
Diámetro (mm)	40
Precio (€/kg)	1,5

Para conocer el precio real de las bolas de alúmina durante un año se tiene que tener en cuenta el desgaste de cada bola durante la molienda. Mediante datos bibliográficos se obtiene que a cada molturación las bolas pierden un 0,27% por kilogramo de un producto similar a la mica molturado. Teniendo en cuenta el desgaste del 0,27 por kilogramo de la materia prima molturado y un 10% de las bolas que serán desechadas al año por disminución del tamaño, ya que las bolas de menor tamaño no producen ningún efecto en

la molturación. Mediante la ecuación **Ec.A.3.1.6.1**, se calcula el coste adicional por año de las bolas de alúmina por su desgaste.

$$\text{Precio adicional} = (\text{desg. bolas} \cdot \text{prod. (kg)} + 0,1 \cdot \text{bolas}) \cdot \text{precio (€/kg)}$$

Ec.A.3.1.6.1

Sabiendo que la producción es de 36.500.000 kg/año y la carga de bolas es de 12.312,23 kg, sustituyendo en la ecuación **Ec.A.3.1.6.1**, se obtiene que el precio adicional es un total de 149.671,83€.

$$\text{Precio adi.} = (0,0027 \cdot 36.500.000 + 0,1 \cdot 12.312,23) \cdot 1,5 \text{ (€/kg)} = 149.671,83 \text{ €/año}$$

Por lo tanto el coste total de las bolas durante el primer año es la suma de las bolas y el precio adicional por el desgaste con el cambio de bolas durante un año como se puede observar en la ecuación **Ec.A.3.1.6.2**.

$$\text{Precio bolas} = 18.468,36 + 149.671,83 = 168140,19 \text{ €/año} \quad \text{Ec.A.3.1.6.2}$$

Ya para los años siguientes solamente se tendrá en cuenta el coste adicional, ya que en el coste adicional se incluyen los reemplazos futuros. A continuación se observa en la **Figura A.3.1.6.3** el catálogo de bolas para moler.



Datos técnicos Bolas para moler

Análisis químico típico

	KREUTZALOX 92	KREUTZALOX 95	KREUTZALOX 99,5
Al ₂ O ₃	92 %	95 %	99,5 %
SiO ₂	3,50 %	2,20 %	0,12 %
MgO	2,35 %	1,40 %	0,15 %
CaO	1,90 %	1,10 %	0,05 %
Na ₂ O	< 0,20 %	< 0,20 %	0,08 %
Fe ₂ O ₃	< 0,50 %	< 0,50 %	0,03 %
Densidad	> 3,60 g/cm ³	> 3,69 g/cm ³	> 3,68 g/cm ³ *
Absorción de agua	0%	0%	< 0,4 %
Dureza según Mohs	- 9	- 9	- 9
Color	blanco	blanco	blanco
Temperatura de aglomeración	hasta 1.300 °C	hasta 1.300 °C	hasta 1.300 °C
Resistencia a la flexión	> 340 N/mm ²	> 340 N/mm ²	> 300 N/mm ²
Resistencia a la presión	> 2.250 N/mm ²	> 2.250 N/mm ²	> 1.750 N/mm ²

Los datos indicados son únicamente valores orientativos.

Diámetro	KREUTZALOX 92	KREUTZALOX 95	KREUTZALOX 99,5
7 mm - 1/4"	● ● ●	□ □ □	
12 mm - 1/2"	● ● ●	□ □ □	
20 mm - 3/4"	● ● ●	● ● ●	● ● ●
25 mm - 1"	● ● ●	● ● ●	● ● ●
30 mm - 1 1/4"	● ● ●	● ● ●	● ● ●
35 mm - 1 3/8"	● ● ●	● ● ●	● ● ●
40 mm - 1 1/2"	● ● ●	● ● ●	
45 mm - 1 3/4"	● ● ●	● ● ●	
50 mm - 2"	● ● ●	□ □ □	
63 mm - 2 1/2"	● ● ●	□ □ □	

● Estándar
□ Por solicitud

Figura A.3.1.6.3 Catálogo bolas de moler.

3.1.7 Tanque de agua

El tanque de agua elevado está diseñado para abastecer los equipos que necesitan agua para obtener la humedad necesaria para su funcionamiento, como por ejemplo el molino de bolas en vía húmeda, el tanque de acondicionamiento, entre otros. Se obtiene el los cálculos del apartado “1.8 Balance de materia al tanque de agua” que es necesario un deposito de 220 m³/día, y teniendo en cuenta que se trabaja un total de 20 horas, es decir alrededor de 11 m³/h de agua. Como se puede observar en la **Figura A.3.1.7.1** el depósito elevado de agua.



Figura A.3.1.7.1 Depósito de agua elevado.

En la **Tabla A.3.1.7.1** se puede observar las características del depósito de agua.

Tabla A.3.1.7.1 Características del depósito de agua.

Marca	Ilurco
Modelo	Depósitos metálico 3
Capacidad (m³)	26
Diámetro (m)	2,83
Altura (m)	4,18
Precio (€)	3.000

En la **Figura A.3.1.7.2** se observa el catálogo de los depósitos de agua suministrados por la empresa Ilurco.

CAPACIDADES M3		A L T U R A S (MTS.)													
Modelo	Diametro	1,67	2,51	3,35	4,18	5,01	5,86	6,68	7,52	8,35	9,19	10,02	10,86	11,70	
3	2,83	11	16	21	26	32	37	42	47	53	58	63	68	74	
4	3,78	19	28	38	47	56	66	75	84	94	103	112	122	131	
5	4,71	29	44	58	73	87	102	116	131	145	160	175	189	204	
6	5,66	42	63	84	105	126	147	168	189	210	231	252	273	294	
8	7,55	75	112	150	187	224	262	299	337	374	411	449	486	524	
10	9,434	117	175	234	292	350	410	467	526	584	642	700	759		
12	11,321	168	253	337	421	504	590	672	757	841	925	1.009	1.093		
14	13,208	229	344	459	573	686	803	915	1.030	1.144	1.259	1.373			
16	15,095	299	449	600	748	897	1.049	1.195	1.346	1.494	1.645	1.793			
17	16,039	337	507	677	845	1.012	1.184	1.350	1.519	1.687	1.857	2.024			
18	16,982	378	569	759	947	1.135	1.327	1.513	1.703	1.891	2.082				
19	17,926	421	633	845	1.055	1.264	1.479	1.686	1.898	2.107	2.319				
20	18,869	467	702	937	1.169	1.401	1.639	1.868	2.103	2.335	2.570				
22	20,756	565	849	1.134	1.414	1.695	1.983	2.260	2.544	2.825					
23	21,7	618	928	1.239	1.546	1.853	2.167	2.471	2.781	3.088					
24	22,643	672	1.011	1.349	1.683	2.017	2.360	2.690	3.028	3.362					
26	24,53	789	1.186	1.583	1.975	2.368	2.769	3.157	3.554						
28	26,417	915	1.376	1.836	2.291	2.746	3.212	3.661	4.122						
30	28,304	1.051	1.579	2.108	2.630	3.152	3.687	4.203	4.732						
32	30,191	1.196	1.797	2.398	2.992	3.587	4.195	4.782							
34	32,077	1.350	2.028	2.707	3.378	4.049	4.736	5.398							
36	33,965	1.513	2.274	3.035	3.787	4.539	5.309	6.052							
38	35,852	1.686	2.534	3.382	4.220	5.058	5.916								
40	37,739	1.868	2.808	3.747	4.676	5.604	6.555								
42	39,629	2.060	3.096	4.132	5.156	6.180	7.228								
44	41,513	2.260	3.397	4.534	5.658	6.781									
46	43,4	2.471	3.713	4.956	6.184	7.412									
48	45,286	2.690	4.043	5.396	6.733	8.070									
50	47,173	2.919	4.387	5.855	7.306										
52	49,06	3.157	4.745	6.333	7.902										
54	50,947	3.404	5.117	6.829	8.521										
56	52,834	3.661	5.503	7.345	9.164										
58	54,721	3.927	5.903	7.879	9.830										
60	56,608	4.203	6.317	8.431	10.520										
62	58,495	4.488	6.745	9.003											
64	60,382	4.782	7.188	9.593											
66	62,269	5.086	7.644	10.202											
68	64,156	5.399	8.114	10.830											
70	66,043	5.721	8.598	11.476											
72	67,95	6.056	9.102												
74	69,84	6.398	9.616												
76	71,73	6.749	10.143												
78	73,62	7.109	10.685												
80	75,5	7.477	11.237												
82	77,39	7.856	11.807												
84	79,28	8.244	12.390												

CAPAC. M3	ALTURA (M)
Mod.	Diam
86	81,17
88	83,05
90	84,94
92	86,83
94	88,72
96	90,60

Mod.	Diam	1,67	2,51
86	81,17	8.641	12.987
88	83,05	9.047	13.598
90	84,94	9.463	14.223
92	86,83	9.889	14.862
94	88,72	10.323	15.516
96	90,60	10.767	16.183

Alturas especiales (depuración, contraincendios)
 Recomendables para cubrir (Agua potable, goteos, industria)
 Recomendables para riego (Mejor relación capacidad / precio)

Figura A.3.1.7.2 Catálogo de los depósitos de agua.

3.1.8 Tanque de acondicionamiento

El tanque de acondicionamiento como se explicó en el apartado “ 1.5.2 Balance de materia en el tanque acondicionador”, se necesita un tanque que soporte un total de 21,50 m³/h. El tanque acondicionador está formado por un deposito, una hélice doble y una cortina de salida para evitar cortocircuitos de flujo, este tanque está diseñado y fabricado para acondicionar la pulpa con productos químicos durante un cierto tiempo antes de la flotación, como dice su propio nombre tanque acondicionador. Con lo cual en la **Figura A.3.1.8.1** se muestra el tanque acondicionador seleccionado para el proyecto.



Figura A.3.1.8.1 Tanque acondicionador.

En la **Tabla A.3.1.8.1** se puede observar las características del tanque acondicionador

Tabla A.3.1.8.1 Características del tanque acondicionador.

Marca	Tufekçioglu
Modelo	KON 3300x3600
Capacidad (m³)	23,1
Diámetro (mm)	3300
Altura (mm)	4650
Potencia (kW)	22,5
Precio (€)	12.000

En seguida se observa en las *Figura A.3.1.8.2* y *Figura A.3.1.8.3* el catálogo fornecido por el proveedor del tanque acondicionador.

CONDITIONER TANKS



These tanks are designed and produced to condition pulps with flotation chemicals for a certain period of time for the preparation of minerals prior to flotation or depression.

Based on the ore characteristics and the tests, correct number and size of conditioners should be selected. Selection of a correct conditioner size is crucial as it determines the conditioning time which affects the flotation performance. To prevent sanding and for an efficient agitation, design of the impeller and its position together with its speed are selected as to the tank volume.

SPECIFICATIONS

- Four baffles that prevent swirling in the tank
- Extended discharge pipe to prevent short circuiting
- Single or double propellers for light or heavy duties
- Prompt supply of high-quality, reasonably priced spare parts

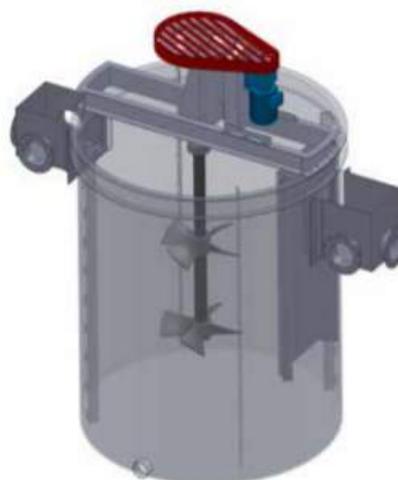
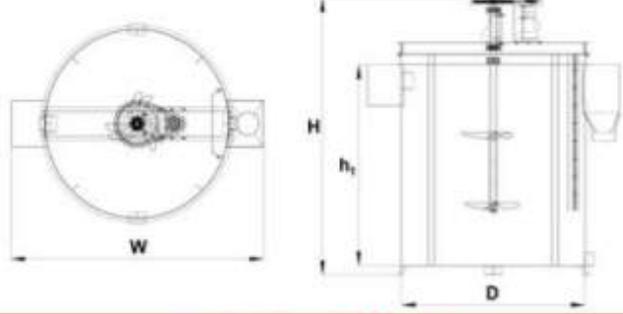


Figura A.3.1.8.2 Catálogo acondicionador hoja 1.



CONDITIONER TANKS

	D	H	W	h ₁	Active Volume m ³	Weight (kg)
KON 1320x1500	1320	2640	1850	1500	1,5	1100
KON 1400x2000	1400	2890	1930	2000	2,3	1500
KON 1500x1500	1500	2500	2000	1500	2,0	1200
KON 1500x1800	1500	2750	2000	1800	2,4	1400
KON 1500x2000	1500	2950	2000	2000	2,6	1500
KON 1600x2000	1600	2900	2100	2000	3,0	1600
KON 1800x1800	1800	2750	2300	1800	3,4	1600
KON 1800x2000	1800	2950	2300	2000	3,8	1800
KON 1800x2200	1800	3150	2300	2200	4,2	2000
KON 1800x2400	1800	3350	2300	2400	4,6	2100
KON 1900x2250	1900	3200	2400	2250	4,8	2100
KON 2000x2000	2000	2950	2700	2000	4,7	1900
KON 2000x2200	2000	3150	2700	2200	5,2	2000
KON 2000x3000	2000	3950	2700	3000	7,1	2500
KON 2200x2400	2200	3350	2900	2400	6,8	2200
KON 2400x2600	2400	3650	3250	2600	8,8	2500
KON 2400x3000	2400	4050	3050	3000	10,2	2800
KON 2450x3450	2450	4500	3400	3450	12,2	3000
KON 2500x2550	2500	3450	3200	2550	9,4	2400
KON 2500x2700	2500	3650	3300	2700	9,9	2600
KON 2600x3000	2600	4050	3550	3000	11,9	3000
KON 2600x3100	2600	4150	3550	3100	12,3	3100
KON 2700x2700	2700	3600	3600	2700	11,6	2800
KON 2700x3100	2700	4100	3600	3100	13,3	3300
KON 2800x3300	2800	4050	3600	3300	15,2	3700
KON 3000x3000	3000	4050	3750	3000	15,9	3300
KON 3100x3500	3100	5000	3300	3500	19,8	3600
KON 3200x3600	3200	4600	4100	3600	21,7	4300
KON 3300x3600	3300	4650	4400	3600	23,1	4700
KON 4000x4000	4000	6230	5530	4000	37,7	7200
KON 4000x4250	4000	5700	5530	4250	40,0	7700
KON 4200x5500	4200	7000	5400	5500	57,1	8700

Figura A.3.1.8.3 Catálogo acondicionador hoja 2.

3.1.9 Primera celda

La primera celda como se explicó en el apartado “ 1.5.3 Balance de materia a la primera celda de flotación”, se necesita un equipo de flotación de 3 m³ y fue elegido el equipo RCS 3, por su capacidad y dimensiones como se puede ser en la *Figura A.3.1.9.1*.



Figura A.3.1.9.1 primera celda.

En la *Tabla A.3.1.9.1* se puede observar las características de la primera celda

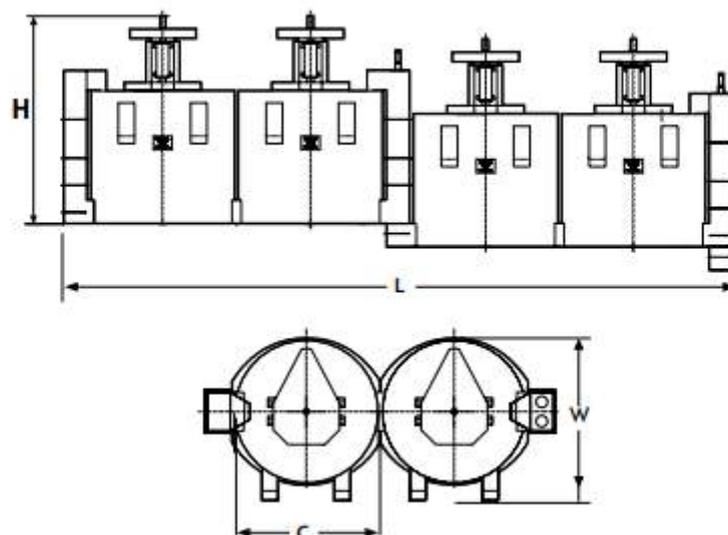
Tabla A.3.1.9.1 Características de la primera celda.

Marca	Metso Outotec
Modelo	RCS 5
Capacidad (t/h)	40
Diámetro (mm)	2.000
Altura (mm)	3.020
Potencia (kW)	15
Precio (€)	33.800

A continuación se adjunta la **Figura A.3.1.9.2** una parte del catálogo, ya que la otra se añadió en el apartado “ 1.5.3 Balance de materia a la flotación primera celda” ofrecido por el proveedor.

Technical data sheet

5.15 Flotation machine – RCS



Model	H (1) mm (inch)	L (2) mm (inch)	W mm (inch)	C mm (inch)	Bank weight (2) tonnes (s. tons)
RCS 0,8	1 790 (70)	5 550 (219)	1 320 (52)	1 100 (43)	2,73 (3,01)
RCS 3	2 790 (110)	8 250 (325)	1 900 (75)	1 700 (67)	8,4 (9,26)
RCS 5	3020 (119)	9850 (388)	2230 (88)	2000 (79)	10.53 (11.58)
RCS 10	3610 (142)	12250 (482)	2850 (112)	2600 (102)	17.38 (19.12)
RCS 15	3990 (157)	14250 (561)	3320 (131)	3000 (118)	22.97 (25.27)
RCS 20	4610 (181)	15250 (600)	3680 (145)	3250 (128)	26.25 (28.88)
RCS 30	5375 (212)	17350 (683)	4150 (163)	3700 (146)	36.50 (40.15)
RCS 40	5780 (226)	19200 (756)	4410 (174)	4100 (161)	51.04 (56.14)
RCS 50	6100 (240)	20900 (823)	4870 (192)	4500 (177)	56.95 (62.65)
RCS 70	6690 (263)	23600 (929)	5450 (215)	5000 (197)	71.00 (78.10)
RCS 100	6510 (256)	26400 (1039)	6100 (240)	5600 (220)	92.28 (101.51)
RCS 130	6875 (271)	29050 (1144)	6650 (262)	6100 (240)	123.82 (136.2)
RCS 160	7495 (295)	30650 (1207)	7100 (280)	6500 (256)	145.49 (160.00)
RCS 200	8050 (317)	33050 (1301)	7600 (299)	7000 (276)	174.10 (191.40)
RCS 300	<i>For specifications please contact your local Metso sales office</i>				

(1) RCS 3 to RCS 70 v-drive, RCS 100 to RCS 600 gearbox drive
 (2) 4-cell bank arranged F-2-I-2-D, empty

Figura A.3.1.9.2 Catálogo del proveedor primera celda.

3.1.10 Segunda celda

La segunda celda como se explicó en el apartado “ 1.5.4 Balance de materia a la segunda celda de flotación ”, se necesita un equipo de flotación de 2,1 m³ y fue elegido el equipo DR 100, por su capacidad y dimensiones como se puede ser en la *Figura A.3.1.10.1*.

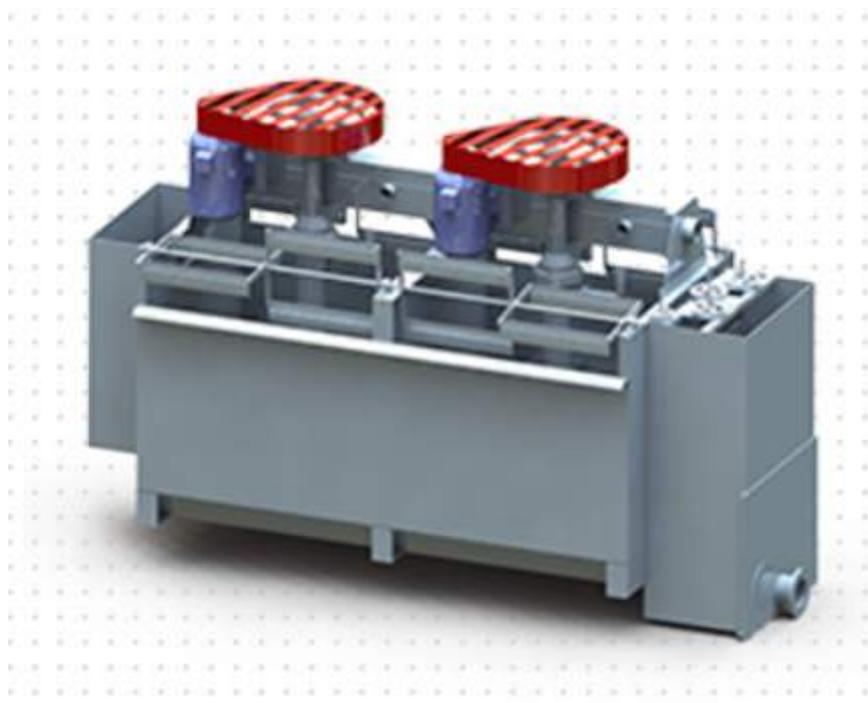


Figura A.3.1.10.1 Segunda celda.

En la *Tabla A.3.1.10.1* se puede observar las características de la segunda celda

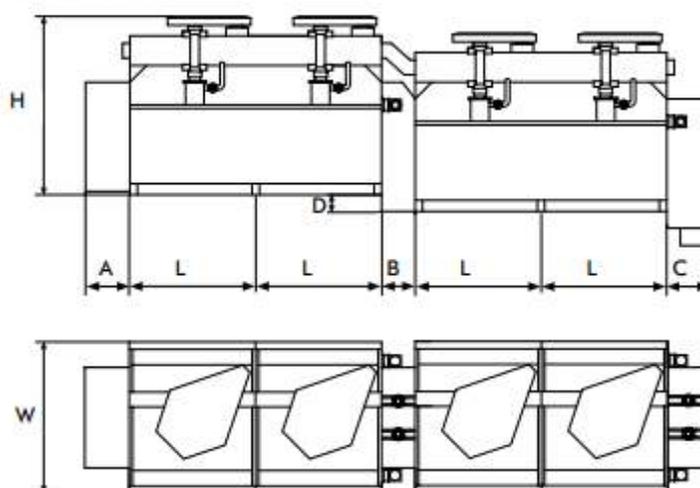
Tabla A.3.1.10.1 Características de la segunda celda.

Marca	Metso Outotec
Modelo	DR 100
Capacidad (t/h)	24
Diámetro (mm)	1575
Altura (mm)	2718
Potencia (kW)	11
Precio (€)	25.400

A continuación se adjunta la **Figura A.3.1.10.2** una parte del catálogo, ya que la otra se añadió en el apartado “ 1.5.4 Balance de materia a la flotación segunda celda” ofrecido por el proveedor.

Technical data sheet

5.17 Flotation machine – DR, Metric



Model (1)	Volume/cell m ³	Cells/unit (2)	A mm	B mm	C mm	D (min) mm	L (5) mm	W mm	H mm	Motor size (3) kW	Motor size (4) kW
8	0.09		152	279	279	152	483	406	1118	1.1	2.2
15	0.28	15	203	381	381	152	711	610	1626	3.0	5.0
18	0.71	12	305	457	457	203	914	813	1829	5.0	10.0
24	1.40	9	305	457	457	203	1219	1092	2362	5.5	15.0
100	2.80	7	457	457	457	203	1575	1575	2718	7.5-11	-
180	5.10	6	508	610	762	254	1829	1829	2946	11-15	-
300	8.90	5	610	762	914	305	2235	2235	3302	18-22	-
500	14.20	4	762	914	914	305	2692	2692	3404	25-30	-
1500	36.10	3	1219	1067	1372	406	4267	4267	4369	55	-

(1) From size 18 and above Single or Double side overflow.

(2) Number of cells without Intermediate box.

(3) Single cell drive.

(4) Dual cell drive.

(5) Length per cell.

For dimensions in inch, see next page

Figura A.3.1.10.2 Catálogo segunda celda.

3.1.11 Columna de flotación

El equipo de flotación columnar como se explicó en el apartado “ 1.5.5 Balance de materia a la flotación columnar”, se necesita un equipo de flotación de 14,8 t/h y fue elegido el equipo de 1,75 metros de diámetro, por su capacidad y dimensiones como se puede ser en la *Figura A.3.1.11.1*.



Figura A.3.1.11.1. Columna de flotación.

En la *Tabla A.3.1.11.1* se puede observar las características de la columna de flotación

Tabla A.3.1.11.1 Características de la columna de flotación.

Marca	FLSMIDTH
Modelo	CTO 1,75
Capacidad (t/h)	21
Diámetro (mm)	2.000
Altura (mm)	12.000
Potencia (kW)	30
Precio (€)	14.500

A continuación se adjunta la **Figura A.3.1.11.2** una parte del catálogo, ya que la otra se añadió en el apartado “1.5.5 Balance de materia a la flotación columnar” ofrecido por el proveedor.

Configurable standard and configured-to-order (CTO)

We offer flotation columns based on a standardised design criteria, with all design elements optimised and pre-engineered. The selection and supply of equipment on a "configured-to-order" (CTO) basis, rather than an "engineered-to-order" approach, allows for optimised supply costs and expedited delivery timing. Customised products are available where standard offerings are not suitable. Contact an FLSmidth flotation specialist for guidance on the appropriate supply approach.

Internal Diameter (m)	Air Demand (Am ³ /hr)		Air Supply Pressure (kPa)	Installed Power (kW)	Feed Capacity (t/h)	Max Wash Water (m ³ /h)	Water Supply Pressure (kPa)
	MIN	MAX					
1	35	45	650	15	5	7	275
1.5	60	95	650	18.5	12	15	275
1.75	75	130	650	22	16	25	275
2	100	170	650	30	21	30	275
2.5	160	265	650	30	33	45	275
2.75	190	320	650	37	40	55	275
3	230	385	650	37	47	65	275
3.5	310	520	650	45	64	85	275
4	400	680	650	75	84	115	275
4.5	510	860	650	75	106	145	275
5	630	1060	650	110	131	175	275
5.5	770	1290	650	110	158	215	275

*Actual air flow at site conditions



5.5m diameter



1.0m diameter

*Note: Capacities and utility requirements in the table above are based on typical copper cleaner applications. Actual values are application-specific. Contact FLSmidth for precise application information.

FLSmidth A/S
Vigerslev Allé 77
DK-2500 Valby
Copenhagen
Tel. +45 36 18 10 00
Fax +45 36 30 18 20
E-mail: info@flsmidth.com

Minerals Technology Center
7158 S. FLSmidth Drive
Midvale, UT 84047-5559
USA
Tel. +1 801 871 7000
E-mail: info.sl.c@flsmidth.com

www.flsmidth.com

Copyright © 2020 FLSmidth. ALL RIGHTS RESERVED.
FLSmidth is a registered trademark of FLSmidth.
This brochure makes no offers, representations or warranties (express or implied), and information and data contained in this brochure are for general reference only and may change at any time.

M 11-20 2000-7-ENG

Figura A.3.1.11.2 Catálogo columna de flotación.

3.1.12 Tanque de lavado

El tanque de lavado es un tanque muy similar al tanque de acondicionamiento, pero su función es eliminar los aditivos añadidos en la fase de acondicionamiento. Según el apartado “1.6 Balance de materia al tanque de lavado” se obtiene que en el tanque pasará un total de 18m³/h con lo cual se ha elegido el tanque de lavado en base a este dato, se puede ver en la *Figura A.3.1.12.1* el tanque de lavado elegido. En la *Tabla A.3.1.12.1* se puede observar las características del tanque de lavado



Figura A.3.1.12.1 Tanque de lavado

Tabla A.3.1.12.1 Características del tanque de lavado

Marca	Tufekçioglu
Modelo	KON 3300x3600
Capacidad (m³/h)	23,1
Diámetro (mm)	3300
Altura (mm)	4650
Potencia (kW)	22,5
Precio (€)	12.000

3.1.13 Filtro prensa

En la **Figura A.3.1.13.1** se observa el filtro prensa elegido en el apartado “1.7 Balance de materia al filtro prensa”. El funcionamiento de esta máquina es sencillo, de forma que mediante un sistema de compresión se aplica una fuerza a la masa recogida. A continuación se elimina la mayor parte del líquido de la corriente y se obtiene una masa de sólido llamada bala. Este proceso se realiza con la ayuda de una o más bombas de impulsión (según demanda energética). En la **Tabla A.3.1.13.1** se puede observar las características del filtro prensa



Figura A.3.1.13.1 Filtro prensa similar al seleccionado para el proceso.

Tabla A.3.1.13.1 Especificaciones del filtro prensa.

Marca	Shanghai Dazhang
Modelo	X Z30/870-30U
Producción (t/d)	480
Dimensiones (m)	3,1 x 1,4 x 1,23
Potencia (kW)	2,2
Precio (€)	8.200

Para obtener el filtro de prensa que mejor se adapte al proceso se tiene en cuenta que solo se trabaja un total de 20 horas diarias.

A continuación se muestra en la **Figura A.3.1.13.2** el catálogo fornecido por el proveedor.

Diseño de una planta de flotación para la obtención de mica

■ Especificación

Modelo	Área del (m²)	P (toneladas/h)	Presión del (kg/cm²)	Volumen de la Cámara de (m³)	Cantidad de (mm)	La presión de (kg/cm²)	Potencia de (kW)	Precio (€)	Dimensiones (mm)	Tamaño de (mm)			
										1	2	3	4
100000000	30	0.0000000000	30	400	20	40.0	2.2	2600	1000*1000*1000	1000	700	1000	1000
100000000	40	0.0000000000	30	500	30	40.0	3.0	3000	1000*1000*1000	1100	700	1000	1000
100000000	50	0.0000000000	30	600	40	40.0	3.2	3500	1100*1000*1000	1200	700	1000	1000
100000000	60	0.0000000000	30	700	50	40.0	3.0	4000	1200*1000*1000	1300	700	1000	1000
100000000	70	0.0000000000	30	800	60	40.0	3.0	4500	1300*1000*1000	1400	700	1000	1000
100000000	80	0.0000000000	30	900	70	40.0	3.0	5000	1400*1000*1000	1500	700	1000	1000
100000000	90	0.0000000000	30	1000	80	40.0	3.0	5500	1500*1000*1000	1600	700	1000	1000
100000000	100	0.0000000000	30	1100	90	40.0	3.0	6000	1600*1000*1000	1700	700	1000	1000
100000000	110	0.0000000000	30	1200	100	40.0	3.0	6500	1700*1000*1000	1800	700	1000	1000
100000000	120	0.0000000000	30	1300	110	40.0	3.0	7000	1800*1000*1000	1900	700	1000	1000
100000000	130	0.0000000000	30	1400	120	40.0	3.0	7500	1900*1000*1000	2000	700	1000	1000
100000000	140	0.0000000000	30	1500	130	40.0	3.0	8000	2000*1000*1000	2100	700	1000	1000
100000000	150	0.0000000000	30	1600	140	40.0	3.0	8500	2100*1000*1000	2200	700	1000	1000
100000000	160	0.0000000000	30	1700	150	40.0	3.0	9000	2200*1000*1000	2300	700	1000	1000
100000000	170	0.0000000000	30	1800	160	40.0	3.0	9500	2300*1000*1000	2400	700	1000	1000
100000000	180	0.0000000000	30	1900	170	40.0	3.0	10000	2400*1000*1000	2500	700	1000	1000
100000000	190	0.0000000000	30	2000	180	40.0	3.0	10500	2500*1000*1000	2600	700	1000	1000
100000000	200	0.0000000000	30	2100	190	40.0	3.0	11000	2600*1000*1000	2700	700	1000	1000
100000000	210	0.0000000000	30	2200	200	40.0	3.0	11500	2700*1000*1000	2800	700	1000	1000
100000000	220	0.0000000000	30	2300	210	40.0	3.0	12000	2800*1000*1000	2900	700	1000	1000
100000000	230	0.0000000000	30	2400	220	40.0	3.0	12500	2900*1000*1000	3000	700	1000	1000
100000000	240	0.0000000000	30	2500	230	40.0	3.0	13000	3000*1000*1000	3100	700	1000	1000
100000000	250	0.0000000000	30	2600	240	40.0	3.0	13500	3100*1000*1000	3200	700	1000	1000
100000000	260	0.0000000000	30	2700	250	40.0	3.0	14000	3200*1000*1000	3300	700	1000	1000
100000000	270	0.0000000000	30	2800	260	40.0	3.0	14500	3300*1000*1000	3400	700	1000	1000
100000000	280	0.0000000000	30	2900	270	40.0	3.0	15000	3400*1000*1000	3500	700	1000	1000
100000000	290	0.0000000000	30	3000	280	40.0	3.0	15500	3500*1000*1000	3600	700	1000	1000
100000000	300	0.0000000000	30	3100	290	40.0	3.0	16000	3600*1000*1000	3700	700	1000	1000
100000000	310	0.0000000000	30	3200	300	40.0	3.0	16500	3700*1000*1000	3800	700	1000	1000
100000000	320	0.0000000000	30	3300	310	40.0	3.0	17000	3800*1000*1000	3900	700	1000	1000
100000000	330	0.0000000000	30	3400	320	40.0	3.0	17500	3900*1000*1000	4000	700	1000	1000
100000000	340	0.0000000000	30	3500	330	40.0	3.0	18000	4000*1000*1000	4100	700	1000	1000
100000000	350	0.0000000000	30	3600	340	40.0	3.0	18500	4100*1000*1000	4200	700	1000	1000
100000000	360	0.0000000000	30	3700	350	40.0	3.0	19000	4200*1000*1000	4300	700	1000	1000
100000000	370	0.0000000000	30	3800	360	40.0	3.0	19500	4300*1000*1000	4400	700	1000	1000
100000000	380	0.0000000000	30	3900	370	40.0	3.0	20000	4400*1000*1000	4500	700	1000	1000
100000000	390	0.0000000000	30	4000	380	40.0	3.0	20500	4500*1000*1000	4600	700	1000	1000
100000000	400	0.0000000000	30	4100	390	40.0	3.0	21000	4600*1000*1000	4700	700	1000	1000
100000000	410	0.0000000000	30	4200	400	40.0	3.0	21500	4700*1000*1000	4800	700	1000	1000
100000000	420	0.0000000000	30	4300	410	40.0	3.0	22000	4800*1000*1000	4900	700	1000	1000
100000000	430	0.0000000000	30	4400	420	40.0	3.0	22500	4900*1000*1000	5000	700	1000	1000
100000000	440	0.0000000000	30	4500	430	40.0	3.0	23000	5000*1000*1000	5100	700	1000	1000
100000000	450	0.0000000000	30	4600	440	40.0	3.0	23500	5100*1000*1000	5200	700	1000	1000
100000000	460	0.0000000000	30	4700	450	40.0	3.0	24000	5200*1000*1000	5300	700	1000	1000
100000000	470	0.0000000000	30	4800	460	40.0	3.0	24500	5300*1000*1000	5400	700	1000	1000
100000000	480	0.0000000000	30	4900	470	40.0	3.0	25000	5400*1000*1000	5500	700	1000	1000
100000000	490	0.0000000000	30	5000	480	40.0	3.0	25500	5500*1000*1000	5600	700	1000	1000
100000000	500	0.0000000000	30	5100	490	40.0	3.0	26000	5600*1000*1000	5700	700	1000	1000
100000000	510	0.0000000000	30	5200	500	40.0	3.0	26500	5700*1000*1000	5800	700	1000	1000
100000000	520	0.0000000000	30	5300	510	40.0	3.0	27000	5800*1000*1000	5900	700	1000	1000
100000000	530	0.0000000000	30	5400	520	40.0	3.0	27500	5900*1000*1000	6000	700	1000	1000
100000000	540	0.0000000000	30	5500	530	40.0	3.0	28000	6000*1000*1000	6100	700	1000	1000
100000000	550	0.0000000000	30	5600	540	40.0	3.0	28500	6100*1000*1000	6200	700	1000	1000
100000000	560	0.0000000000	30	5700	550	40.0	3.0	29000	6200*1000*1000	6300	700	1000	1000
100000000	570	0.0000000000	30	5800	560	40.0	3.0	29500	6300*1000*1000	6400	700	1000	1000
100000000	580	0.0000000000	30	5900	570	40.0	3.0	30000	6400*1000*1000	6500	700	1000	1000
100000000	590	0.0000000000	30	6000	580	40.0	3.0	30500	6500*1000*1000	6600	700	1000	1000
100000000	600	0.0000000000	30	6100	590	40.0	3.0	31000	6600*1000*1000	6700	700	1000	1000
100000000	610	0.0000000000	30	6200	600	40.0	3.0	31500	6700*1000*1000	6800	700	1000	1000
100000000	620	0.0000000000	30	6300	610	40.0	3.0	32000	6800*1000*1000	6900	700	1000	1000
100000000	630	0.0000000000	30	6400	620	40.0	3.0	32500	6900*1000*1000	7000	700	1000	1000
100000000	640	0.0000000000	30	6500	630	40.0	3.0	33000	7000*1000*1000	7100	700	1000	1000
100000000	650	0.0000000000	30	6600	640	40.0	3.0	33500	7100*1000*1000	7200	700	1000	1000
100000000	660	0.0000000000	30	6700	650	40.0	3.0	34000	7200*1000*1000	7300	700	1000	1000
100000000	670	0.0000000000	30	6800	660	40.0	3.0	34500	7300*1000*1000	7400	700	1000	1000
100000000	680	0.0000000000	30	6900	670	40.0	3.0	35000	7400*1000*1000	7500	700	1000	1000
100000000	690	0.0000000000	30	7000	680	40.0	3.0	35500	7500*1000*1000	7600	700	1000	1000
100000000	700	0.0000000000	30	7100	690	40.0	3.0	36000	7600*1000*1000	7700	700	1000	1000
100000000	710	0.0000000000	30	7200	700	40.0	3.0	36500	7700*1000*1000	7800	700	1000	1000
100000000	720	0.0000000000	30	7300	710	40.0	3.0	37000	7800*1000*1000	7900	700	1000	1000
100000000	730	0.0000000000	30	7400	720	40.0	3.0	37500	7900*1000*1000	8000	700	1000	1000
100000000	740	0.0000000000	30	7500	730	40.0	3.0	38000	8000*1000*1000	8100	700	1000	1000
100000000	750	0.0000000000	30	7600	740	40.0	3.0	38500	8100*1000*1000	8200	700	1000	1000
100000000	760	0.0000000000	30	7700	750	40.0	3.0	39000	8200*1000*1000	8300	700	1000	1000
100000000	770	0.0000000000	30	7800	760	40.0	3.0	39500	8300*1000*1000	8400	700	1000	1000
100000000	780	0.0000000000	30	7900	770	40.0	3.0	40000	8400*1000*1000	8500	700	1000	1000
100000000	790	0.0000000000	30	8000	780	40.0	3.0	40500	8500*1000*1000	8600	700	1000	1000
100000000	800	0.0000000000	30	8100	790	40.0	3.0	41000	8600*1000*1000	8700	700	1000	1000
100000000	810	0.0000000000	30	8200	800	40.0	3.0	41500	8700*1000*1000	8800	700	1000	1000
100000000	820	0.0000000000	30	8300	810	40.0	3.0	42000	8800*1000*1000	8900	700	1000	1000
100000000	830	0.0000000000	30	8400	820	40.0	3.0	42500	8900*1000*1000	9000	700	1000	1000
100000000	840	0.0000000000	3										

3.1.14 Secadero

El secado es realizado mediante un secadero rotatorio, que mediante la recirculación de aire caliente dentro del horno se consigue secar el material hasta un 0,1% de humedad, en la *Figura A.3.1.14.1* se puede observar el horno seleccionado para el secado, teniendo en cuenta el apartado “1.9 Balance de materia al secadero”. El funcionamiento del secado es muy sencillo, mediante la acción del motor el secadero hace rotaciones sobre su eje y con el aire caliente que pasa por dentro secan el material.



Figura A.3.1.14.1 Secadero rotatorio.

En la *Tabla A.3.1.14.1* se puede observar las características del secador rotatorio

Tabla A.3.1.14.1 Especificaciones del secador.

Marca	FTM
Modelo	φ1,5x15
Producción (t/h)	5,3-6,6
Dimensiones (m)	1,5x15
Potencia (kW)	15
Precio (€)	8.600

A continuación se muestra en la **Figura A.3.1.14.2** el catálogo fornecido por el proveedor.

规格 Spec./m (直径×长度) (Dia.×Length)	筒体容积 Shell Cubage (m ³)	生产能力 Capacity (t/h)	安装斜度 Installation Obliquity (%)	最高进气温度 Highest Inlet Air Temperature (°C)	主电动机 Main Motor (kw)	总重量 Weight (t)
Φ1.2×8.0	9.0	1.9~2.4	3~5	700~800	7.5	9
Φ1.2×10	11.3	2.4~3.0	3~5	700~800	7.5	11
Φ1.5×12	21.2	4.5~5.7	3~5	700~800	15	18.5
Φ1.5×14	24.7	5.3~6.6	3~5	700~800	15	19.7
Φ1.5×15	26.5	5.7~7.1	3~5	700~800	15	20.5
Φ1.8×12	30.5	6.5~8.1	3~5	700~800	18.5	21.5
Φ1.8×14	35.6	7.6~9.5	3~5	700~800	18.5	23
Φ2.2×12	45.6	9.7~12.2	3~5	700~800	22	33.5
Φ2.2×14	53.2	11.4~14.2	3~5	700~800	22	36
Φ2.2×16	60.8	13.0~16.2	3~5	700~800	22	38
Φ2.4×14	63.3	13.5~16.9	3~5	700~800	37	45
Φ2.4×18	81.4	17.4~21.7	3~5	700~800	37	49
Φ2.4×20	90.4	19.3~24.1	3~5	700~800	45	54
Φ2.4×22	99.5	21.2~26.5	3~5	700~800	45	58
Φ2.6×24	127.4	27.2~34.0	3~5	700~800	55	73
Φ3.0×20	141.3	30.1~37.7	3~5	700~800	75	85
Φ3.0×25	176.6	37.7~47.1	3~5	700~800	75	95
Φ3.2×25	201	42.9~53.6	3~5	700~800	90	110
Φ3.6×28	285	60.8~76.0	3~5	700~800	160	135

Figura A.3.1.14.2 Catálogo secadero rotatorio.

3.1.15 Bombas

Como se calculó en el apartado “1.11.2 Cálculo de la potencia de las bombas para propulsar las suspensiones” en las Tablas A.3.1.15.1 a A.3.1.15.3 se muestran las tres bombas que serán necesarias en la instalación.

Tabla A.3.1.15.2 Especificaciones de la bomba tramo 4.

Marca	FINDER POMPE
Modelo	Serie N8-F
Producción (l/h)	12300
Dimensiones (cm)	55x90x1850
Potencia (kW)	4,1
Precio (€)	722,00

Tabla A.3.1.15.3 Especificaciones de la bomba tramo 7.

Marca	FINDER POMPE
Modelo	Serie N9-F
Producción (l/h)	26400
Dimensiones (cm)	75x120x2400
Potencia (kW)	11,1
Precio (€)	1370,42

Tabla A.3.1.15.1 Especificaciones de la bomba tramo 15.

Marca	FINDER POMPE
Modelo	Serie N8-F
Producción (l/h)	9000
Dimensiones (cm)	55x90x1850
Potencia (kW)	4,1
Precio (€)	430,00

3.2 Cálculo del coste de los equipos

En este apartado se desarrolla el coste total referido a todos los equipos previamente mencionados en el apartado anterior “3.1 Coste de los equipos de la línea de proceso de flotación”. En la *Tabla A.3.2.1* y *Tabla A.3.2.2* se observa la cantidad de equipos y su precio de forma resumida.

Tabla A.3.2.1 Resumen precios maquinaria.

Coste maquinaria			
Maquinaria	Cantidad	Precio unitario (€/u) (€/m)*	Coste (€)
Báscula	1	72.000,00	72.000,00
Pala cargadora	1	150.000,00	150.000
Tolvas	2	5.000,00	10.000
Cinta transportadora	52	228,69	11.831,88

A continuación se muestra la continuación de la **Tabla A.3.2.2**

Tabla A.3.2.2 Continuación resumen precios maquinaria.

Maquinaria	Cantidad	Precio unitario (€/u) (€/m)*	Coste (€)
Triturador primario	1	4139,04	4139,04
Molino de bolas	1	30.180,50	30.180,50
Depósito de agua	1	3.000,00	3.000,00
Tanque de acondicionamiento	1	12.000,00	12.000,00
Primera celda	1	33.800,00	33.800,00
Segunda celda	1	25.400,00	25.400,00
Columna de flotación	1	14.500,00	14.500,00
Tanque de lavado	1	12.000,00	12.000,00
Filtro prensa	1	8.200,00	8.200,00
Secador	1	8.600,00	8.600,00
Bomba 1	1	722,00	722,00
Bomba 2	1	1370,42	1370,42
Bomba 3	1	430,00	430,00
Total		398.173,84	

El coste total de los equipos que son necesarios para llevar a cabo el proceso de flotación para la obtención de la mica es de **398.173,84 €**.

3.3 Cálculo del personal de trabajo

Para llevar a cabo de una forma óptima el proceso de flotación, es necesario un total de 11 personas, en base a la bibliografía [13].

En la siguiente **Tabla A.3.3.1** se recogen los costes anuales destinados al pago de los salarios de los trabajadores. Se presentan tanto salarios brutos como netos, teniendo en cuenta el cobro de los impuestos relativos a la Seguridad Social, IRPF... Siendo estos un promedio del 28%. El coste anual incluye 11 mensualidades.

Tabla A.3.3.1 Coste percibido como salarios.

COSTE SALARIOS				
Cargo	Nº empleados	Salario bruto (€/mes)	Salario neto (€/mes)	Coste anual (€/a)
Gerente	1	3.840	3.000	53.760
Técnico	2	2.432	1.900	102.144
Peón	3	1.408	1.100	59.136
Mantenimiento	3	1.664	1.300	46.592
Limpieza	2	1.408	1.100	39.424
Coste de los salarios				301.056,00

Se tiene un gasto anual de **301.056,00 €** en los salarios de los empleados de la planta.

3.4 Cálculo del coste de consumo eléctrico

En este apartado se calcula el coste del consumo eléctrico de cada equipo teniendo en cuenta las horas de uso de cada máquina y equipo, ya que no todas funcionan las mismas horas, pero sí un total de 7 días a la semana. También se tiene en cuenta que el kWh está a un precio de 0,253€, sabiendo estos datos se construye la **Tabla A.3.4.1** que presenta los costes anuales por el consumo eléctrico de la planta.

Tabla A.3.4.1 Coste eléctrico anual de la maquinaria.

COSTE ELÉCTRICO MAQUINARIA				
Maquinaria	Potencia (kW)	kWh/día	kWh/año	Consumo (€)
Cinta transportadora	3,68/10 m	397,44	145.065,6	36.701,60
Triturador	11	176	64.240	16.252,72
Molino de bolas	280	5600	2.044.000	517.132,00
Tanque de acondicionamiento	22,5	450	164.250	41.555,25

Enseguida se muestra la continuación de la **Tabla A.3.2.1.1**.

Tabla A.3.2.1.1 Continuación del coste eléctrico anual de la maquinaria.

Maquinaria	Potencia (kW)	kWh/día	kWh/año	Consumo (€)
Primera celda	15	300	109.500	27.703,5
Segunda celda	11	220	80.300	20.315,90
Columna de flotación	30	600	219.000	55.407,00
Tanque de lavado	22,5	450	164.250	41.555,25
Filtro prensa	2.2	44	16.060	4.063,18
Secador	15	315	114.975	29.088,68
Bomba 1	4,1	82	29.930	7.572,29
Bomba 2	4,1	82	29.930	7.572,29
Bomba 3	11,1	222	81.030	20.500,59
Total			3.262.530,60	825.420,25

Por lo tanto, se tiene un gasto de **825.420,25 €** anuales asociados al coste eléctrico.

3.5 Cálculo del coste de consumo de agua

Para conocer el consumo total de agua hay que tener en cuenta el consumo de agua destinado al consumo personal como para duchas, aseos, etc. También hay que tener en cuenta el agua calculada en el apartado “1.8 Balance de materia al tanque de agua”.

Respecto al consumo de agua personal se estima que cada trabajador consume en media un total de 120 L/día, teniendo en cuenta que hay un total de 11 trabajadores. En la **Tabla A.3.5.1** se resumen los cálculos realizados para el coste del consumo de agua, tanto diarios como anuales teniendo en cuenta que el precio medio del agua en España es de un total de 1,91€/m³.

Tabla A.3.5.1 Coste de agua anual de la maquinaria y personal.

COSTE DEL AGUA			
Elemento	m ³ /día	m ³ /año	Consumo (€)
Maquinaria	220	80.300	153.373,00
Personal	1,68	613,20	1.171,21
Total			154.544,21

Por lo tanto, se tiene un gasto de **154.544,21 €** anuales asociados al coste del agua.

3.6 Cálculo del coste de la materia prima y aditivos

En este apartado se calcula el coste de la materia prima teniendo en cuenta, la materia prima y los reactivos necesarios para la flotación, en la **Tabla A.3.6.1** coste de la materia prima.

Tabla A.3.6.1 Coste de la materia prima y aditivos.

COSTE DE LA MATERIA PRIMA Y ADITIVOS				
Elemento	Precio (€/t)	t/día	t/año	Consumo (€/año)
Materia prima	100,00	100	36.500	3.650.000,00
Ácido sulfúrico	2.290	0,366	133,59	305.921,10
E139	2.250	0,1	36,5	82.125,00
Total				4.038.046,10

Por lo tanto, se tiene un gasto de **4.038.046,10 €** anuales asociados al coste de la materia prima y de los aditivos.

3.7 Cálculo del coste de las conducciones y accesorios

Para el cálculo del coste de la red de conducciones se dispone de la siguiente información:

- Tuberías para agua (Diámetro $\in [0,2-0,4]$ m): 60 €/m
- Tuberías fluidos de alta viscosidad o resistencia (Diámetro $> 0,4$ m): 100 €/m

La longitud de las tuberías son calculadas mediante la ayuda de los planos y explicadas en el apartado del documento “2. Memoria” y el punto “8.13. Conducciones”. En la **Tabla A.3.7.1** se muestra la inversión de conducciones.

Tabla A.3.7.1. Inversión en red de conducciones detallada.

INVERSIÓN EN RED DE CONDUCCIONES (I _C)			
Elemento	Longitud (m)	Precio (€/m)	Coste (€)
Tuberías de agua (D ∈ [0,2-0,4] m)	97,16	60	5.829,60
Tuberías de la mezcla (D > 0,4m)	115,22	100	11.522,00
Inversión en red de conducciones			17.351,60

Se tiene una inversión en la red de conducciones de **17.351,60 €**.

3.8 Amortización de los equipos

Para conocer la amortización de los equipos hace falta conocer la vida útil de la maquinaria. Para todos los equipos la vida útil es de aproximadamente 15 años.

$$\text{Amortización equipos} = \frac{398.173,84}{15} = 26.544,92 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

La amortización total de los equipos es de **26.544,92 €** por año.

3.9 Otros gastos

En este apartado se tiene en cuenta el gasoil gastado por la pala cargadora y las bolas de alúmina como previamente calculados, también se añade los precios de las bolsas para almacenar el producto acabado. En la **Tabla A.3.9.1** se resumen los otros gastos.

Tabla A.3.9.1 Coste de otros gastos.

Elemento	Cantidad	Precio unitario (€/u) (€/m)*	Coste (€/año)
Bolas de alúmina + desgaste	112.094	1,5	168.141,00
Gasóleo pala cargadora	720 L	1,363	985,68
Bolsas	8.300,1	4,8	39.840,48
Total			208.967,16

Por lo tanto, se tiene un gasto de **208.967,16 €** anuales asociados a otros gastos.

3.10 Ingresos totales

Así pues, se detalla a continuación la principal fuente de ingreso de la planta, ésta proviene de la venta de la mica flotada en forma de polvo seco. Se tiene en cuenta que el precio establecido del mercado de la venta de la mica molida en húmedo como se especifica en el apartado “3.1 Mica” del documento “2. Memoria”, tiene un precio alrededor de los 552,075 € por tonelada. En la **Tabla A.3.10.1** se muestra el ingreso anual teniendo en cuenta el apartado mencionado anteriormente y el apartado “1.10 Balance de materia de la mica” de este mismo documento.

Tabla A.3.10.1 Ingresos totales.

Ingresos totales				
Elemento	Precio (€/t)	t/día	t/año	Venta (€/año)
Mica en polvo	552,075	29,29	10.690,85	5.902.159,50
Total				5.902.159,50

Por lo tanto, se tiene un ingreso total de **5.902.159,50 €** anuales asociados a la venta de la mica flotada.

4. Anexo III. Estudio de seguridad y salud de impacto ambiental

Conforme la Ley 31/1995 de prevención de riesgos laborales, con carácter obligatorio, se establece una evaluación de prevención de los riesgos laborales, con esta evaluación se puede establecer unas medidas correctoras que ofrezcan garantías de seguridad sobre los posibles riesgos identificados en la evaluación, las consecuencias que podrían ser ocasionada por estos riesgos y sus posibles daños.

La metodología para la evaluación consiste en aplicar las cuatro etapas siguientes:

1. Obtención de información (Tipo de proceso, materias primas, equipos, etc)
2. La identificación de los riesgos
3. La valoración de los riesgos
4. La priorización en la implantación de las medidas preventivas y correctoras o el plan de acción.

Uno de los métodos más utilizados y propuesto por la Ley 31/1995, es el método general de valoración de riesgos del INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo), el método del INSHT será el método utilizado en este estudio. El método del INSHT establece un índice de tolerabilidad asignándoles uno de los niveles de riesgos que se muestran en la **Tabla A.4.1**. En este método se utiliza la siguiente valoración.

❖ Consecuencias del daño:

- **Leve:** Daños superficiales, molestias, irritación, etc.
- **Importante:** Quemaduras, torceduras, asma, etc.
- **Serio:** Amputaciones, lesiones múltiples, cáncer, etc.

❖ Probabilidad de que ocurra:

- **Poco posible:** Se sabe que ha pasado en alguna parte.
- **Posible:** Secuencia rara, pero posible.
- **Casi seguro:** Es el resultado más probable.

En la **Tabla A.4.1** se muestra el índice de tolerabilidad del método INSHT.

Tabla A.4.1 Índice de tolerabilidad del método INSHT.

		Consecuencias		
		Leve	Importante	Serio
Probabilidad de que ocurra	Poco posible	Trivial T	Tolerable TO	Moderado M
	Posible	Tolerable TO	Moderado M	Importante I
	Casi seguro	Moderado M	Importante I	Intolerable IN

Los niveles de riesgos indicados en la **Tabla A.4.1**, forman la base para decidir si se requiere mejorar los controles existentes o implantar nuevos, así como la temporización de las acciones. En seguida se muestra una serie de criterios sugeridos como punto de partida para la toma de decisiones, e incluye los esfuerzos precisos para el control de los riesgos y la urgencia con la que deben adoptarse las medidas de control, que deben ser proporcionales al riesgo.

- ❖ Trivial (T): No se requiere acción preventiva.
- ❖ Tolerable (TO): No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficiencia de las medidas de control.
- ❖ Moderado (M): Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un período determinado. Cuando el riesgo moderado está asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará un acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.
- ❖ Importante (I): No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el

riesgo corresponda a un trabajo que está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados. Es decir, se

- ❖ Intolerable (IN): No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo.

En la **Tabla A.4.2** se resumen los criterios para la decisión de las medidas preventivas.

Tabla A.4.2 Resumen de los criterios para la decisión de las medidas preventivas.

Riesgo	Acción y temporización
Trivial (T)	No se requiere acción preventiva
Tolerable (TO)	Reducir el riesgo con soluciones económicas
Moderado (M)	Implantación de medidas a corto plazo. Medidas de control periódico.
Importante (I)	Se debe reducir el riesgo, aun con grandes recursos. Deben implantarse plazos de aplicación muy cortos.
Intolerable (IN)	Paralización del trabajo. Si no se reduce el riesgo: Trabajo prohibido.

Una vez explicado el método que será utilizado se enumeran los riesgos que se consideran posibles en esta obra.

Caída de personas a distinto nivel (01):

El tanque de agua está a una cierta altura. El equipo de flotación columnar tiene su propia altura como algunos otros equipos, por lo que si el operario tuviera que arreglar algo en altura podría producirse una caída a distinto nivel.

Caída de personas al mismo nivel (02):

Este riesgo se presenta cuando existen en el suelo obstáculos o sustancias que puedan provocar una caída por tropiezo o resbalón.

Caída de objetos por desplome o derrumbamiento (03):

El riesgo existe por la posibilidad de desplome o derrumbamiento.

Caída de objetos en manipulación (04):

Posibilidad de caída de objetos o materiales durante la ejecución de trabajos o en operaciones de transporte y elevación por medios manuales o mecánicos.

Choques y golpe contra objetos móviles (08):

Posibilidad de recibir un golpe por parte partes móviles de maquinaria fija y objetos o materiales en manipulación o transporte.

Contactos térmicos (15):

Riesgo de quemaduras por contacto con superficies calientes como la del secadero.

Contactos eléctricos (16):

Riesgo de daños por descarga eléctrica al entrar en contacto con algún elemento sometido a tensión eléctrica.

Exposición a sustancias nocivas o tóxicas (17):

Riesgo de exposición a sustancias disponibles y utilizadas en la planta como el ácido sulfúrico o el CustAmine E139.

Contacto con sustancias cáusticas o corrosivas (18):

Riesgo de exposición a sustancias disponibles y utilizadas en la planta como el ácido sulfúrico o el CustAmine E139.

Exposición al ruido (24):

La exposición al ruido ocasionados por la maquinaria como por ejemplo la trituración primaria, el molino de bolas o la propia flotación.

Una vez definidos los códigos más importantes e influyentes en el proyecto, se puede aplicar el método del INSHT. En la **Tabla A.4.3** muestra la evaluación de los riesgos.

Tabla A.4.3 Resumen de los criterios para la decisión de las medidas preventivas.

Código	Probabilidad	Consecuencia	Tolerancia
01	Poco posible	Serio	Moderado
02	Poco posible	Importante	Tolerable
03	Posible	Importante	Moderado
04	Poco posible	Importante	Tolerable
08	Poco posible	Importante	Tolerable
15	Posible	Importante	Moderado
16	Poco posible	Serio	Moderado
17	Posible	Serio	Importante
18	Posible	Serio	Importante
24	Posible	Importante	Moderado

Respecto a los resultados obtenidos en la tabla anterior, se debe de actuar en cada uno de los riesgos enumerados. Las medidas correctoras que se llevan a cabo se describen posteriormente a cada uno de los riesgos.

Caída de personas a distinto nivel (01):

Se mantendrá actualizada la formación, volviéndo a impartir cuando se considere necesario.

Se incluirán medidas de seguridad y protección necesarias y suficientes para cada área de trabajo, considerando las colectivas como barandillas, redes de seguridad e individuales como arneses de seguridad. Las personas deberán utilizar cinturón de seguridad al trabajar a distinto nivel.

Si nos referimos a escalares manuales, estas deberán ser preferiblemente metálicas y estar colocadas de forma inclinada, siempre sobrepasando 1 metro del punto de apoyo superior.

Usar calzado de seguridad categoría SIP homologado (marcado “CE”) o superior

Caída de personas al mismo nivel (02):

Se mantendrá actualizada la formación, volviéndolo a impartir cuando se considere necesario.

Se mantendrá el orden y la limpieza de la sección

Mantener las zonas de circulación y las salidas convenientemente señalizadas y libres de obstáculos respetando la anchura de los mismos para facilitar, a medida de lo posible, el paso simultáneo de las personas y equipos de transporte de cargas, también prevenir los golpes contra objetos y las caídas, respetando siempre una distancia de seguridad.

Usar calzado de seguridad categoría SIP homologado (marcado “CE”) o superior

Caída de objetos por desplome o derrumbamiento (03):

Cuando se esté realizando la carga y descarga de la materia prima, no situarse debajo de cargas suspendidas ni en la proximidad de las mismas.

Evitar golpear sobre la base de estanterías, armarios o cualquier otro mueble que pueda ocasionar un desplome o derrumbamiento.

No permanecer ni circular por debajo de zonas en las que haya personal trabajando.

Caída de objetos en manipulación (04):

Las operaciones de manipulación de objetos deben estar correctamente planificadas, vigiladas y efectuadas con todas las medidas posibles y EPIs.

Evitar la manipulación de los equipos de transporte con las manos o el calzado húmedo, ni en superficies deslizantes o irregulares.

Choques y golpe contra objetos móviles (08):

Los desplazamientos se realizan a una velocidad lenta y moderada, para que no haya riesgo de visión de túnel.

Control del orden en el entorno de trabajo.

Extrema precaución en pasillos que impliquen giros con escasa o nula visibilidad, así como en las salidas y entradas del recinto.

Cuidado extremo al atravesar puertas de tipo vaivén y especialmente si se circula detrás de otras personas.

Contactos térmicos (15):

El operario deberá llevar los EPI 's adecuados (en este caso particular son los guantes) cuando esté manipulando el secadero.

Contactos eléctricos (16):

El operario responsable de manipular elementos eléctricos deberá estar formado para ello, con los cursos o formación que ello conlleve.

Uso de herramientas eléctricas portátiles con sistema de protección mediante doble aislamiento.

Mantener actualizado el registro de EPI 's.

Exposición a sustancias nocivas o tóxicas (17):

Mantener actualizado el registro de entrega de EPI 's.

Se mantendrá actualizada la formación, volviéndolo a impartir cuando se considere necesario.

Cumplir las recomendaciones preventivas sobre la exposición a contaminantes químicos.

Usar guantes de seguridad con resistencia a químicos homologados /marcado “CE”) y otros equipos que sean necesarios

Mantener actualizadas las fichas de seguridad de los productos empleados y permitir a los trabajadores, o a sus representantes, el acceso a las mismas.

Contacto con sustancias cáusticas o corrosivas (18):

Mantener actualizado el registro de entrega de EPI 's.

Se mantendrá actualizada la formación, volviéndolo a impartir cuando se considere necesario.

Usar guantes de seguridad con resistencia a químicos homologados (marcado “CE”) y otros equipos que sean necesarios.

Cumplir las recomendaciones preventivas sobre la exposición a contaminantes químicos.

Mantener actualizadas las fichas de seguridad de los productos empleados y permitir a los trabajadores, o a sus representantes, el acceso a las mismas.

Exposición al ruido (24):

Los operarios dispondrán de tapones para los oídos cuando lo requieran.

Cumplir las recomendaciones preventivas sobre la exposición a ruido.

Teniendo en cuenta todas las medidas correctoras mencionadas anteriormente se puede actuar en la planta de flotación siendo necesaria su revisión periódica para el correcto funcionamiento de la misma.

4.1 Fichas técnicas y de seguridad de los productos

Como indica el propio nombre del apartado fichas técnicas y de seguridad de los productos, en este apartado se enseñan todas las fichas técnicas de la materia prima y de los aditivos.

4.1.1 Ficha técnica del CustAmine E139



SAFETY DATA SHEET

1. Identification

Product identifier CustAmine® E139

Other means of identification
Product Code ZN81139

Recommended use Not available.

Recommended restrictions None known.

Manufacturer/Importer/Supplier/Distributor information

Manufacturer

Company name ArrMaz
Address 4800 State Road 60 East
 Mulberry, FL 33860
 United States

Telephone EHS Contact Phone + (1)-(863) 578-1221
 Number (US):

E-mail MSDSinfo@armaz.com

Emergency phone number CANUTECH (Canadian
 Transport.): + (1)-(613) 996-6666
 CHEMTREC (US
 Transportation): + (1)-(800) 424-9300
 ArrMaz QA 24-hr Number + (1)-(863) 578-1206
 (US):

2. Hazard(s) identification

Physical hazards Not classified.

Health hazards Acute toxicity, oral Category 4
 Skin corrosion/irritation Category 1B
 Serious eye damage/eye irritation Category 1
 Specific target organ toxicity, repeated exposure Category 1

Environmental hazards Hazardous to the aquatic environment, acute hazard Category 1
 Hazardous to the aquatic environment, long-term hazard Category 1

OSHA defined hazards Not classified.

Label elements



Signal word Danger

Hazard statement Harmful if swallowed. Causes severe skin burns and eye damage. Causes serious eye damage. Causes damage to organs through prolonged or repeated exposure. Very toxic to aquatic life. Very toxic to aquatic life with long lasting effects.

Precautionary statement

Prevention Do not breathe mist or vapor. Wash thoroughly after handling. Do not eat, drink or smoke when using this product. Avoid release to the environment. Wear protective gloves/protective clothing/eye protection/face protection.

Response If swallowed: Rinse mouth. Do NOT induce vomiting. If on skin (or hair): Take off immediately all contaminated clothing. Rinse skin with water/shower. If inhaled: Remove person to fresh air and keep comfortable for breathing. If in eyes: Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing. Immediately call a poison center/doctor. Wash contaminated clothing before reuse. Collect spillage.

Material name: CustAmine® E139
 ZN81139 Version #: 02 Revision date: 08-06-2018 Issue date: 06-28-2017

906 US
 1 / 8

Figura A.4.1.1.1 Ficha técnica CustAmine E139 (Página 1).

Storage	Store locked up.
Disposal	Dispose of contents/container in accordance with local/regional/national/international regulations.
Hazard(s) not otherwise classified (HNOC)	None known.
Supplemental information	25% of the mixture consists of component(s) of unknown acute inhalation toxicity.

3. Composition/information on ingredients

Mixtures

Chemical name	Common name and synonyms	CAS number	%
Tallowamine acetate and Tallow Diamine acetate		Proprietary	60 - 100
Other components below reportable levels			80

*Designates that a specific chemical identity and/or percentage of composition has been withheld as a trade secret.

4. First-aid measures

Inhalation	Move to fresh air. Call a physician if symptoms develop or persist.
Skin contact	Take off immediately all contaminated clothing. Wash off immediately with soap and plenty of water. Wash off immediately with plenty of water. Chemical burns must be treated by a physician. Wash contaminated clothing before reuse.
Eye contact	Immediately flush eyes with plenty of water for at least 15 minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing. Call a physician or poison control center immediately.
Ingestion	Call a physician or poison control center immediately. Rinse mouth. Do not induce vomiting. If vomiting occurs, keep head low so that stomach content doesn't get into the lungs.
Most important symptoms/effects, acute and delayed	Burning pain and severe corrosive skin damage. Causes serious eye damage. Symptoms may include stinging, tearing, redness, swelling, and blurred vision. Permanent eye damage including blindness could result. Prolonged exposure may cause chronic effects.
Indication of immediate medical attention and special treatment needed	Provide general supportive measures and treat symptomatically. Chemical burns: Flush with water immediately. While flushing, remove clothes which do not adhere to affected area. Call an ambulance. Continue flushing during transport to hospital. Keep victim warm. Keep victim under observation. Symptoms may be delayed.
General information	If you feel unwell, seek medical advice (show the label where possible). Ensure that medical personnel are aware of the material(s) involved, and take precautions to protect themselves. Show this safety data sheet to the doctor in attendance.

5. Fire-fighting measures

Suitable extinguishing media	Water fog. Foam. Dry chemical powder. Carbon dioxide (CO2).
Unsuitable extinguishing media	Do not use water jet as an extinguisher, as this will spread the fire.
Specific hazards arising from the chemical	During fire, gases hazardous to health may be formed.
Special protective equipment and precautions for firefighters	Self-contained breathing apparatus and full protective clothing must be worn in case of fire.
Fire fighting equipment/instructions	Move containers from fire area if you can do so without risk.
Specific methods	Use standard firefighting procedures and consider the hazards of other involved materials.

6. Accidental release measures

Personal precautions, protective equipment and emergency procedures	Keep unnecessary personnel away. Keep people away from and upwind of spill/leak. Wear appropriate protective equipment and clothing during clean-up. Do not breathe mist or vapor. Do not touch damaged containers or spilled material unless wearing appropriate protective clothing. Ensure adequate ventilation. Local authorities should be advised if significant spillages cannot be contained. For personal protection, see section 8 of the SDS.
--	--

Figura A.4.1.1.2 Ficha técnica CustAmine E139 (Página 2).

Methods and materials for containment and cleaning up	<p>This product is miscible in water. This material is classified as a water pollutant under the Clean Water Act and should be prevented from contaminating soil or from entering sewage and drainage systems which lead to waterways.</p> <p>Large Spills: Stop the flow of material, if this is without risk. Dike the spilled material, where this is possible. Absorb in vermiculite, dry sand or earth and place into containers. Following product recovery, flush area with water.</p> <p>Small Spills: Wipe up with absorbent material (e.g. cloth, fleece). Clean surface thoroughly to remove residual contamination.</p>
Environmental precautions	<p>Never return spills to original containers for re-use. For waste disposal, see section 13 of the SDS.</p> <p>Avoid release to the environment. Inform appropriate managerial or supervisory personnel of all environmental releases. Prevent further leakage or spillage if safe to do so. Avoid discharge into drains, water courses or onto the ground.</p>
7. Handling and storage	
Precautions for safe handling	<p>Do not get in eyes, on skin, or on clothing. Do not taste or swallow. When using, do not eat, drink or smoke. Provide adequate ventilation. Wear appropriate personal protective equipment. Wash hands thoroughly after handling. Avoid release to the environment. Observe good industrial hygiene practices.</p>
Conditions for safe storage, including any incompatibilities	<p>Store locked up. Store in tightly closed container. Store away from incompatible materials (see Section 10 of the SDS).</p>
8. Exposure controls/personal protection	
Occupational exposure limits	<p>This mixture has no ingredients that have PEL, TLV, or other recommended exposure limit.</p>
Biological limit values	<p>No biological exposure limits noted for the ingredient(s).</p>
Appropriate engineering controls	<p>Good general ventilation (typically 10 air changes per hour) should be used. Ventilation rates should be matched to conditions. If applicable, use process enclosures, local exhaust ventilation, or other engineering controls to maintain airborne levels below recommended exposure limits. If exposure limits have not been established, maintain airborne levels to an acceptable level. Eye wash facilities and emergency shower must be available when handling this product.</p>
Individual protection measures, such as personal protective equipment	
Eye/face protection	<p>Chemical respirator with organic vapor cartridge and full facepiece.</p>
Skin protection	
Hand protection	<p>Wear appropriate chemical resistant gloves.</p>
Other	<p>Wear appropriate chemical resistant clothing. Use of an impervious apron is recommended.</p>
Respiratory protection	<p>Chemical respirator with organic vapor cartridge and full facepiece.</p>
Thermal hazards	<p>Wear appropriate thermal protective clothing, when necessary.</p>
General hygiene considerations	<p>Keep away from food and drink. Always observe good personal hygiene measures, such as washing after handling the material and before eating, drinking, and/or smoking. Routinely wash work clothing and protective equipment to remove contaminants.</p>
9. Physical and chemical properties	
Appearance	
Physical state	<p>Liquid.</p>
Form	<p>Liquid.</p>
Color	<p>Not available.</p>
Odor	<p>Not available.</p>
Odor threshold	<p>Not available.</p>
pH	<p>3.9 (5% dispersion in water)</p>
Melting point/freezing point	<p>Not available.</p>
Initial boiling point and boiling range	<p>Not available.</p>
Flash point	<p>> 220 °F (> 104 °C)</p>
Evaporation rate	<p>Not available.</p>
Flammability (solid, gas)	<p>Not applicable.</p>

Figura A.4.1.1.3 Ficha técnica CustAmine E139 (Página 3).

Upper/lower flammability or explosive limits		
Flammability limit - lower (%)	Not available.	
Flammability limit - upper (%)	Not available.	
Explosive limit - lower (%)	Not available.	
Explosive limit - upper (%)	Not available.	
Vapor pressure	Not available.	
Vapor density	Not available.	
Relative density	Not available.	
Solubility(ies)		
Solubility (water)	Dispersible in water.	
Partition coefficient (n-octanol/water)	Not available.	
Auto-ignition temperature	Not available.	
Decomposition temperature	Not available.	
Viscosity	< 50 cP	
Viscosity temperature	100 °F (38 °C)	
Other information		
Density	8.85 lbs/gal	
Explosive properties	Not explosive.	
Flammability class	Combustible IIIIB estimated.	
Oxidizing properties	Not oxidizing.	
Specific gravity	1.06	
10. Stability and reactivity		
Reactivity	The product is stable and non-reactive under normal conditions of use, storage and transport.	
Chemical stability	Material is stable under normal conditions.	
Possibility of hazardous reactions	Hazardous polymerization does not occur.	
Conditions to avoid	Keep away from heat, hot surfaces, sparks, open flames and other ignition sources. Contact with incompatible materials.	
Incompatible materials	Strong oxidizing agents.	
Hazardous decomposition products	No hazardous decomposition products are known.	
11. Toxicological information		
Information on likely routes of exposure		
Inhalation	May cause irritation to the respiratory system.	
Skin contact	Causes severe skin burns.	
Eye contact	Causes serious eye damage.	
Ingestion	Causes digestive tract burns. Harmful if swallowed.	
Symptoms related to the physical, chemical and toxicological characteristics	Burning pain and severe corrosive skin damage. Causes serious eye damage. Symptoms may include stinging, tearing, redness, swelling, and blurred vision. Permanent eye damage including blindness could result.	
Information on toxicological effects		
Acute toxicity	Harmful if swallowed.	
Components	Species	Test Results
Polypropylene Glycol Monobutyl Ether (CAS 9003-13-8)		
Acute		
Dermal		
LD50	Rabbit	21 g/kg
Skin corrosion/irritation	Causes severe skin burns and eye damage.	
Material name: CustAmine® E139		
ZNR1139 Version #: 02 Revision date: 08-06-2018 Issue date: 06-28-2017		
900 US 4 / 8		

Figura A.4.1.1.4 Ficha técnica CustAmine E139 (Página 4).

Serious eye damage/eye irritation	Causes serious eye damage.																					
Respiratory or skin sensitization																						
Respiratory sensitization	Not a respiratory sensitizer.																					
Skin sensitization	This product is not expected to cause skin sensitization.																					
Germ cell mutagenicity	No data available to indicate product or any components present at greater than 0.1% are mutagenic or genotoxic.																					
Carcinogenicity	Not classifiable as to carcinogenicity to humans.																					
IARC Monographs. Overall Evaluation of Carcinogenicity																						
Not listed.																						
OSHA Specifically Regulated Substances (29 CFR 1910.1001-1052)																						
Not regulated.																						
US. National Toxicology Program (NTP) Report on Carcinogens																						
Not listed.																						
Reproductive toxicity	This product is not expected to cause reproductive or developmental effects.																					
Specific target organ toxicity - single exposure	Not classified.																					
Specific target organ toxicity - repeated exposure	Causes damage to organs through prolonged or repeated exposure.																					
Aspiration hazard	Not an aspiration hazard.																					
Chronic effects	Causes damage to organs through prolonged or repeated exposure.																					
12. Ecological information																						
Ecotoxicity	Very toxic to aquatic life with long lasting effects.																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Components</th> <th>Species</th> <th>Test Results</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">Polypropylene Glycol Monobutyl Ether (CAS 9003-13-8)</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Aquatic</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Acute</td> </tr> <tr> <td>Fish</td> <td>LC50 Danio rerio</td> <td>78 - 139 mg/l, 96 hours</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Chronic</td> </tr> <tr> <td>Crustacea</td> <td>EC50 Daphnia magna</td> <td>> 100 mg/l, 48 hours</td> </tr> </tbody> </table>		Components	Species	Test Results	Polypropylene Glycol Monobutyl Ether (CAS 9003-13-8)			Aquatic			Acute			Fish	LC50 Danio rerio	78 - 139 mg/l, 96 hours	Chronic			Crustacea	EC50 Daphnia magna	> 100 mg/l, 48 hours
Components	Species	Test Results																				
Polypropylene Glycol Monobutyl Ether (CAS 9003-13-8)																						
Aquatic																						
Acute																						
Fish	LC50 Danio rerio	78 - 139 mg/l, 96 hours																				
Chronic																						
Crustacea	EC50 Daphnia magna	> 100 mg/l, 48 hours																				
Persistence and degradability	No data is available on the degradability of any ingredients in the mixture.																					
Bioaccumulative potential																						
Mobility in soil	No data available.																					
Other adverse effects	No other adverse environmental effects (e.g. ozone depletion, photochemical ozone creation potential, endocrine disruption, global warming potential) are expected from this component.																					
13. Disposal considerations																						
Disposal instructions	Collect and reclaim or dispose in sealed containers at licensed waste disposal site. Incinerate the material under controlled conditions in an approved incinerator. Do not allow this material to drain into sewers/water supplies. Do not contaminate ponds, waterways or ditches with chemical or used container. Dispose of contents/container in accordance with local/regional/national/international regulations.																					
Local disposal regulations	Dispose in accordance with all applicable regulations.																					
Hazardous waste code	D002: Waste Corrosive material (pH <=2 or >=12.5, or corrosive to steel) The waste code should be assigned in discussion between the user, the producer and the waste disposal company.																					
Waste from residues / unused products	Dispose of in accordance with local regulations. Empty containers or liners may retain some product residues. This material and its container must be disposed of in a safe manner (see: Disposal instructions).																					
Contaminated packaging	Since emptied containers may retain product residue, follow label warnings even after container is emptied. Empty containers should be taken to an approved waste handling site for recycling or disposal.																					
14. Transport information																						
DOT																						
UN number	UN2735																					
Material name: CustAmine® E139																						
ZNB1139	Version #: 02																					
Revision date: 08-06-2018	Issue date: 06-28-2017																					
SDS US																						
5 / 8																						

Figura A.4.1.1.5 Ficha técnica CustAmine E139 (Página 5).

UN proper shipping name	Amines, liquid, corrosive, n.o.s. (Contains Amines), MARINE POLLUTANT
Transport hazard class(es)	
Class	8
Subsidiary risk	-
Label(s)	8
Packing group	II
Environmental hazards	
Marine pollutant	Yes
Special precautions for user	Read safety instructions, SDS and emergency procedures before handling.
Special provisions	B2, IB2, T11, TP1, TP27
Packaging exceptions	154
Packaging non bulk	202
Packaging bulk	242
IATA	
UN number	UN2735
UN proper shipping name	Amines, liquid, corrosive, n.o.s. (Contains Amines)
Transport hazard class(es)	
Class	8
Subsidiary risk	-
Packing group	II
Environmental hazards	Yes
ERG Code	8L
Special precautions for user	Read safety instructions, SDS and emergency procedures before handling.
Other information	
Passenger and cargo aircraft	Allowed with restrictions.
Cargo aircraft only	Allowed with restrictions.
IMDG	
UN number	UN2735
UN proper shipping name	AMINES, LIQUID, CORROSIVE, N.O.S. (Contains Amines), MARINE POLLUTANT
Transport hazard class(es)	
Class	8
Subsidiary risk	-
Packing group	II
Environmental hazards	
Marine pollutant	Yes
EmS	F-A, S-B
Special precautions for user	Read safety instructions, SDS and emergency procedures before handling.
Transport in bulk according to Annex II of MARPOL 73/78 and the IBC Code	Not established.
DOT	



Figura A.4.1.1.6 Ficha técnica CustAmine E139 (Página 6).

IATA: IMDG



Marine pollutant



General information

IMDG Regulated Marine Pollutant. DOT Regulated Marine Pollutant.

15. Regulatory information

US federal regulations This product is a "Hazardous Chemical" as defined by the OSHA Hazard Communication Standard, 29 CFR 1910.1200.

TSCA Section 12(b) Export Notification (40 CFR 707, Subpt. D)

Not regulated.

CERCLA Hazardous Substance List (40 CFR 302.4)

Not listed.

SARA 304 Emergency release notification

Not regulated.

OSHA Specifically Regulated Substances (29 CFR 1910.1001-1052)

Not regulated.

Superfund Amendments and Reauthorization Act of 1986 (SARA)

SARA 302 Extremely hazardous substance

Not listed.

SARA 311/312 Hazardous chemical

Yes

Classified hazard categories

Acute toxicity (any route of exposure)
Skin corrosion or irritation
Serious eye damage or eye irritation
Specific target organ toxicity (single or repeated exposure)

SARA 313 (TRI reporting)

Not regulated.

Other federal regulations

Clean Air Act (CAA) Section 112 Hazardous Air Pollutants (HAPs) List

Not regulated.

Clean Air Act (CAA) Section 112(r) Accidental Release Prevention (40 CFR 68.130)

Not regulated.

Safe Drinking Water Act (SDWA)

Not regulated.

US state regulations

US, Massachusetts RTK - Substance List

Not regulated.

US, New Jersey Worker and Community Right-to-Know Act

Not listed.

Material name: CustAmine® E139
ZNB1139 Version #: 02 Revision date: 08-06-2018 Issue date: 06-28-2017

SDS US
7 / 8

Figura A.4.1.1.7 Ficha técnica CustAmine E139 (Página 7).

US. Pennsylvania Worker and Community Right-to-Know Law
Not listed.

US. Rhode Island RTK
Not regulated.

California Proposition 65
California Safe Drinking Water and Toxic Enforcement Act of 2016 (Proposition 65): This material is not known to contain any chemicals currently listed as carcinogens or reproductive toxins. For more information go to www.P65Warnings.ca.gov.

International Inventories

Country(s) or region	Inventory name	On inventory (yes/no)*
Australia	Australian Inventory of Chemical Substances (AICS)	Yes
Canada	Domestic Substances List (DSL)	Yes
Canada	Non-Domestic Substances List (NDSL)	No
China	Inventory of Existing Chemical Substances in China (IECSC)	Yes
Europe	European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (EINECS)	No
Europe	European List of Notified Chemical Substances (ELINCS)	No
Japan	Inventory of Existing and New Chemical Substances (ENCS)	No
Korea	Existing Chemicals List (ECL)	Yes
New Zealand	New Zealand Inventory	No
Philippines	Philippine Inventory of Chemicals and Chemical Substances (PICCS)	Yes
Taiwan	Taiwan Chemical Substance Inventory (TCSI)	Yes
United States & Puerto Rico	Toxic Substances Control Act (TSCA) Inventory	Yes

*A "Yes" indicates that all components of this product comply with the inventory requirements administered by the governing country(s).
A "No" indicates that one or more components of the product are not listed or exempt from listing on the inventory administered by the governing country(s).

16. Other information, including date of preparation or last revision

Issue date	06-28-2017
Revision date	08-06-2018
Version #	02
HMIS® ratings	Health: 3* Flammability: 1 Physical hazard: 0 Personal protection: X
NFPA ratings	Health: 3 Flammability: 1 Instability: 0
Disclaimer	ArrMaz cannot anticipate all conditions under which this information and its product, or the products of other manufacturers in combination with its product, may be used. It is the user's responsibility to ensure safe conditions for handling, storage and disposal of the product, and to assume liability for loss, injury, damage or expense due to improper use. The information provided in this Safety Data Sheet is correct to the best of our knowledge, information and belief at the date of its publication. The information given is designed only as a guidance for safe handling, use, processing, storage, transportation, disposal and release and is not to be considered a warranty or quality specification. The information relates only to the specific material designated and may not be valid for such material used in combination with any other materials or in any process, unless specified in the text.
Revision information	This document has undergone significant changes and should be reviewed in its entirety.

Material name: CustAmine® E139
ZNB1139 Version #: 02 Revision date: 08-06-2018 Issue date: 06-28-2017

305 US
8 / 8

Figura A.4.1.1.8 Ficha técnica CustAmine E139 (Página 8).

4.1.2 Ficha técnica del ácido sulfúrico

 Ficha de datos de seguridad según 1907/2006/CE (REACH), 453/2003/EC, 2015/830/EU ÁCIDO SULFÚRICO 98% 	
SECCIÓN 1: IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O LA MEZCLA Y DE LA SOCIEDAD O EMPRESA	
1.1 Identificador del producto:	ÁCIDO SULFÚRICO 98%
1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados:	Usos pertinentes: Modificador de pH; catalizador; producto intermedio. Uso exclusivo profesional. Usos desaconsejados: Todo aquel uso no especificado en este epígrafe ni en el epígrafe 7.3
1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad:	GERMÁN RODRÍGUEZ DROGAS INDUSTRIALES, S.A. (GERDISA) C/ La Pintura Nº 4. Polígono Industrial Miralcampo 19200 Azuqueca de Henares - Guadalajara - España Tfno.: 949 26 00 62 - Fax: 949 26 26 71 calidad@gerdisa.com www.gerdisa.com
1.4 Teléfono de emergencia:	949260062 (Disponible sólo en horas de oficina)
SECCIÓN 2: IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS	
2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla:	Reglamento nº1272/2008 (CLP): La clasificación de este producto se ha realizado conforme el Reglamento nº1272/2008 (CLP). Eye Dam. 1: Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318 Skin Corr. 1A: Corrosión cutánea, Categoría 1A, H314
2.2 Elementos de la etiqueta:	Reglamento nº1272/2008 (CLP): Peligro  Indicaciones de peligro: Skin Corr. 1A: H314 - Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves Consejos de prudencia: P260: No respirar el polvo/el humo/el gas/la niebla/los vapores/el aerosol P264: Lavarse concienzudamente tras la manipulación P280: Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección P301+P330+P331: EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito. P303+P361+P353: EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas. Aclararse la piel con agua/ducharse P304+P340: EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración. P305+P351+P338: EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando P310: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico Sustancias que contribuyen a la clasificación Acido sulfurico
2.3 Otros peligros:	No relevante
SECCIÓN 3: COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES	
3.1 Sustancia:	No aplicable
3.2 Mezclas:	Descripción química: No definida Componentes:

- CONTIENE EN LA SIGUIENTE PÁGINA -

Emisión: 28/04/2014 Revisión: 20/05/2015 Versión: 3 (sustituye a 2) **Página 1/10**

Figura A.4.1.2.1 Ficha técnica Ácido Sulfúrico (Página 1).



Ficha de datos de seguridad
según 1907/2006/CE (REACH), 453/2002/EC, 2015/830/EC

ÁCIDO SULFÚRICO 98%



SECCIÓN 3: COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES (continúa)

De acuerdo al Anexo II del Reglamento (CE) nº1907/2006 (punto 3), el producto presenta:

Identificación	Nombre químico/calificación	Concentración
ZAG: 7664-00-9 E: 231-638-1 Infr: 018-020-00-8 REACH: 01-11094818-01-000	Ácido sulfúrico Reglamento 1272/2008 Skin Cor. 1A: H314 - Peligro	ATP C1P80 75 - <100 %

Para ampliar información sobre la peligrosidad de las sustancias consultar los epígrafes 8, 11, 12, 15 y 16.

SECCIÓN 4: PRIMEROS AUXILIOS

4.1 Descripción de los primeros auxilios:

Requerir asistencia médica inmediata, mostrándole la FDS de este producto

Por inhalación:

Se trata de un producto que no contiene sustancias clasificadas como peligrosas por inhalación, sin embargo, en caso de síntomas de intoxicación sacar al afectado de la zona de exposición y proporcionarle aire fresco. Solicitar atención médica si los síntomas se agravan o persisten.

Por contacto con la piel:

Quitar la ropa y los zapatos contaminados, aclarar la piel o duchar al afectado si procede con abundante agua fría y jabón neutro. En caso de afección importante acudir al médico. Si el producto produce quemaduras o congelación, no se debe quitar la ropa debido a que podría empeorar la lesión producida si esta se encuentra pegada a la piel. En el caso de formarse ampollas en la piel, éstas nunca deben reventarse ya que aumentaría el riesgo de infección.

Por contacto con los ojos:

Enjuagar los ojos con abundante agua a temperatura ambiente al menos durante 15 minutos. Evitar que el afectado se frote o cierre los ojos. En el caso de que el accidentado use lentes de contacto, éstas deben retirarse siempre que no estén pegadas a los ojos, de otro modo podría producirse un daño adicional. En todos los casos, después del lavado, se debe acudir al médico lo más rápidamente posible con la FDS del producto.

Por ingestión/aspiración:

Requerir asistencia médica inmediata, mostrándole la FDS de este producto. No inducir al vómito, porque su expulsión del estómago puede provocar daños en la mucosa del tracto digestivo superior, y su aspiración, al respiratorio. Enjuagar la boca y la garganta, ya que existe la posibilidad de que hayan sido afectadas en la ingestión. En el caso de pérdida de consciencia no administrar nada por vía oral hasta la supervisión del médico. Mantener al afectado en reposo.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados:

Los efectos agudos y retardados son los indicados en las secciones 2 y 11.

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente:

No relevante

SECCIÓN 5: MEDIDAS DE LUCHAS CONTRA INCENDIOS

5.1 Medios de extinción:

Producto no inflamable bajo condiciones normales de almacenamiento, manipulación y uso. En caso de inflamación como consecuencia de manipulación, almacenamiento o uso indebido emplear preferentemente extintores de polvo polivalente (polvo ABC), de acuerdo al Reglamento de instalaciones de protección contra incendios (R.D. 1942/1993 y posteriores modificaciones). **NO SE RECOMIENDA** emplear agua a chorro como agente de extinción.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla:

Como consecuencia de la combustión o descomposición térmica se generan subproductos de reacción que pueden resultar altamente tóxicos y, consecuentemente, pueden presentar un riesgo elevado para la salud.

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios:

En función de la magnitud del incendio puede hacerse necesario el uso de ropa protectora completa y equipo de respiración autónoma. Disponer de un mínimo de instalaciones de emergencia o elementos de actuación (mantas ignífugas, botiquín portátil,...) conforme al R.D.486/1997 y posteriores modificaciones

Disposiciones adicionales:

Actuar conforme el Plan de Emergencia Interior y las Fichas Informativas sobre actuación ante accidentes y otras emergencias. Suprimir cualquier fuente de ignición. En caso de incendio, refrigerar los recipientes y tanques de almacenamiento de productos susceptibles a inflamación, explosión o BLEVE como consecuencia de elevadas temperaturas. Evitar el vertido de los productos empleados en la extinción del incendio al medio acuático.

- CONTIÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA -

Emisión: 28/04/2014

Revisión: 20/05/2015

Versión: 3 (sustituye a 2)

Página 2/10

Figura A.4.1.2.2 Ficha técnica Ácido Sulfúrico (Página 2).



Ficha de datos de seguridad
según 2007/2006/CE (REACH), 453/2009/EC, 2015/830/ESJ

ÁCIDO SULFÚRICO 98%



SECCIÓN 6: MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

- 6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia:**
Aislar las fugas siempre y cuando no suponga un riesgo adicional para las personas que desempeñen esta función. Ante la exposición potencial con el producto derramado se hace obligatorio el uso de elementos de protección personal (ver sección 8). Evacuar la zona y mantener a las personas sin protección alejadas.
- 6.2 Precauciones relativas al medio ambiente:**
Producto no clasificado como peligroso para el medioambiente. Mantener el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas.
- 6.3 Métodos y material de contención y de limpieza:**
Se recomienda:
Absorber el vertido mediante arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. No absorber en serrín u otros absorbentes combustibles. Para cualquier consideración relativa a la eliminación consultar la sección 13.
- 6.4 Referencias a otras secciones:**
Ver epígrafes 8 y 13.

SECCIÓN 7: MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

- 7.1 Precauciones para una manipulación segura:**
- A.- Precauciones generales
Cumplir con la legislación vigente en materia de prevención de riesgos laborales. Mantener los recipientes herméticamente cerrados. Controlar los derrames y residuos, eliminándolos con métodos seguros (sección 6). Evitar el vertido libre desde el recipiente. Mantener orden y limpieza donde se manipulen productos peligrosos.
- B.- Recomendaciones técnicas para la prevención de incendios y explosiones.
Producto no inflamable bajo condiciones normales de almacenamiento, manipulación y uso. Se recomienda trasvasar a velocidades lentas para evitar la generación de cargas electrostáticas que pudieran afectar a productos inflamables. Consultar la sección 10 sobre condiciones y materias que deben evitarse.
- C.- Recomendaciones técnicas para prevenir riesgos ergonómicos y toxicológicos.
Para control de exposición consultar la sección 8. No comer, beber ni fumar en las zonas de trabajo; lavarse las manos después de cada utilización, y despojarse de prendas de vestir y equipos de protección contaminados antes de entrar en las zonas para comer.
- D.- Recomendaciones técnicas para prevenir riesgos medioambientales
Se recomienda disponer de material absorbente en las proximidades del producto (ver epígrafe 6.3)
- 7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades:**
- A.- Medidas técnicas de almacenamiento
ITC (R.D.379/2001): MIE-APQ-6
Clasificación: b)
Tª mínima: 5 °C
Tª máxima: 30 °C
Tiempo máximo: 24 meses
- B.- Condiciones generales de almacenamiento.
Evitar fuentes de calor, radiación, electricidad estática y el contacto con alimentos. Para información adicional ver epígrafe 10.5
- 7.3 Usos específicos finales:**
Usos:
Como ayudante de proceso y agente deshidratante.
En extracciones y procesado de minerales.
En tratamientos superficiales, purificación y grabado.
En procesos electrolíticos.
En purificación de gas, depuración y en depuración de gases de combustión.
En la producción, mantenimiento y reciclaje de baterías que contienen ácido sulfúrico.
Como producto químico de laboratorio.
Limpieza industrial.
En mezcla, preparación y reensavado de ácido sulfúrico.

- CONTIÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA -

Emisión: 28/04/2014

Revisión: 20/05/2015

Versión: 3 (sustituye a 2)

Página 3/10

Figura A.4.1.2.3 Ficha técnica Ácido Sulfúrico (Página 3).



SECCIÓN 8: CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN INDIVIDUAL

8.1 Parámetros de control:
Sustancias cuyos valores límite de exposición profesional han de controlarse en el ambiente de trabajo (INSHT 2015):

Identificación	Valores límite ambientales	
Ácido sulfúrico	SAE0	0,05 mg/m ³
CAS: 7664-93-9	SAE3	
CE: 231-639-5	Mn	0,015

DNEL (Trabajadores):

Identificación	Exposición	Corta exposición		Larga exposición	
		Sistémica	Local	Sistémica	Local
Ácido sulfúrico CAS: 7664-93-9 CE: 231-639-5	Diel	No relevante	No relevante	No relevante	No relevante
	Cutánea	No relevante	No relevante	No relevante	No relevante
	Inhalación	No relevante	0,1 mg/m ³	No relevante	0,05 mg/m ³

DNEL (Población):
No relevante

PNEC:

Identificación	Exposición	Agua dulce	Agua salada
Ácido sulfúrico CAS: 7664-93-9 CE: 231-639-5	STP	0,8 mg/L	0,0025 mg/L
	Suelo	No relevante	0,00025 mg/L
	Enterramiento	No relevante	Sedimento (Agua dulce) 0,002 mg/kg
	Diel	No relevante	Sedimento (Agua salada) 0,002 mg/kg

8.2 Controles de la exposición:

A.- Medidas generales de seguridad e higiene en el ambiente de trabajo:
Como medida de prevención se recomienda la utilización de equipos de protección individual básicos, con el correspondiente marcado CETM de acuerdo al R.D.1407/1992 y posteriores modificaciones. Para más información sobre los equipos de protección individual (almacenamiento, uso, limpieza, mantenimiento, clase de protección,...) consultar el folleto informativo facilitado por el fabricante del EPI. Las indicaciones contenidas en este punto se refieren al producto puro. Las medidas de protección para el producto diluido podrán variar en función de su grado de dilución, uso, método de aplicación, etc. Para determinar la obligación de instalación de duchas de emergencia y/o lavajos en los almacenes se tendrá en cuenta la normativa referente al almacenamiento de productos químicos aplicable en cada caso. Para más información ver epígrafes 7.1 y 7.2.
Toda la información aquí incluida es una recomendación siendo necesario su concreción por parte de los servicios de prevención de riesgos laborales al desconocer las medidas de prevención adicionales que la empresa pudiese disponer.

B.- Protección respiratoria.
Será necesario la utilización de equipos de protección en el caso de formación de nieblas o en el caso de superar los límites de exposición profesional si existiesen (Ver Epígrafe 8.1).

C.- Protección específica de las manos.

Pictograma	EPI	Marcado	Normas CEN	Observaciones
	Guantes de protección química		EN 374-1:2003 EN 374-1:2003/A1:2006 EN 420:2003+A1:2009	Reemplazar los guantes ante cualquier indicio de deterioro.

D.- Protección ocular y facial

Pictograma	EPI	Marcado	Normas CEN	Observaciones
	Gafas panorámicas contra salpicaduras y/o proyecciones		EN 166:2001 EN 172:1994(A1):2000 EN 172:1994(A2):2001 EN 202:4037:2012	Limpieza e inicio y desinfectar periódicamente de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Se recomienda su uso en caso de riesgo de salpicaduras.

E.- Protección corporal

- CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA -

Figura A.4.1.2.4 Ficha técnica Ácido Sulfúrico (Página 4).



Ficha de datos de seguridad
según 1907/2006/CE (REACH), 453/2010/EC, 2015/833/EU

ÁCIDO SULFÚRICO 98%



SECCIÓN 8: CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN INDIVIDUAL (continúa)

Programa	EPI	Marcado	Normas CE	Observaciones
	Ropa de trabajo		EN ISO 13889:2013	Uso exclusivo en el trabajo.
	Calzado de trabajo antideslizante		EN ISO 20347:2012 EN ISO 20344:2011	Ninguna

F.- Medidas complementarias de emergencia

Medida de emergencia	Normas	Medida de emergencia	Normas
	ANSI Z358-1 ISO 1864-1:2007		DIN 12 899 ISO 1864-1:2007
Ducha de emergencia		Lavacjos	

Controles de la exposición del medio ambiente:
En virtud de la legislación comunitaria de protección del medio ambiente se recomienda evitar el vertido tanto del producto como de su envase al medio ambiente. Para información adicional ver epígrafe 7.1.D

Compuestos orgánicos volátiles:
En aplicación al R.D.117/2003 y posteriores modificaciones (Directiva 2010/75/EU), este producto presenta las siguientes características:
C.D.V. (Suministro): 0 % peso
Concentración C.D.V. a 20 °C: 0 kg/m³ (0 g/L)
Número de carbonos medio: No relevante
Peso molecular medio: No relevante

SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

9.1 Información de propiedades físicas y químicas básicas:
Para completar la información ver la ficha técnica/hoja de especificaciones del producto.

Aspecto físico:

Estado físico a 20 °C:	Líquido
Aspecto:	Oleoso
Color:	Incoloro
Olor:	Inodoro

Volatilidad:

Temperatura de ebullición a presión atmosférica:	340 °C
Presión de vapor a 20 °C:	No relevante *
Presión de vapor a 50 °C:	No relevante *
Tasa de evaporación a 20 °C:	No relevante *

Caracterización del producto:

Densidad a 20 °C:	1840 kg/m ³
Densidad relativa a 20 °C:	No relevante *
Viscosidad dinámica a 20 °C:	No relevante *
Viscosidad cinemática a 20 °C:	No relevante *
Viscosidad cinemática a 40 °C:	No relevante *
Concentración:	No relevante *
pH:	No relevante *

*No relevante debido a la naturaleza del producto, no aportando información característica de su peligrosidad.

- CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA -

Emisión: 28/04/2014

Revisión: 20/05/2015

Versión: 3 (sustituye a 2)

Página 5/10

Figura A.4.1.2.5 Ficha técnica Ácido Sulfúrico (Página 5).



Ficha de datos de seguridad
según 1907/2006/CE (REACH), 453/2009/EC, 2013/630/EU

ÁCIDO SULFÚRICO 98%



SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS (continúa)

Densidad de vapor a 20 °C:	No relevante *
Coefficiente de reparto n-octano/agua a 20 °C:	No relevante *
Solubilidad en agua a 20 °C:	No relevante *
Propiedad de solubilidad:	Soluble en agua
Temperatura de descomposición:	No relevante *
Punto de fusión/punto de congelación:	No relevante *
Inflamabilidad:	
Punto de inflamación:	No inflamable (>60 °C)
Temperatura de auto-inflamación:	No relevante *
Límite de inflamabilidad inferior:	No relevante *
Límite de inflamabilidad superior:	No relevante *
9.2 Otros datos:	
Tensión superficial a 20 °C:	No relevante *
Índice de refracción:	No relevante *

*No relevante debido a la naturaleza del producto, no aportando información característica de su peligrosidad.

SECCIÓN 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

10.1 Reactividad:
No se esperan reacciones peligrosas si se cumplen las instrucciones técnicas de almacenamiento de productos químicos. Ver epígrafe 7.

10.2 Estabilidad química:
Estable químicamente bajo las condiciones indicadas de almacenamiento, manipulación y uso.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas:
Bajo las condiciones indicadas no se esperan reacciones peligrosas que puedan producir una presión o temperaturas excesivas.

10.4 Condiciones que deben evitarse:
Aplicables para manipulación y almacenamiento a temperatura ambiente:

Choque y fricción	Contacto con el aire	Calentamiento	Luz Solar	Humedad
No aplicable	No aplicable	No aplicable	No aplicable	No aplicable

10.5 Materiales incompatibles:

Ácidos	Agua	Materiales combustibles	Materiales oxidantes	Otros
No aplicable	Precaución	Precaución	No aplicable	No aplicable

10.6 Productos de descomposición peligrosos:
Ver epígrafe 10.3, 10.4 y 10.5 para conocer los productos de descomposición específicamente. En dependencia de las condiciones de descomposición, como consecuencia de la misma pueden liberarse mezclas complejas de sustancias químicas: dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono y otros compuestos orgánicos.

SECCIÓN 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos:
No se dispone de datos experimentales del producto en sí mismos relativos a las propiedades toxicológicas.

Efectos peligrosos para la salud:
En caso de exposición repetitiva, prolongada o a concentraciones superiores a las establecidas por los límites de exposición profesionales, pueden producirse efectos adversos para la salud en función de la vía de exposición:

A.- Ingestión (peligro agudo):

- Toxicidad aguda: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por ingestión. Para más información ver sección 3.
- Corrosividad/Irritabilidad: Producto corrosivo, su ingesta provoca quemaduras destruyendo los tejidos en todo su espesor. Para más información sobre efectos secundarios por contacto con la piel ver sección 2.

- CONTINÚA EN LA SIGUIENTE PÁGINA -

Emisión: 28/04/2014

Revisión: 20/05/2015

Versión: 3 (sustituye a 2)

Página 6/10

Figura A.4.1.2.6 Ficha técnica Ácido Sulfúrico (Página 6).



Ficha de datos de seguridad
según 1907/2006/CE (REACH), 453/2010/EC, 2015/830/EU

ÁCIDO SULFÚRICO 98%



SECCIÓN 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA (continúa)

B- Inhalación (peligro agudo):

- Toxicidad aguda: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por inhalación. Para más información ver sección 3.
- Corrosividad/Irritabilidad: En caso de inhalación prolongada el producto es destructivo para los tejidos de las membranas mucosas y las vías respiratorias superiores

C- Contacto con la piel y los ojos:

- Contacto con la piel: Principalmente el contacto con la piel destruyen los tejidos en todo su espesor, provocando quemaduras. Para más información sobre efectos secundarios por contacto con la piel ver sección 2.
- Contacto con los ojos: Produce lesiones oculares importantes tras contacto.

D- Efectos CMR (carcinogenicidad, mutagenicidad y toxicidad para la reproducción):

- Carcinogenicidad: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por los efectos descritos. Para más información ver sección 3.
- Mutagenicidad: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por este efecto. Para más información ver sección 3.
- Toxicidad para la reproducción: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por este efecto. Para más información ver sección 3.

E- Efectos de sensibilización:

- Respiratoria: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas con efectos sensibilizantes por encima de los límites recogidos en el punto 3.2 del Reglamento (CE) 2015/830. Para más información ver secciones 2, 3 y 15.
- Cutánea: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por este efecto. Para más información ver sección 3.

F- Toxicidad específica en determinados órganos (STOT)-exposición única:

A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por este efecto. Para más información ver sección 3.

G- Toxicidad específica en determinados órganos (STOT)-exposición repetida:

- Toxicidad específica en determinados órganos (STOT)-exposición repetida: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por este efecto. Para más información ver sección 3.
- Piel: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por este efecto. Para más información ver sección 3.

H- Peligro por aspiración:

A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por este efecto. Para más información ver sección 3.

Información adicional:

No relevante

Información toxicológica específica de las sustancias:

Identificación	Toxicidad aguda		Género
Ácido sulfúrico	0,50 oral	2140 mg/kg	Rata
CAS: 7664-93-9	0,50 cutánea	>2000 mg/kg	
CE: 233-639-5	0,50 inhalación	510 mg/L (4h)	Rata

SECCIÓN 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA

No se disponen de datos experimentales de la mezcla en sí misma relativos a las propiedades ecotoxicológicas.

12.1 Toxicidad:
No determinado

12.2 Persistencia y degradabilidad:
No disponible

12.3 Potencial de bioacumulación:
No determinado

12.4 Movilidad en el suelo:
No determinado

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB:

- CONTINUA EN LA SIGUIENTE PÁGINA -

Emisión: 28/04/2014

Revisión: 20/05/2015

Versión: 3 (sustituye a 2)

Página 7/10

Figura A.4.1.2.7 Ficha técnica Ácido Sulfúrico (Página 7).



Ficha de datos de seguridad
según 1907/2006/CE (REACH), 453/2003/EC, 2015/830/EU

ÁCIDO SULFÚRICO 98%



SECCIÓN 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA (continúa)

No aplicable

12.6 Otros efectos adversos:

No descritos

SECCIÓN 13: CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN

13.1 Métodos para el tratamiento de residuos:

Código	Descripción	Tipo de residuo (Reglamento (UE) nº 1357/2014)
	No es posible asignar un código específico, ya que depende del uso a que lo destine el usuario	Peligroso

Tipo de residuo (Reglamento (UE) nº 1357/2014):

HP4 Irritante — irritación cutánea y lesiones oculares, HP8 Corrosivo

Gestión del residuo (eliminación y valorización):

Consultar al gestor de residuos autorizado las operaciones de valorización y eliminación conforme al Anexo I y Anexo 2 (Directiva 2008/98/CE, Ley 22/2011). De acuerdo a los códigos 15 01 (2014/955/UE) en el caso de que el envase haya estado en contacto directo con el producto se gestionará del mismo modo que el propio producto, en caso contrario se gestionará como residuo no peligroso. Se desaconseja su vertido a cursos de agua. Ver epígrafe 6.2.

Disposiciones legislativas relacionadas con la gestión de residuos:

De acuerdo al Anexo II del Reglamento (CE) nº1907/2006 (REACH) se recogen las disposiciones comunitarias o estatales relacionadas con la gestión de residuos.

Legislación comunitaria: Directiva 2008/98/CE, 2014/955/UE, Reglamento (UE) nº 1357/2014

Legislación nacional: Ley 22/2011

SECCIÓN 14: INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

Transporte terrestre de mercancías peligrosas:

En aplicación al ADR 2015 y al RID 2015:



- 14.1 Número ONU:** UN1830
- 14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:** ÁCIDO SULFÚRICO con más del 51% de ácido
- 14.3 Clase(s) de peligro para el transporte:** II
Etiquetas: II
- 14.4 Grupo de embalaje:** II
- 14.5 Peligros para el medio ambiente:** No
- 14.6 Precauciones particulares para los usuarios**
Disposiciones especiales: No relevante
Código de restricción en túneles: E
Propiedades físico-químicas: ver epígrafe 9
Cantidades limitadas: 1 L
- 14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC:** No relevante

Transporte marítimo de mercancías peligrosas:

En aplicación al IMDG 37-14:

- CONTIENE EN LA SIGUIENTE PÁGINA -

Emisión: 28/04/2014

Revisión: 20/05/2015

Versión: 3 (sustituye a 2)

Página 8/10

Figura A.4.1.2.8 Ficha técnica Ácido Sulfúrico (Página 8).

4.1.3 Ficha técnica de la mica



FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Mica (FDM)

De acuerdo con el Reglamento (CE) n° 1907/2006, Anexo II, en su versión modificada por el Reglamento (UE) n° 453/2010

SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1. Identificador del producto

Nombre del producto	Mica (FDM)
Sinónimos; nombres comerciales	M814, M820, M830, M840
Notas de registro REACH	Exento, según el REACH anexo V.7

1.2. Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados	Un aditivo funcional
---------------------------	----------------------

1.3. Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Proveedor	IMERYS Ceramics France Feldspaths du Morvan Le Bois des Thoreys BP12 FR - 71190 Etang sur Arroux France Tel. +33 (0) 3 85 82 41 41 Fax. +33 (0) 3 85 82 41 40 SDS.expert@imerys.com
------------------	---

1.4. Teléfono de emergencia

Teléfono de urgencias	CHEMTREC + 1 703 527 3887
------------------------------	---------------------------

SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

2.1. Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación (CE 1272/2008)

Peligros físicos	No Clasificado
Riesgos para la salud	No Clasificado
Peligros ambientales	No Clasificado

Salud humana	Este producto no cumple los criterios necesarios para su clasificación como peligroso, tal como se define en el Reglamento CE 1272/2008. Dependiendo del tipo de manipulación y uso (p. ej., trituración o secado), se puede generar sílice cristalina respirable transportada por el aire. La inhalación prolongada o masiva de sílice cristalina respirable puede provocar fibrosis pulmonar, conocida comúnmente como silicosis. Los principales síntomas de la silicosis son la tos y la dificultad para respirar. Se debe supervisar y controlar la exposición laboral al polvo de sílice cristalina respirable.
Ambiental	No se espera que el producto sea peligroso para el medio ambiente.

Figura A.4.1.3.1 Ficha técnica Mica (Página 1).

Mica (FDM)

Fisicoquímica Este producto es una sustancia inorgánica y no cumple los criterios de PBT o mPmB de conformidad con el anexo XIII de REACH. Este producto debe manipularse con cuidado para evitar que se cree polvo.

2.2. Elementos de la etiqueta

Indicaciones de peligro NC No Clasificado

2.3. Otros peligros

Este producto no contiene sustancias clasificadas como PBT o vPvB.

SECCIÓN 3: Composición/Información sobre los componentes

3.1. Sustancias

MICA	80-95%
Número CAS: 12001-26-2	Número CE: 601-648-2
Clasificación	No Clasificado
Quartz	5-20%
Número CAS: 14808-60-7	Número CE: 238-878-4
Clasificación	No Clasificado

El texto completo para todas las indicaciones de peligro se muestra en la Sección 16.

Nombre del producto Mica (FDM)

Notas de registro REACH Exento, según el REACH anexo V.7

Comentarios sobre la composición Estos productos contienen menos de un 1 % de cuarzo (fracción respirable) Quartz: CAS-No.: 14808-60-7 EC No.: 238-878-4.

SECCIÓN 4: Primeros auxilios

4.1. Descripción de los primeros auxilios

Información general No se han observado síntomas ni efectos agudos o retardados.

Inhalación Lleve a la persona afectada al aire libre y mantenerlo abrigado y en reposo en una posición confortable para respirar. Conseguir atención médica si continúa cualquier malestar.

Ingestión Enjuagar la boca con agua. Conseguir atención médica si continúa cualquier malestar.

Contacto con la piel Lavar perfectamente la piel con agua y jabón. Use loción adecuada para hidratar la piel.

Contacto con los ojos No se frote los ojos. Enjuáguelos con abundante agua y acuda al médico si persiste la irritación.

4.2. Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Información general La gravedad de los síntomas descritos variará dependiendo de la concentración y la duración de la exposición.

4.3. Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

Notas para el médico Recomendaciones no específicas.

SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

Figura A.4.1.3.2 Ficha técnica Mica (Página 2).

Mica (FDM)

5.1. Medios de extinción

Medios de extinción adecuados Este material no es combustible. No se necesita ningún agente extintor específico.

5.2. Peligros específicos derivados de la sustancia o de la mezcla

Riesgos específicos No es combustible. No presenta descomposición térmica peligrosa.

5.3. Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Medidas protectoras durante la lucha contra el fuego No hay protección específica de lucha contra incendios es obligatorio. Use un agente de extinción adecuado para el incendio circundante.

SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental

6.1. Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Precauciones personales Evite la creación de polvo transportable por el aire y lleve un equipo de protección personal que cumpla la normativa nacional.

6.2. Precauciones relativas al medio ambiente

Precauciones ambientales No verter en desagües o cursos de agua o en el suelo.

6.3. Métodos y material de contención y de limpieza

Métodos de limpieza Evite el barrido en seco y utilice sistemas de pulverización de agua o de limpieza por vacío para evitar la generación de polvo transportable por el aire. Lleve un equipo de protección personal que cumpla la normativa nacional.

6.4. Referencia a otras secciones

Referencia a otras secciones Para la protección personal, ver Sección 8. Para la eliminación de residuos, ver Sección 13.

SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

7.1. Precauciones para una manipulación segura

Precauciones de uso Evite la generación de polvo transportable por el aire. Asegúrese de que existe una ventilación de evacuación adecuada en los lugares en que se genere polvo transportable por el aire. En caso de ventilación insuficiente, lleve un equipo adecuado para la protección de las vías respiratorias. Manipule con cuidado los productos embalados para evitar roturas accidentales. Si necesita asesoramiento sobre técnicas de manipulación seguras, póngase en contacto con su proveedor. No comer, beber ni fumar en las zonas de trabajo; ; lavarse las manos después de cada utilización, y ; despojarse de prendas de vestir y equipos de protección contaminados antes de entrar en las zonas para comer.

7.2. Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Precauciones de almacenamiento Realice el almacenamiento en una zona cubierta y seca. Reduzca al máximo la generación de polvo transportable por el aire y evite su dispersión por el viento durante la carga y la descarga. Mantenga cerrados los contenedores y almacene los productos embalados de modo que se eviten las roturas accidentales.

7.3. Usos específicos finales

Descripción de uso Si necesita asesoramiento sobre los usos específicos, póngase en contacto con su proveedor.

SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

Límites de exposición laboral

MICA

Figura A.4.1.3.3 Ficha técnica Mica (Página 3).

Mica (FDM)

Límite de exposición a largo plazo (8-horas TWA): LEP 3 mg/m³ fracción respirable

Quartz

Límite de exposición a largo plazo (8-horas TWA): LEP 0,05 mg/m³ fracción respirable

Inorgánicas de polvo

Límite de exposición a largo plazo (8-horas TWA): VLA 3 mg/m³ polvo respirable

LEP = Valor límite de exposición profesional.

VLA = Valor Límite Ambiental.

8.2 Controles de la exposición

Controles técnicos apropiados	Reduzca al máximo la generación de polvo transportable por el aire. Utilice espacios cerrados para los procesos, ventilación local de evacuación u otros controles técnicos para mantener la concentración de partículas en el aire por debajo de los límites de exposición especificados. Si las operaciones del usuario generan polvo, humo o vaho, utilice un sistema de ventilación para que la exposición a las partículas transportadas por el aire se encuentre por debajo del límite de exposición. Adopte medidas organizativas, como separar las zonas con polvo de las zonas frecuentadas por el personal. La ropa sucia debe quitarse y lavarse. ...
Protección de los ojos/la cara	Gafas que cumpla con las normas aprobadas debe ser usadas cuando una evaluación del riesgo indica que el contacto visual es posible. Se debe usar la siguiente protección: Gafas protectoras o careta contra salpicaduras químicas. No deben llevarse lentes de contacto cuando se trabaje con este producto.
Protección de las manos	Guantes impermeables resistentes a los químicos que cumplen con las normas aprobadas deben ser usados si una evaluación del riesgo indica que es posible contacto con la piel. Se recomienda que los guantes estén hechos de los siguientes materiales: Cloruro de polivinilo (PVC). Goma (natural, látex).
Otra protección de piel y cuerpo	No existen requisitos específicos. Se recomienda una protección adecuada (p. e.), ropa protectora o crema protectora) para los trabajadores con dermatitis o una piel sensible.
Medidas de higiene	No comer, ni beber, ni fumar durante su utilización. Lavarse al terminar cada turno de trabajo y antes de comer, fumar y usar el baño. Use crema para las manos para evitar la resequeza de la piel.
Protección respiratoria	Se recomienda disponer de ventilación local para mantener el nivel de polvo en suspensión por debajo de los valores límite de exposición profesional. En caso de exposición, cuando los controles de ingeniería no sean suficientes, se recomienda utilizar un equipo de protección respiratoria (EPR). Se debe seguir un proceso de evaluación de riesgos para asegurar una protección adecuada frente al polvo en suspensión. El tipo de EPR que se utilice debe ser adecuado para las condiciones de trabajo y requisitos específicos de cada usuario. También hay que tener en cuenta otras condiciones ambientales. Durante el uso y el correcto montaje de los filtros deben seguirse las instrucciones del fabricante y las directrices normativas. El usuario del EPR seleccionado debería recibir la formación pertinente antes de usarlo.

SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

9.1. Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Apariencia	Polvo o Gránulos.
Color	Blanco/blanquecino.
Olor	Inodoro.
Punto de fusión	>1400°C
Densidad relativa	2.8
Solubilidad(es)	Insoluble en agua.

Figura A.4.1.3.4 Ficha técnica Mica (Página 4).

Mica (FDM)

9.2. Otros datos

Otra información No hay información requerida.

SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

10.1. Reactividad

Reactividad No hay conocimiento de peligros de reactividad asociados con este producto.

10.2. Estabilidad química

Estabilidad Estable a temperatura ambiente normal y cuando es usado como se recomienda.

10.3. Posibilidad de reacciones peligrosas

Posibilidad de reacciones peligrosas No aplicable.

10.4. Condiciones que deben evitarse

Condiciones que deben evitarse Sin incompatibilidades específicas.

10.5. Materiales incompatibles

Materiales que deben evitarse No es probable que material específico o grupo de materiales reaccionen con el producto para producir una situación peligrosa.

10.6. Productos de descomposición peligrosos

Productos de descomposición peligrosos No se descompone si se almacena y maneja como se recomienda.

SECCIÓN 11: Información toxicológica

11.1. Información sobre los efectos toxicológicos

Información general Este producto tiene una baja toxicidad. Sólo grandes cantidades pueden tener efectos adversos en la salud humana.

Inhalación El polvo en altas concentraciones puede irritar el sistema respiratorio.

Ingestión No se esperan efectos nocivos para las cantidades que se pueden ingerir accidentalmente.

Contacto con la piel El contacto prolongado puede causar sequedad de la piel.

Contacto con los ojos Partículas en los ojos pueden causar irritación y erupciones.

SECCIÓN 12: Información Ecológica

Ecotoxicidad Los componentes del producto no están clasificados como peligrosos para el medio ambiente. Sin embargo, los grandes derrames o frecuentes puedan tener efectos nocivos sobre el medio ambiente.

12.1. Toxicidad

Toxicidad acuática aguda

Toxicidad aguda - Peces No conocido.
CL₅₀, 96 hours: mg/l, Peces

Toxicidad aguda - Invertebrados acuáticos No conocido.
CE₅₀, 48 hours: mg/l, Daphnia magna

Toxicidad aguda - plantas acuáticas No conocido.
Cl₅₀, 72 hours: mg/l, Algas

Figura A.4.1.3.5 Ficha técnica Mica (Página 5).

Mica (FDM)

12.2. Persistencia y degradabilidad

Persistencia y degradabilidad El producto no es biodegradable.

12.3. Potencial de bioacumulación

Potencial de bioacumulación El producto no contiene ningunas sustancias consideradas bioacumulativas.

12.4. Movilidad en el suelo

Movilidad El producto es insoluble en agua.

12.5. Resultados de la valoración PBT y mPmB

Resultados de la evaluación PBT y mPmB Esta sustancia no está clasificada como PBT o vPvB según los criterios actuales de la UE.

12.6. Otros efectos adversos

SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

13.1. Métodos para el tratamiento de residuos

Información general Puede ser eliminado como material no tóxico/inactivo en vertederos aprobados de conformidad con la normativa local. Debe evitarse la formación de polvo a partir de los residuos del embalaje y debe garantizarse una protección adecuada de los trabajadores. Almacene los embalajes utilizados en recipientes cerrados. El reciclaje y la eliminación de los embalajes se deben llevar a cabo de conformidad con la normativa local. No se recomienda la reutilización de los embalajes. Del reciclaje y de la eliminación de los embalajes debe encargarse una empresa autorizada de gestión de residuos.

Métodos de eliminación Cuando sea posible, resulta preferible el reciclaje a la eliminación. Pueden eliminarse de acuerdo con la normativa local.

SECCIÓN 14: Información relativa al transporte

General No existen precauciones especiales. El producto no está cubierto por las normas internacionales sobre el transporte de mercancías peligrosas (IMDG, IATA, ADR/RID).

14.1. Número ONU

No hay información requerida.

14.2. Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas

No hay información requerida.

14.3. Clase(s) de peligro para el transporte

No hay información requerida.

14.4. Grupo de embalaje

No hay información requerida.

14.5. Peligros para el medio ambiente

Sustancia contaminante peligrosa/contaminante marino
No.

14.6. Precauciones particulares para los usuarios

No aplicable.

14.7. Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio MARPOL y el Código IBC

Figura A.4.1.3.6 Ficha técnica Mica (Página 6).

Mica (FDM)

Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC No hay información requerida.

SECCIÓN 15: Información reglamentaria

15.1. Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Legislación de la UE Exento, según el REACH anexo V.7

15.2. Evaluación de la seguridad química

Ninguna evaluación de la seguridad química has sido llevada a cabo.

SECCIÓN 16: Otra Información

Información general

Debe informarse a los trabajadores de la presencia de sílice cristalina y estos deben recibir una formación adecuada sobre el uso y la manipulación adecuados de este producto, tal como lo exija la normativa aplicable. El 25 de abril de 2006, como resultado del diálogo social, se firmó un acuerdo multisectorial sobre la protección de la salud de los trabajadores para la adecuada manipulación y el buen uso de la sílice cristalina y los productos que la contienen. Este acuerdo autónomo, financiado por la Comisión Europea, se basa en una Guía de buenas prácticas. Las exigencias del acuerdo entraron en vigor el 25 de octubre de 2006. El acuerdo se publicó en el Diario Oficial de la Unión Europea (2006/C 279/02). El texto del acuerdo y sus anexos, incluida la Guía de buenas prácticas, se pueden consultar en <http://www.nepsi.eu> y proporcionan información útil y directrices para la manipulación de productos que contengan fracción fina de sílice cristalina. EUROSIL, la Asociación Europea de Productores de Sílice Industrial, puede proporcionar referencias bibliográficas previa solicitud de las mismas. La exposición prolongada o masiva a polvo con sílice cristalina respirable puede provocar silicosis, una fibrosis nodular de los pulmones provocada por la acumulación en los pulmones de pequeñas partículas respirables de sílice cristalina. En 1997, la IARC (Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer) concluyó que la sílice cristalina inhalada en los lugares de trabajo podía provocar cáncer de pulmón en los humanos. Sin embargo, señaló que dicha conclusión no resultaba aplicable a todos los entornos industriales ni a todos los tipos de sílice cristalina (monografías de la IARC sobre la evaluación de los riesgos carcinógenos de las sustancias químicas en humanos, concretamente del sílice, el polvo de silicatos y las fibras orgánicas, 1997, vol. 68, IARC, Lyon, Francia). En 2009, en la serie de 100 monografías, IARC confirmó su clasificación del polvo de sílice cristalina, en forma de cuarzo y cristobalita (monografías de IARC, volumen 100C, 2012). En junio de 2003, el CCLEP (Comité científico para los límites de exposición profesional a agentes químicos de la UE) concluyó que el principal efecto de la inhalación de polvo de sílice cristalina respirable en humanos es la silicosis. Existe suficiente información para concluir que el riesgo relativo de desarrollar cáncer de pulmón aumenta en las personas afectadas por silicosis (aparentemente, no así en los empleados sin silicosis expuestos al polvo de sílice en canteras y en la industria cerámica). Por lo tanto, si se previene la aparición de silicosis también se reducirá el riesgo de cáncer... (SCOEL SUM Doc 94-final, June 2003). Por tanto, existe un conjunto de pruebas que apoyan el hecho de que el aumento del riesgo de desarrollar cáncer se limitaría a las personas que ya sufren silicosis. Debe protegerse a los trabajadores frente a la silicosis mediante el respeto de los límites de exposición profesional indicados en la normativa y la puesta en práctica de medidas adicionales de gestión del riesgo cuando resulte necesario. . .

Fecha de revisión 14/03/2018
Revisión 1
Número SDS 22973

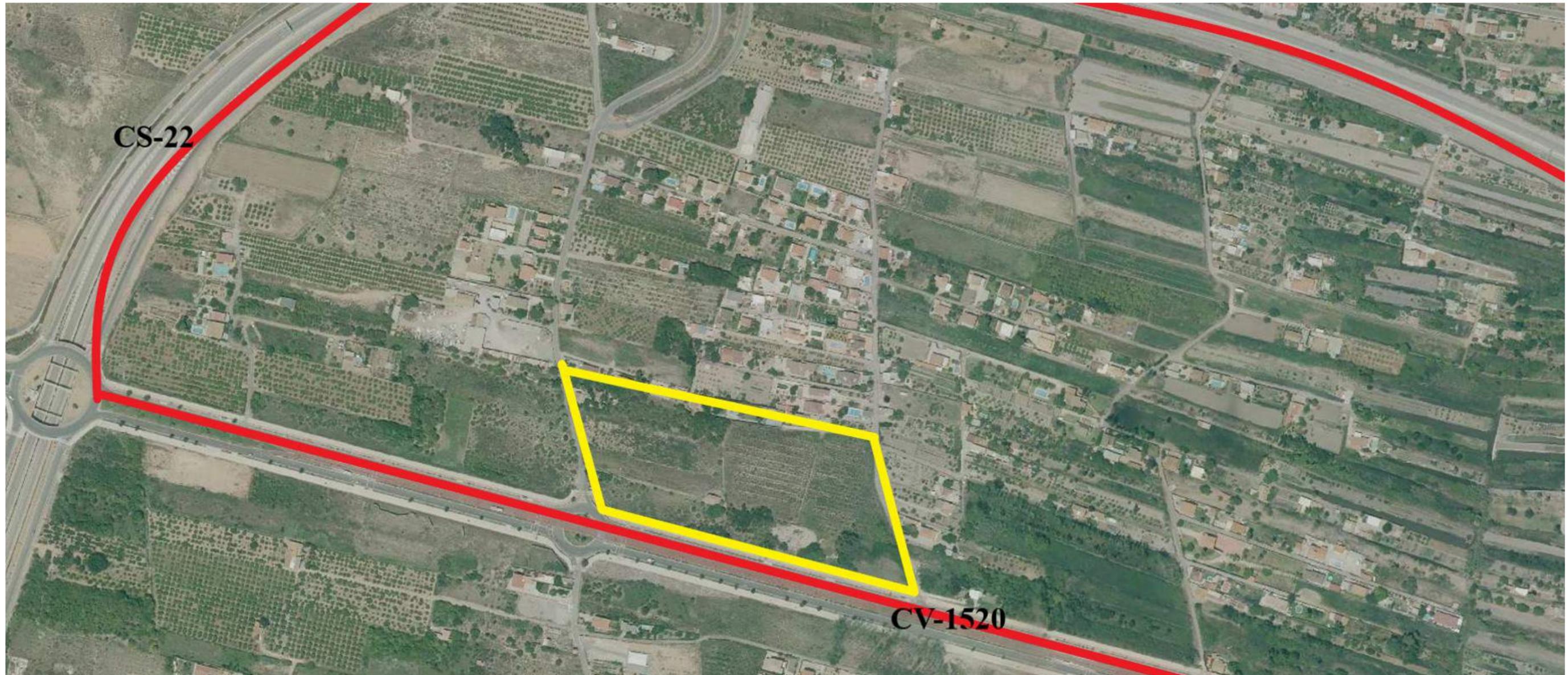
Figura A.4.1.3.7 Ficha técnica Mica (Página 7).

4. Planos

ÍNDICE

1.	Localización y vías principales de acceso	1
2.	Localización detalle	2
3.	Distribución de zonas en planta	3
4.	Plano de sectorización	4
5.	Distribución de conducciones	5

Rojo: Carreteras colindantes
 Amarillo: Delineado parcela

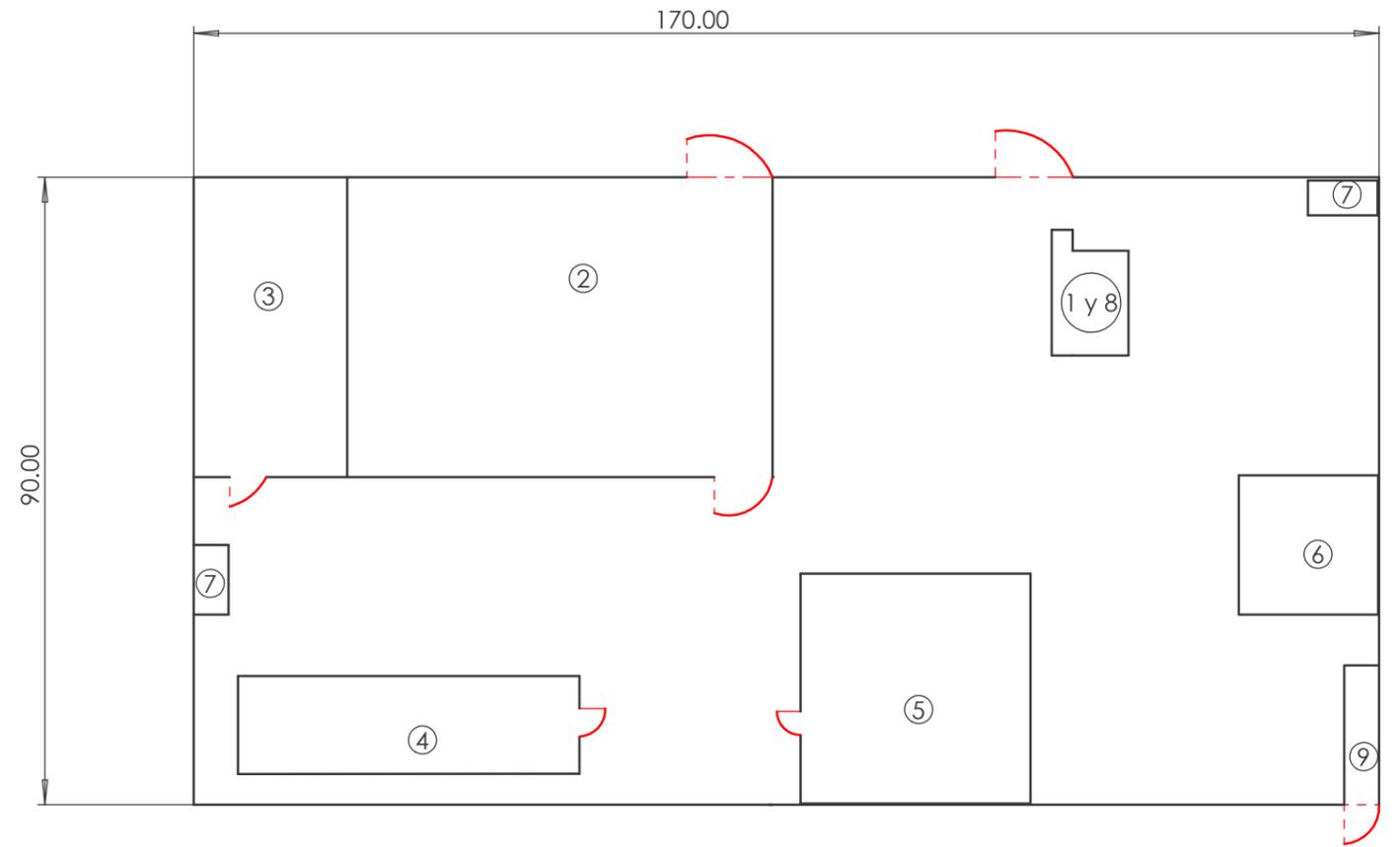


Departamento responsable: INGENIERÍA QUÍMICA	Escala: S/N	Creado por: Marcos Vinicius Junior Siqueira			
Propietario legal  Grupo 1	Tipo de documento: Plano de planta	Formato: A3	Estado del documento: Terminado		
Título, título suplementario Localización y vías principales de acceso		Unidades: Metros	Fecha de edición: 20/10/2021	Idioma: ESP	Hoja: 1



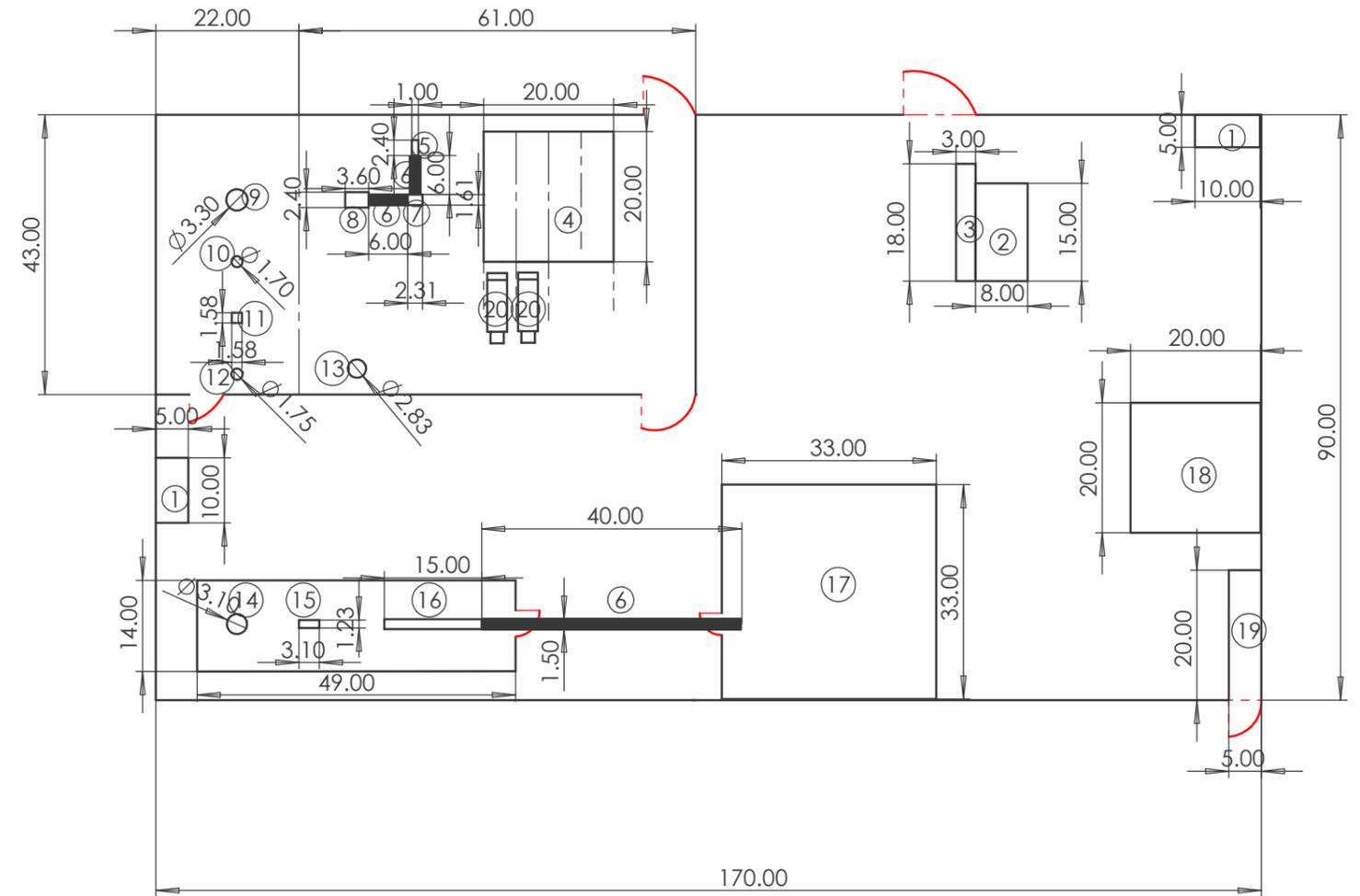
Departamento responsable: INGENIERÍA QUÍMICA	Escala: S/N	Creado por: Marcos Vinicius Junior Siqueira			
Propietario legal  UNIVERSITAT JAUME I	Grupo 1	Tipo de documento: Plano de planta	Formato: A3	Estado del documento: Terminado	
Título, título suplementario Localización detalle		Unidades: Metros	Fecha de edición: 10/12/2020	Idioma: ESP	Hoja: 2

- 1: Recepción
- 2: Trituración y molienda
- 3: Circuito de flotación
- 4: Lavado y secado
- 5: Almacén producto acabado
- 6: Oficinas
- 7: Aseos y vestuarios
- 8: Control de proceso
- 9: Parking y jardín



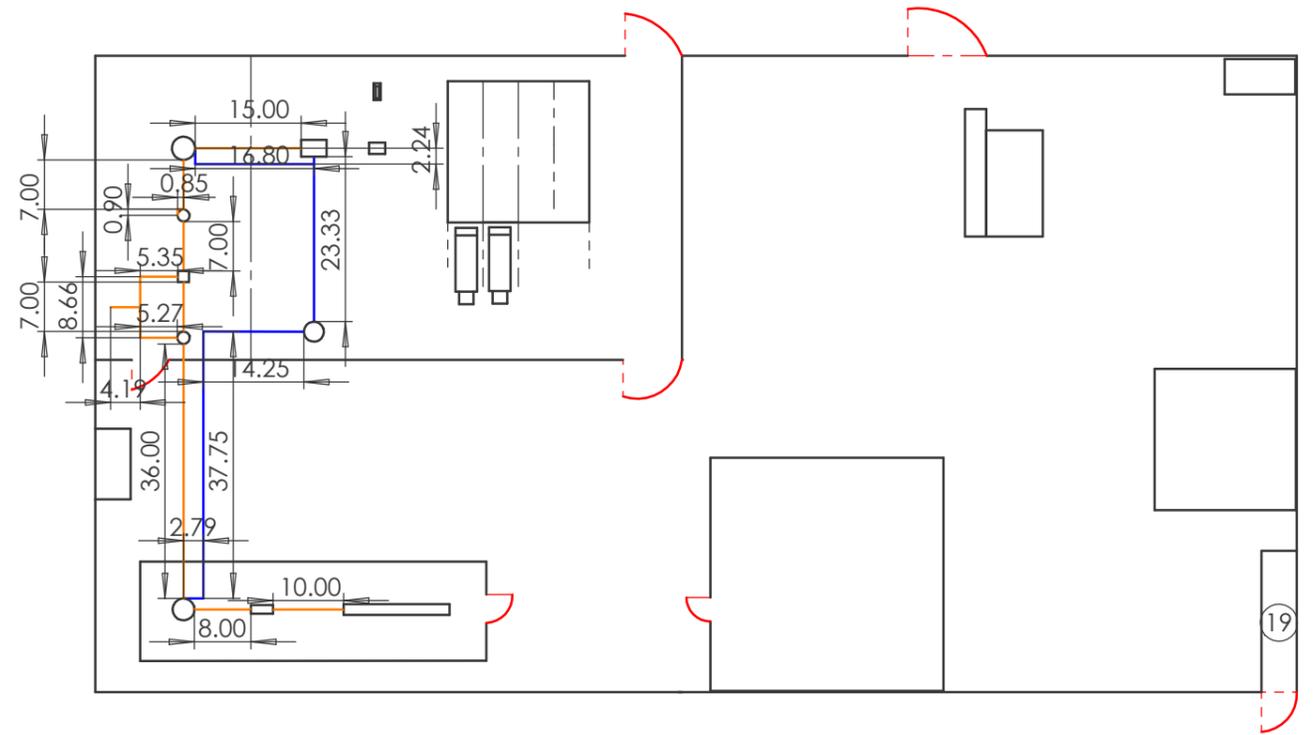
Departamento responsable: INGENIERÍA QUÍMICA	Escala: 1:1000	Creado por: Marcos Vinicius Junior Siqueira			
Propietario legal  UNIVERSITAT JAUME I	Tipo de documento: Plano de planta	Formato: A3	Estado del documento: Terminado		
	Título, título suplementario Distribución por zonas en planta	Unidades: Metros	Fecha de edición: 20/10/2021	Idioma: ESP	Hoja: 3

- 1: Aseos y vestuarios
- 2: Control de proceso
- 3: Bascula de camiones
- 4: Depósito de homogeneización
- 5: Tolva
- 6: Cinta transportadora
- 7: Triturador primario
- 8: Molino de bolas
- 9: Tanque acondicionador
- 10: Celda uno
- 11: Celda dos
- 12: Columna de flotación
- 13: Tanque de agua
- 14: Tanque de lavado
- 15: Filtro prensa
- 16: Secador
- 17: Almacén del producto acabado
- 18: Oficinas
- 19: Parking y jardín
- 20: Camión



Departamento responsable: INGENIERÍA QUÍMICA	Escala: 1:1000	Creado por: Marcos Vinicius Junior Siqueira			
Propietario legal  UNIVERSITAT JAUME I	Tipo de documento: Plano de planta	Formato: A3	Estado del documento: Terminado		
	Título, título suplementario Plano de sectorización		Unidades: Metros	Fecha de edición: 20/10/2021	Idioma: ESP

Azul: Agua
 Naranja: Sólidos húmedos



Departamento responsable: INGENIERÍA QUÍMICA	Escala: 1:1000	Creado por: Marcos Vinicius Junior Siqueira			
Propietario legal  UNIVERSITAT JAUME I	Tipo de documento: Plano de planta	Formato: A3	Estado del documento: Terminado		
	Título, título suplementario Distribución de conducciones	Unidades: Metros	Fecha de edición: 20/10/2021	Idioma: ESP	Hoja: 5

5. Pliego de condiciones

ÍNDICE

1. Pliego de condiciones generales	1
1.1 Disposiciones generales	1
1.2 Contrato de obra	1
1.2.1 Documentación del contrato de obra	1
2. Condiciones generales facultativas	3
2.1. Promotor	3
2.1.1. Obligaciones del Promotor	3
2.2. Proyectista	5
2.2.1. Obligaciones del Proyectista	5
2.3. Contratista	6
2.3.1. Obligaciones del contratista	6
3. Condiciones generales económicas	8
3.1. Contrato de obra	8
3.2. Criterio general	9
3.3. Precios	9
3.4. Fianzas	9
3.5. Indemnizaciones	10
3.6. Seguro y conservación de la obra	10
3.7. Retención en concepto de garantía	10
3.8. Plazos de ejecución de la obra	11
3.9. Liquidación final de obra	11
4. Condiciones generales legales	12
4.1. Contrato de obra	12
4.2. Rescisión del contrato	12
4.3. Formalización del contrato	12
5. Condiciones generales técnicas	13
5.1. Condiciones técnicas particulares	13
5.2. Conducciones	13
5.3. Accesorios	14
5.4. Bombas	14
5.5. Instalación eléctrica	15
5.6. Instalación de la maquinaria	16

1. Pliego de condiciones generales

El pliego de condiciones establece las condiciones técnicas, económicas, administrativas y legales para que el objeto del proyecto pueda materializarse conforme las condiciones especificadas.

1.1. Disposiciones generales

El presente pliego de condiciones tiene por finalidad regular la ejecución de las obras fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, definiendo las intervenciones que corresponden, según el contrato y de acuerdo a la legislación aplicable, al promotor, al contratista, sus técnicos y encargados, así como las relaciones entre ellos y sus correspondientes obligaciones en concordancia al cumplimiento de obra.

1.2. Contrato de obra

El presente contrato de obra, tiene por objetivo la construcción de una planta de flotación para la obtención de mica. Se recomienda la contratación de la ejecución de las obras por unidad de obra, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas. El director de Obra ofrecerá la documentación para su realización.

1.2.1 Documentación del contrato de obra

Los documentos que definen las obras y que la propiedad entrega al Contratista, pueden tener carácter contractual o meramente informativo. Los documentos contractuales son:

- Planos
- Pliego de Condiciones
- Cuadros de Precios
- Presupuestos Parcial y Total

Estos son los documentos que se incluyen en el presente proyecto. Los datos y las marcas comerciales incluidas en la Memoria y Anexos, así como la justificación de precios tienen carácter meramente informativo.

Cualquier modificación del planteamiento de la obra que implique un cambio sustancial respecto de lo proyectado deberá ponerse en conocimiento de la Dirección Técnica para que lo apruebe, si procede, y redacte el oportuno proyecto reformado.

El director de obra ofrecerá la documentación necesaria para su realización. En el contrato se integran los siguientes documentos relacionados por orden de actuación en caso de contradicción entre las partes.

- Las condiciones fijadas en el contrato de obra
- Memoria, Planos, Mediciones y Presupuestos.
- El presente Pliego de Condiciones particulares.

2. Condiciones generales facultativas

2.1. Promotor

El promotor es la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decide, impulsa, programa y financia, con recursos propios o ajenos, las obras para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título. Asume la iniciativa de todo el proceso de la obra, impulsando la gestión necesaria para llevar a cabo la obra inicialmente proyectada, y se hace cargo de todos los costes necesarios.

Según la legislación vigente, a la figura del promotor se equiparan también las de gestor de sociedades cooperativas, comunidades de propietarios, u otras análogas que asumen la gestión económica de la obra.

Cuando las Administraciones Públicas y los organismos sujetos a la legislación de contratos de las Administraciones Públicas actúen como promotores, se regirán por la legislación de contratos de las Administraciones Públicas y, en lo no contemplado en la misma, por las disposiciones de la L.O.E.

Los promotores de este proyecto, al tratar de un trabajo final de grado, son los entes físicos que han realizado la petición de la realización del mismo, por lo tanto, se puede establecer a la comisión académica del título como promotor del mismo.

2.1.1 Obligaciones del Promotor

Las obligaciones del promotor son las siguientes:

- Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.
- Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director del obra las posteriores modificaciones del mismo que fueran imprescindibles para llevar a buen fin el proyecto.
- Elegir y contratar a los distintos agentes, con la titulación y capacitación profesional necesaria, que garanticen el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para realizar en su globalidad y realizar el objeto de lo

promovido, en los plazos estipulados y en las condiciones de calidad mínima exigibles mediante el cumplimiento de los requisitos básicos estipulados para las instalaciones.

- Gestionar y hacer cargo de las preceptivas licencias y demás autorizaciones administrativas procedentes, de conformidad con la normativa aplicable.
- Garantizar los daños materiales que la instalación pueda sufrir, para la adecuada protección de los intereses de los usuarios finales, en las condiciones legalmente establecidas, asumiendo la responsabilidad civil de forma personal e individualizada, tanto por actos propios como por actos de otros agentes por que, con arreglo a la legislación vigente, se deba responder.
- Contratar a los técnicos redactores del preceptivo estudio de seguridad y salud o estudio básico, en su caso, al igual que a los técnicos coordinadores en la materia en la fase que corresponda, todo ello según lo establecido en el R.D. 1627/97, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en las obras de construcción.
- El promotor no podrá dar orden de inicio de las obras hasta que el contratista haya redactado su plan de seguridad y, además, este haya sido aprobado por el coordinador en materia de seguridad y salud en fase de ejecución de la obra, dejando constancia expresa en el acta de aprobación realizada al efecto.
- Suscribir el acta de recepción final de las obras, una vez concluidas éstas, haciendo constar la aceptación de las obras, que podrá efectuarse con o sin reserva y que deberá abarcar la totalidad de las obras o fases completadas. En el caso de hacer mención expresa a reservas para la recepción, deberán mencionarse de manera detallada las deficiencias y se deberá hacer constar el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados.
- Entregar al adquirente y usuario inicial, en su caso, el manual de uso y mantenimiento del mismo y demás documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las administraciones competentes.

2.2. Projectista

Es el agente, por encargo del promotor y con sujeción de la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Podrán redactar proyectos parciales del proyecto, o partes que lo complementen, otros técnicos, de forma coordinada con el autor de éste.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos según lo previsto en el apartado 2 del artículo 4 de la L.O.E, cada projectista asumirá la titularidad de su proyecto.

2.2.1 Obligaciones del Projectista

- Redactar el proyecto por encargo del Promotor, con sujeción a la normativa técnica en vigor y conteniendo la documentación necesaria para tramitar tanto la licencia de obras y demás permisos administrativos como para ser interpretada y poder ejecutar totalmente la obra, entregando al promotor las copias autorizadas correspondientes, debidamente visadas por su colegio profesional.
- Definir el concepto global del proyecto de ejecución con el nivel de detalle gráfico y escrito suficiente y calcular los elementos fundamentales de la instalación.
- Concretar en el proyecto el emplazamiento de cuartos de máquinas, de contadores, hornacinas, espacios asignados para subida de conductos, reservas de huecos de ventilación, alojamiento de sistemas de telecomunicación y, en general, de aquellos elementos necesarios en la instalación para facilitar las determinaciones concretas y éstos adaptarse al proyecto de ejecución, y no pudiendo contravenirlo en modo alguno.
- Deberá entregarse necesariamente un ejemplar del proyecto complementario al arquitecto antes del inicio de las obras o instalaciones correspondientes,
- Acordar con el promotor la contratación de colaboraciones parciales de otros técnicos profesionales.
- Facilitar la colaboración necesaria para que se produzca la adecuada coordinación con los proyectos parciales exigibles por la legislación o la normativa vigente y que sea necesario incluir para el desarrollo adecuado del proceso, que deberán ser

redactados por técnicos competentes, bajo su responsabilidad y suscritos por persona física. Los proyectos parciales serán aquellos redactados por otros técnicos cuya competencia puede ser distinta e incompatible con las competencias del ingeniero y, por tanto, de exclusiva responsabilidad de estos. Elaborar aquellos proyectos parciales o estudios complementarios exigidos por la legislación vigente en los que es legalmente competente para su redacción, excepto declinación expresa del ingeniero y previo acuerdo con el promotor, pudiendo exigir la compensación económica en concepto de cesión de derechos de autor y de la propiedad intelectual si se tuviera que entregar a otros técnicos, igualmente competentes para realizar el trabajo, documentos o planos del proyecto por él redactado, en soporte papel o informático.

- Ostentar la propiedad intelectual de su trabajo, tanto de la documentación escrita como de los cálculos de cualquier tipo, así como de los planos contenidos en la totalidad del proyecto y cualquiera de sus documentos complementarios.

2.3. Contratista

Es el agente que asume, contractualmente ante el promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al Proyecto y al Contrato de obra.

Cabe efectuar especial mención de que la ley señala como responsable explícito de los vicios o defectos constructivos al contratista general de la obra, sin perjuicio del derecho de repetición de éste hacia los subcontratistas.

2.3.1 Obligaciones del Contratista

- Organizar los trabajos de construcción, redactando los planes de obra que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- Elaborar, cuando se requiera, el Plan de Seguridad e Higiene de la obra en aplicación del estudio correspondiente y disponer en todo caso la ejecución de medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observación de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.
- Suscribir con el Director de obra el acta de replanteo de la obra.

- Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o prescripción del Director de Obra, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- Custodiar el Libro de órdenes y seguimiento de la obra, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.
- Facilitar al Director de Obra con antelación suficiente, los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

3. Condiciones generales económicas.

Todos los que intervienen en el proceso de construcción tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractuales establecidas. La propiedad, el contratista y, en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

3.1 Contrato de obra

Se aconseja que se firme el contrato de obra, entre el Promotor y el Contratista, antes de iniciarse las obras, evitando en lo posible la realización de la obra por administración. A la Dirección Facultativa se le facilitará una copia del contrato de obra, para poder certificar los términos pactados. Sólo se aconseja contratar por administración aquellas partidas de obra irrelevantes y de difícil cuantificación, o cuando se desee un acabado muy esmerado.

El contrato de obra deberá prever las posibles interpretaciones y discrepancias que pudieran surgir entre las partes, así como garantizar que la Dirección Facultativa pueda, de hecho, COORDINAR, DIRIGIR y CONTROLAR la obra, por lo que es conveniente que se especifiquen y determinen con claridad, como mínimo, los siguientes puntos:

- Documentos a aportar por el Contratista
- Condiciones de ocupación del edificio e inicio de las obras
- Determinación de los gastos de enganches y consumos
- Responsabilidad y obligaciones del Contratista: Legislación laboral
- Responsabilidad y obligaciones del Promotor
- Presupuesto del Contratista
- Revisión de precios
- Forma de pago: Certificaciones
- Retenciones en concepto de garantía (nunca menos del 5%)
- Plazos de ejecución: Planning

- Retraso de la obra: Penalizaciones
- Recepción de la obra: Provisional y definitiva
- Litigio entre las partes

Dado que este Pliego de Condiciones Económicas es complemento del contrato de obra, en caso de que no exista contrato de obra alguno entre las partes se le comunicará a la Dirección Facultativa, que pondrá a disposición de las partes el presente Pliego de Condiciones Económicas que podrá ser usado como base para la redacción del correspondiente contrato de obra.

3.2 Criterio general

Todos los agentes que intervienen en el proceso de la construcción, definidos en la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación (L.O.E.), tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas, pudiendo exigirse recíprocamente las garantías suficientes para el cumplimiento diligente de sus obligaciones de pago.

3.3 Precios

Si el Contratista, antes de la firma del contrato de obra, no hubiese realizado la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.

3.4 Fianzas

En el caso de que el Contratista presente una fianza si se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas. el arquitecto-director, en nombre y representación del promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o, podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza o garantía, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el promotor, en el caso de que el importe de la fianza o garantía no bastare para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

La fianza recibida será devuelta al Contratista en un plazo establecido en el contrato de obra, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra.

3.5 Indemnizaciones

La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un porcentaje del importe total de los trabajos contratados o cantidad fija, que deberá indicarse en el Contrato suscrito entre Contratista y Promotor, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el Calendario de obra. Las sumas resultantes se descontarán y retendrán con cargo a la fianza o a la retención.

3.6 Seguro y conservación de la obra

El Contratista está obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva. El Contratista está obligado a conservar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

3.7 Retención en concepto de garantía

Del importe total de las certificaciones se descontará un porcentaje, que se retendrá en concepto de garantía. Este valor no deberá ser nunca menor del 5% y responderá de los trabajos mal ejecutados y de los perjuicios que puedan ocasionar al Promotor. Esta retención en concepto de garantía quedará en poder del Promotor durante el tiempo designado como periodo de garantía, pudiendo ser dicha retención, "en metálico" o mediante un aval bancario que garantice el importe total de la retención.

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Director de Obra, en representación del Promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

La fianza retenida en concepto de garantía será devuelta al Contratista en el plazo estipulado en el contrato, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas atribuibles a la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros o subcontratos.

3.8 Plazos de ejecución de la obra

En el contrato de obra deberán figurar los plazos de ejecución y entregas, tanto totales como parciales. Además, será conveniente adjuntar al respectivo contrato un Planning de la ejecución de la obra donde figuren de forma gráfica y detallada la duración de las distintas partidas de obra que deberán conformar las partes contratantes.

3.9 Liquidación final de obra

Entre el Promotor y Contratista, la liquidación de la obra deberá hacerse de acuerdo con las certificaciones conformadas por la Dirección de Obra. Si la liquidación se realizará sin el visto bueno de la Dirección de Obra, ésta sólo mediará en caso de desavenencia o desacuerdo, en el recurso ante los Tribunales.

Si el Promotor no efectuase el pago de las obras ejecutadas, dentro del mes siguiente al que se hubiere comprometido, el Contratista tendrá el derecho de percibir la cantidad pactada en el Contrato suscrito con el Promotor, en concepto de intereses de demora, durante el espacio de tiempo del retraso y sobre el importe de la mencionada certificación. Si aún transcurrieran dos meses a partir del término de dicho plazo de un mes sin realizarse dicho pago, tendrá derecho el Contratista a la resolución del contrato, procediéndose a la liquidación correspondiente de las obras ejecutadas y de los materiales acopiados, siempre que éstos reúnan las condiciones preestablecidas y que su cantidad no exceda de la necesaria para la terminación de la obra contratada o adjudicada.

4. Condiciones generales legales.

4.1 Contrato de obra

El Contratista, con carácter general, está obligado a ejecutar esmeradamente todas las obras que se le asignan, así como a cumplir rigurosamente todas las condiciones estipuladas en este Pliego o en el Contrato.

De la calidad y buena ejecución de las obras contratadas, el Contratista será el único responsable, no teniendo derecho a indemnizaciones en el caso de mayor precio que pudiese costarle la obra, ni por las erradas maniobras que cometiera durante la construcción, siendo a su cuenta y riesgo independientemente de la inspección que de ellas haya podido haber hecho el Técnico Director de obra.

4.2 Rescisión del contrato

La rescisión, si se produjera, se regirá por el Reglamento General de Contratación para Aplicación de la Ley de Contratos de Estado, por el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales y demás disposiciones vigentes. Serán causas suficientes de rescisión las siguientes:

- Muerte o incapacitación del Contratista
- Quiebra del Contratista
- Alteraciones del contrato por modificación del proyecto, variación en las unidades de obra, incumplimiento de contrato o abandono o suspensión de la obra sin causa justificada

4.3 Formalización del contrato

La formalización del contrato se verificará por documento privado con el compromiso por ambas partes, Propiedad y Contratista de elevarlo a Documento Público a petición de cualquiera de ellos, como complemento del Contrato, los Planos y demás documentos del Proyecto irán firmados por ambos.

5. Condiciones generales técnicas.

5.1 Condiciones técnicas particulares

Los productos, equipos y sistemas suministrados deberán cumplir las condiciones que sobre ellos se especifican en los distintos documentos que componen el Proyecto. Asimismo, sus calidades serán acordes con las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y que tendrán un carácter de complementariedad a este apartado del pliego. Tendrán preferencia en cuanto a su aceptabilidad aquellos materiales que estén en posesión de documento de idoneidad técnica que avale sus calidades, emitido por organismos técnicos reconocidos. El contratista será responsable de que los materiales empleados cumplan con las condiciones exigidas, independientemente del nivel de control de calidad que se establezca para la aceptación de los mismos.

El contratista notificará al director de ejecución de la obra, con suficiente antelación, la procedencia de los materiales que se proponga utilizar, aportando, cuando así lo solicite el director de ejecución de la obra, las muestras y datos necesarios para decidir acerca de su aceptación.

Estos materiales serán reconocidos por el director de ejecución de la obra antes de su empleo en obra, sin cuya aprobación no podrán ser acopiados en obra ni se podrá proceder a su colocación. Así mismo, aún después de colocados en obra, aquellos materiales que presenten defectos no percibidos en el primer reconocimiento, siempre que vaya en perjuicio del buen acabado de la obra, serán retirados de la obra. Todos los gastos que ello ocasionase serán a cargo del Contratista. En los materiales y equipos con garantía propia, se trasladará la garantía que concede el fabricante.

5.2 Conducciones

La planta está compuesta por una red de tuberías, las tuberías que transportan la suspensión de mica y las tuberías de las instalaciones de sanitarios, limpieza de equipos, etc.

Las tuberías serán del tipo, diámetro y presión de servicio que se indican en las Mediciones y Presupuestos de este proyecto y cumplirán las especificaciones contenidas dichos documentos.

Las piezas especiales, serán capaces de soportar presiones de prueba y trabajo iguales a las tuberías en que hayan de instalarse. El cuerpo principal de estos elementos, será del material indicado en los Planos, y si no se especificase en estos, serán del material que garantice el fabricante de reconocida solvencia nacional, previa aprobación del Director de las obras, quien también ha de autorizar los modelos a utilizar. En todo caso, el acabado de las piezas especiales, será perfecto y de funcionamiento, durabilidad y resistencia. Deberán acreditarse mediante los oportunos certificados oficiales.

La superficie interior de cualquier elemento, sea tubería o pieza especial, será lisa, no pudiendo admitirse otros defectos de regularidad que los de carácter accidental o local que queden dentro de las tolerancias prescritas y que no representen ninguna merma de la calidad de circulación de agua. La reparación de tales desperfectos no se realizará sin la previa autorización del Director de obras.

Los tubos y demás elementos de las conducciones y redes, estarán bien terminados, con espesores regulares y cuidadosamente trabajados y deberán resistir sin daños todos los esfuerzos que estén llamados a soportar en servicio y durante las pruebas

5.3 Accesorios

Los accesorios, como válvulas y codos, se instalarán en cada tramo del material que corresponda a éste y teniendo en cuenta el diámetro nominal, para asegurar la compatibilidad entre los diferentes elementos.

5.4 Bombas

Los sistemas de bombeo a utilizar y sus características se indican en el documento Anexos. El lugar de emplazamiento de estas bombas se situará lo más cerca posible del nivel del líquido evitando tramos de aspiración demasiado largos. Para su correcto funcionamiento deberá colocarse la bomba en tal posición para que el NPSH disponible sea siempre mayor al requerido.

La tubería de aspiración debe ser corta, hermética a la entrada de aire, con el menor número de codos, y éstos con el mayor radio de curvatura. El último tramo antes de la bomba debe ser recto.

La tubería de impulsión debe ser hermética, debe estar dimensionada adecuadamente para no causar excesivas pérdidas de carga, y, si es necesario, se instalará una válvula de retención a la salida de la bomba.

5.5 Instalación eléctrica

Las instalaciones eléctricas serán ejecutadas por la Empresa especializada, en posesión de todos los requisitos que establece la legislación vigente. Toda la documentación acreditativa será presentada por el Director de las Obras para que pueda emitir la oportuna autorización de comienzo de los trabajos

Todo el personal que intervenga en cualquier ejecución en cualquier parte de las instalaciones eléctricas, aunque sea accesorio, deberá estar en posesión de los oportunos certificados de calificación profesional.

Será condición necesaria para que la dirección autorice su intervención en los trabajos, la entrega de una copia, autenticada por la empresa especializada, de los certificados mencionados, así como la justificación de estar de alta en el Libro de Matrícula.

Antes de iniciar la obra, el Contratista presentará unos planos de detalle que indiquen preferentemente una situación real de los recorridos de canalizaciones y conductores. Al finalizar la obra, presentará los mismos planos corregidos en la forma como se hizo.

Los materiales y ejecución de la instalación eléctrica cumplirán lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Alta y Baja Tensión y Normas BT. complementarias. Asimismo se adoptan las diferentes condiciones previstas en las normas:

- NTE-IEB: "Instalación eléctrica de baja tensión".
- NTE-IEE: "Alumbrado exterior".
- NTE-IEI: "Alumbrado interior".
- NTE-IEP: "Puesta a tierra"
- NTE-IER: "Instalaciones de electricidad. Red exterior".

5.6 Instalación de la maquinaria

Todas las partes de la maquinaria que deben estar en contacto con los elementos a tratar, serán de material inalterable, con superficie lisa y fácilmente limpiable.

Los elementos móviles deberán estar provistos de los debidos dispositivos de protección para el manejo del operador. Si en condiciones de trabajo normales una máquina, con fuerza de acondicionamiento suficiente y manejado de acuerdo con las instrucciones, no diera el rendimiento garantizado, se comunicará a la casa vendedora para que comunique las deficiencias y haga las modificaciones oportunas. Si en el plazo de un mes, estas deficiencias no fueran subsanadas, la casa se hará cargo de la maquinaria, puesta, embalada en la estación más próxima a la residencia del cliente, devolviendo el mismo importe que haya pagado, o suministrándole a elección de este, en sustitución de la maquinaria retirada, otra de rendimiento correcto.

Serán de cuenta de la casa suministradora el transporte, embalaje, derechos de aduanas, riesgos, seguros e impuestos hasta que la maquinaria se encuentre en el lugar de su emplazamiento. El montaje será por cuenta de la casa vendedora, si bien el promotor proporcionará las escaleras, instalación eléctrica, herramienta gruesa y material de albañilería, carpintería y cerrajería necesaria para el montaje, así como personal auxiliar para ayudar al especializado que enviará la empresa suministradora.

El plazo que para la entrega de maquinaria pacte el promotor con el vendedor de la misma, no podrá ser ampliado más que por causa de fuerza mayor, como huelgas, lockout, movilización del ejército, guerra o revolución. Será por cuenta de la entidad vendedora suministrar los aparatos y útiles precisos para ejecutar las pruebas de las máquinas y verificar las comprobaciones necesarias, siendo de su cuenta los gastos que originen éstas.

En cada máquina o grupo de máquinas, se establecerá una fecha de prueba con el objeto de poder efectuar la recepción provisional, para el plazo mínimo de garantía de un año, en el cual su funcionamiento ha de ser perfecto, comprometiéndose la empresa suministradora a reponer por su cuenta las piezas que aparezcan deterioradas a causa de una defectuosa construcción o instalación y a subsanar por su cuenta las anomalías o irregularidades de funcionamiento que impidan su uso normal.

6.Estado de mediciones

ÍNDICE

1. Estado de mediciones	1
1.1 Maquinaria	1
1.2 Conducciones	2
1.3 Parcela	2
1.4 Obra civil	3

1. Estado de mediciones

El estado de mediciones hace parte de los documentos básicos del proyecto, cuya finalidad es determinar las unidades, las características y los modelos de cada unidad de obras. A continuación se detallan las partidas que componen el proyecto:

- Maquinaria
- Conducciones
- Parcela
- Obra civil

1.1 Maquinaria

En la *Tabla E.1.1.1* se muestra el estado de mediciones de la maquinaria que constituye la planta de flotación.

Tabla E.1.1.1 Estado de mediciones de la maquinaria

Maquinaria	Unidad	Cantidad
Báscula	Ud.	1
Pala cargadora	Ud.	1
Tolva	Ud.	1
Triturador primario	Ud.	1
Cinta transportadora	Ud.	52
Tanque de acondicionamiento	Ud.	1
Molino de bolas	Ud.	1
Depósito de agua	Ud.	1
Celda uno	Ud.	1
Celda dos	Ud.	1
Columna de flotación	Ud.	1
Tanque de lavado	Ud.	1
Filtro prensa	Ud.	1

Diseño de una planta de flotación para la obtención de mica

Maquinaria	Unidad	Cantidad
Secador	Ud.	1
Bomba 1	Ud.	1
Bomba 2	Ud.	1
Bomba 3	Ud.	1

1.2 Conducciones

En la **Tabla E.1.2.1** se muestra el estado de mediciones de las conducciones y accesorios.

Tabla E.1.2.1 Presupuesto de las conducciones y accesorios

Elemento	Unidad	Cantidad
Tuberías de agua ($D \in [0,2-0,4]$ m)	m	97,16
Tuberías de la mezcla ($D > 0,4$ m)	m	115,22

1.1.3 Parcela

En la **Tabla E.1.3.1** se muestra el estado de mediciones de las conducciones y accesorios.

Tabla E.1.3.1 Presupuesto de las parcela

Elemento	Unidad	Superficie
Parcela	m ²	15.300

1.1.4 Obra civil

En la *Tabla E.1.4.1* se muestra el estado de mediciones de las conducciones y accesorios.

Tabla E.1.4.1 Presupuesto de la obra civil

Edificios	Unidad	Superficie
Aseos y vestuarios	m ²	100
Oficinas	m ²	400
Deposito de homogeneización	m ²	400
Control	m ²	120
Nave industrial	m ²	4255
Almacén de producto acabado	m ²	1089

7.PRESUPUESTO

ÍNDICE

1. Presupuesto de Ejecución Material (PEM)	1
1.1 PEM Parcial	1
1.1.1 Maquinaria	1
1.1.2 Conducciones y accesorios	2
1.1.3 Parcela	2
1.1.4 Mano de obra	3
1.1.5 Obra civil	3
1.2 PEM Total	4
2. Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC)	5
3. Presupuesto total	6

1. Presupuesto de Ejecución Material (PEM)

1.1 PEM Parcial

El Presupuesto de Ejecución Material (PEM) está formado por el coste de la maquinaria, las conducciones, de la parcela, la mano de obra y la obra civil. A continuación se exponen detalladamente las partidas presupuestadas que forman parte del PEM.

1.1.1 Maquinaria

La maquinaria es la primera partida presupuestaria y está formada por todos los equipos de la instalación del proyecto. En la **Tabla P.1.1.1** se muestran los equipos y sus precios.

Tabla P.1.1.1 Presupuesto de la maquinaria

Maquinaria	Unidad	Cantidad	Precio Ud. (€/u) (€/m)*	Precio (€)
Báscula	Ud.	1	72.000,00	72.000,00
Pala cargadora	Ud.	1	150.000,00	150.000
Tolva	Ud.	2	5.000,00	10.000
Triturador primario	Ud.	1	4139,04	4139,04
Cinta transportadora	Ud.	52	228,69	11.831,88
Tanque de acondicionamiento	Ud.	1	12.000,00	12.000,00
Molino de bolas	Ud.	1	30.180,50	30.180,50
Depósito de agua	Ud.	1	3.000,00	3.000,00
Celda uno	Ud.	1	33.800,00	33.800,00
Celda dos	Ud.	1	25.400,00	25.400,00
Columna de flotación	Ud.	1	14.500,00	14.500,00
Filtro prensa	Ud.	1	8.200,00	8.200,00
Secador	Ud.	1	8.600,00	8.600,00
Tanque de lavado	Ud.	1	12.000,00	12.000,00
Bomba 1	Ud.	1	722,00	722,00

Diseño de una planta de flotación para la obtención de mica

Maquinaria	Unidad	Cantidad	Precio Ud. (€/u) (€/m)*	Precio (€)
Bomba 2	Ud.	1	1370,42	1370,42
Bomba 3	Ud.	1	430,00	430,00
Total		398.173,84		

1.1.2 Conducciones y accesorios

En la segunda partida se presupuestan las conducciones y accesorios, previamente calculadas en el documento “3. Anexos” en el apartado “1.11 Conducciones y accesorios” el diámetro y en el documento “4 . Planos” la longitud y el coste en apartado “3.7 Cálculo del coste de las conducciones y accesorios” del documento “3. Anexos”, y vienen representados en la **Tabla P.1.1.2**.

Tabla P.1.1.2 Presupuesto de las conducciones y accesorios

Elemento	Unidad	Cantidad	Precio Ud. (€)	Precio (€)
Tuberías de agua ($D \in [0,2-0,4]$ m)	m	97,16	60	5.829,60
Tuberías de la mezcla ($D > 0,4$ m)	m	115,22	100	11.522,00
Total		17.351,60		

1.1.3 Parcela

La tercera partida hace referencia al coste de la parcela que fue elegida en el apartado “2. Distribución en planta por el método de SLP” del documento “3. Anexos” mediante el método multicriterio de jerarquías analíticas. A continuación se muestra en la **Tabla P.1.1.3** el presupuesto de la parcela.

Tabla P.1.1.3 Presupuesto de la parcela

Elemento	Unidad	Superficie	Coste (€/m ²)	Coste total (€)
Parcela	m ²	15.300	30	459.000,00

1.1.4 Mano de obra

Cabe comentar que en el documento “6 . Estado de mediciones” no se ha definido dicha partida, pero se debe de tener en cuenta la mano de obra para poner en marcha el proceso, con lo cual se tendrá en cuenta para los presupuestos.

Según las estimaciones proporcionadas por el colegio de ingenieros industriales de la Comunidad Valenciana los costes de la mano de obra son un 15% del precio de los equipos. En la **Tabla P.1.1.4** se muestra los presupuestos de la mano de obra

Tabla P.1.1.4 Presupuesto de la mano de obra

Elemento	Unidad	Cantidad	Precio equipos (€)	Precio total (€)
Mano de obra	%	15	398.173,84	59.726,08

1.1.5 Obra civil

La quinta partida hace referencia a la obra civil, está obra civil corresponde a todos los edificios que se construirá en la empresa, como oficinas, aseos y vestuarios, almacenes o cualquier otro tipo de edificio junto a sus correspondientes costes de construcción.

En la **Tabla P.1.1.5** se muestra el coste del metro cuadrado determinado según los ratios económicos establecidos por el Colegio de Ingenieros de la Comunidad Valenciana.

Tabla P.1.1.5 Presupuesto de la obra civil

Edificios	Unidad	Superficie	Coste (€/m ²)	Coste total (€)
Aseos y vestuarios	m ²	100	300	30.000,00
Oficinas	m ²	400	300	120.000,00
Deposito de homogeneización	m ²	400	175	70.000,00
Control	m ²	120	300	36.000,00
Nave industrial	m ²	4255	175	744.625,00
Almacén de producto acabado	m ²	1089	175	190.575,00
Total		1.191.200,00		

1.2 PEM Total

Una vez conocido todos los presupuestos calculados en los apartados previos, en la **Tabla P.1.2.1** se muestra el valor del PEM total, que corresponde a la suma de todas las partidas.

Tabla P.1.2.1 Presupuesto de ejecución material (PEM)

Elementos	Coste (€)
Maquinaria	398.173,84
Conducciones y accesorios	17.351,60
Parcela	459.000,00
Mano de obra	59.726,08
Obra civil	1.191.200,00
Total (PEM)	2.125.451,52

2. Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC)

Una vez conocido el valor del PEM, se procede a calcular el valor del Presupuesto de Ejecución por Contrata también conocido como PEC, el cual corresponde a la suma del PEM, los gastos generales, como por ejemplo gastos de seguridad, salud y gestión de residuos entre otros gastos. En el caso de gastos generales, estos son aproximadamente un 20% del PEM y el beneficio industrial corresponde a un total del 6% del PEM. Como se muestra en la *Tabla P.2.1*

Tabla P.2.1 Presupuesto de ejecución por contrata (PEC)

Elemento	Coste total (€)
PEM	2.125.451,52
Gastos generales	425.090,30
Beneficio industrial	127.527,09
Total (PEC)	2.678.068,91

3. Presupuesto total

Una vez conocido el valor del PEC se puede conocer el valor del presupuesto total, que es el 21 % de IVA aplicado al PEC más el valor del PEC y el valor resultante corresponde a la inversión inicial. En la **Tabla P.3.1** se muestra el presupuesto total.

Tabla P.3.1 Presupuesto total

Elemento	Coste total (€)
PEC	2.678.068,91
IVA	562.394,47
Presupuesto total	3.240.463,38

El presupuesto total del proyecto “*Diseño de una planta de flotación para la obtención de mica*” asciende a **TRES MILLONES DOSCIENTOS CUARENTA MIL CUATROCIENTOS SESENTA TRES EUROS CON TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS.**