



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
PIRHUA

# DISEÑO DE PLANTA PARA LA PRODUCCIÓN DE CARBONATO DE CALCIO A PARTIR DE LA CONCHA DE ABANICO

Luis Guevara-Alburqueque, Gianfranco  
Castro-Olaya

Piura, marzo de 2018

FACULTAD DE INGENIERÍA

Área Departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas

Guevara, L. y Castro, G. (2018). *Diseño de planta para la producción de carbonato de calcio a partir de la concha de abanico* (Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial y de Sistemas). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Piura, Perú.



Esta obra está bajo una licencia

[Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

[Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura](https://repositorio.institucional.pirhua.edu.pe/)

**UNIVERSIDAD DE PIURA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**“Diseño de planta para la producción de carbonato de calcio a partir de la concha de abanico”**

Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas

Luis Gerardo Guevara Alburqueque  
Gianfranco Edilberto Castro Olaya

Asesor: Dr. Ing. José Luis Calderón Lama  
Co-asesora: Dra. Ing. Fabiola Del Rosario Ubillús Albán

Piura, 2018

*A Dios*, por sus infinitas bendiciones.  
*A mis padres*, por sus consejos y ejemplos.  
*A mis hermanos*, por haberme apoyado en todo momento.  
*A mis asesores de tesis*, por su gran apoyo y motivación.

## **Prólogo**

La realización de la presente tesis nace de un trabajo en el curso de Proyectos, en el cual se abordó el problema de la perspectiva de la contaminación ambiental producida por los residuos (valva) de la concha de abanico en la ciudad de Sechura, que son generados por la industria acuícola. Los residuos son arrojados en basureros clandestinos, ubicados en la carretera que conduce a la playa de Chulliyache y a Parachique generando olores nauseabundos en la zona.

Según el director regional de producción, Ing. Ermis Castro More, anualmente se arrojan en Sechura más de 100 mil toneladas de residuos sólidos de concha de abanico (que van a los botaderos antes mencionados). Por ello, se ha ideado una propuesta alternativa para la utilización de los residuos de concha de abanico con el fin de erradicar la contaminación producida por dichos residuos y aprovechar el recurso para generar carbonato de calcio.

En los últimos años, la tendencia al consumo de carbonato de calcio ha ganado una mayor participación en el mercado nacional, debido a la gran variedad de aplicaciones en las cuales se utiliza este producto. Por ello, el desarrollo de esta investigación pretende establecer condiciones óptimas de operación para su producción a nivel industrial.

El Perú posee regiones en donde se presenta la misma problemática ambiental que se da en la ciudad de Sechura. Lo cual permite una ventaja competitiva para las empresas que quieran competir en este sector. Finalmente, agradecemos al doctor José Luis Calderón, por su asesoría, apoyo y contribución en la elaboración de esta investigación. A la doctora Fabiola Del Rosario Ubillús Albán, por su orientación y consejos técnicos en el apoyo brindado con el desarrollo en la parte experimental.



## **Resumen**

La presente tesis tiene por finalidad utilizar los residuos de concha de abanico en la provincia de Sechura, con el fin de erradicar la contaminación producida por dichos residuos, a través del diseño de una planta industrial para la obtención de carbonato de calcio. En este sentido, a través de pruebas experimentales se determinó que podemos obtener carbonato de calcio de muy alta pureza a partir de los residuos de las conchas de abanico, utilizando un lavado con hidróxido de sodio al 10 % de volumen, un lavado con ácido clorhídrico al 10 % de volumen y exponiendo las conchas a entre 180 y 220 °C de temperatura en un horno.

La ubicación más adecuada para la planta está en Sechura y su capacidad de producción será de 97.29 t/día de carbonato de calcio. El proceso será lineal y requerirá un área total de 3079.75 m<sup>2</sup>.

Finalmente, se ha determinado que es necesaria una inversión inicial de 5 839 237.83 soles, y el análisis económico y financiero muestra la viabilidad y rentabilidad de este proyecto, presentando utilidades e indicadores (VAN y TIR) positivos.



## Índice

<b>Introducción</b> .....	1
<b>Capítulo 1. Marco teórico</b> .....	3
1.1. Carbonato de calcio .....	3
1.2. Procesos de formación del carbonato de calcio .....	5
1.3. Variedades comerciales .....	8
1.4. Usos y aplicaciones .....	8
<b>Capítulo 2. Estudio de mercado</b> .....	15
2.1. Descripción del producto .....	15
2.2. Estudio de la demanda .....	15
2.2.1. Consumo nacional aparente .....	15
2.2.2. Pronóstico de la demanda .....	17
2.3. Estudio de la oferta .....	18
2.3.1. Importaciones peruanas de carbonato de calcio .....	18
2.3.2. Exportaciones de carbonato de calcio .....	19
<b>Capítulo 3. Ingeniería del proyecto</b> .....	23
3.1. El producto .....	23
3.1.1. Propiedades físicas y características técnicas .....	23
3.1.2. Materia prima .....	24
3.1.3. Insumos .....	25
3.2. Diseño del proceso de producción .....	25
3.3. Capacidad de la fábrica .....	31
3.3.1. Relación tamaño-demanda de producto terminado .....	32
3.3.2. Relación tamaño-tecnología .....	32
3.3.3. Relación tamaño-oferta de materia prima .....	33
3.3.4. Elección de la capacidad de planta .....	34
3.4. Balance de materiales .....	34

3.5.	Requerimientos de maquinaria y equipo .....	38
3.6.	Requerimientos de mano de obra directo .....	46
3.7.	Localización de la fábrica.....	47
3.8.	Distribución en planta.....	52
3.8.1.	Tabla de interrelaciones .....	54
3.8.2.	Diagrama relacional de actividades.....	55
3.8.3.	Cálculo de superficies .....	60
3.8.4.	Diagrama de bloques.....	75
3.8.5.	Modificaciones prácticas.....	78
3.8.6.	Layout.....	79
3.8.7.	Evaluación y selección .....	82
<b>Capítulo 4.</b>	<b>Organización de la empresa .....</b>	<b>85</b>
4.1.	Organigrama .....	85
4.2.	Necesidad de personal .....	86
4.3.	Funciones del personal .....	87
<b>Capítulo 5.</b>	<b>Costos de producción .....</b>	<b>89</b>
5.1.	Costos directos.....	89
5.2.	Costos indirectos.....	91
5.3.	Costos totales y costo unitario .....	95
<b>Capítulo 6.</b>	<b>Estudio económico y financiero.....</b>	<b>97</b>
6.1.	Inversión .....	97
6.2.	Financiamiento .....	99
6.3.	Flujo de caja económico .....	100
6.4.	Indicadores financieros de evaluación: VAN y TIR .....	102
<b>Capítulo 7.</b>	<b>Estudio de la viabilidad.....</b>	<b>107</b>
7.1.	Viabilidad legal.....	107
7.2.	Viabilidad social .....	110
7.3.	Viabilidad ambiental.....	110
<b>Conclusiones .....</b>		<b>113</b>
<b>Recomendaciones .....</b>		<b>115</b>
<b>Bibliografía .....</b>		<b>117</b>
<b>Anexo A .....</b>		<b>121</b>
<b>Anexo B .....</b>		<b>122</b>
<b>Anexo C .....</b>		<b>123</b>
<b>Anexo D .....</b>		<b>124</b>

<b>Anexo E</b> .....	126
<b>Anexo F</b> .....	128
<b>Anexo G</b> .....	131
<b>Anexo H</b> .....	132



## **Introducción**

La presente tesis tiene por finalidad presentar una propuesta alternativa para poder aprovechar los residuos (valva) de la concha de abanico, generados por la industria acuícola en la provincia de Sechura. Dado que los residuos de la concha de abanico están formados por carbonato de calcio en gran medida, entonces se tratará de obtener carbonato de calcio para poder vender este producto a las industrias peruanas.

El primer capítulo brinda una perspectiva general del carbonato de calcio, describiendo sus variedades comerciales y sus aplicaciones en la industria. El segundo capítulo comprende el estudio de mercado del carbonato de calcio haciendo énfasis en la oferta y la demanda de este producto. El tercer capítulo se define el producto, sus propiedades físicas y características técnicas; además, se determina el diseño del proceso de producción de carbonato de calcio, la localización y la distribución de la planta. El cuarto capítulo describe cual sería la adecuada organización de la empresa. El quinto capítulo especifica los costos de producción de la empresa. En el sexto y séptimo capítulos se analiza la viabilidad económica, legal, social y ambiental de esta propuesta, cuyo resultado indica una rentabilidad y liquidez que permitirían a la empresa crecer y diversificar su producción.

Finalmente, se muestran las conclusiones y recomendaciones.



# Capítulo 1

## Marco teórico

### 1.1. Carbonato de calcio

Es un compuesto químico ternario perteneciente a la categoría de las sales<sup>1</sup> derivadas del ácido carbónico (anión carbonato), formado por un átomo de calcio (Ca), un átomo de carbono (C) y tres átomos de oxígeno (O), cuya fórmula química es  $\text{CaCO}_3$ .

La nomenclatura química nombra a este compuesto inorgánico de acuerdo a tres sistemas de nomenclatura: bajo el enfoque de la nomenclatura sistemática es nombrado como trioxcarbonato (IV) de calcio, bajo el enfoque de la nomenclatura stock es nombrado como carbonato de calcio y bajo el enfoque de la nomenclatura tradicional es nombrado como carbonato cálcico.

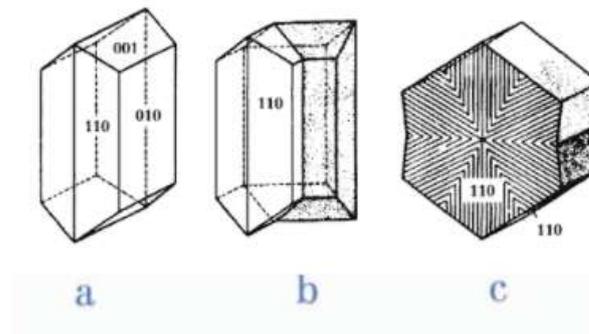
Cerca del 4% de la corteza terrestre se encuentra constituida por  $\text{CaCO}_3$ , que se encuentra fundamentalmente en minerales, rocas y algunos esqueletos invertebrados como moluscos, corales; así como espículas de esponjas y como parte de la cáscara del huevo de vertebrados (Wikipedia, Carbonato de calcio, 2017). En la naturaleza, este compuesto está presente en tres polimorfos:

#### a. Aragonita

Es un mineral de color blanco amarillento o gris también compuesto por  $\text{CaCO}_3$ . Este mineral presenta una densidad y dureza mayor que la calcita, y además, es menos estable y menos común. La aragonita representa un constituyente importante de lodos calcáreos marinos poco profundos. También está presente en las conchas de los invertebrados, en los exoesqueletos de bivalvos y las perlas que estos producen. En la figura 1 el cristal **a** representa la forma más rara de cristales de aragonita y, **b** y **c** son los cristales más comunes (Wolfgang Tegethoff, 2012).

---

<sup>1</sup> Las sales que se forman mediante la combinación química de un ácido y una base.



**Figura 1.** Formas de cristales de aragonito.

**Fuente:** (Wolfgang Tegethoff, 2012).

### b. Calcita

Es el mineral más común formador de rocas. Usualmente este mineral es de color blanco, aunque en algunas ocasiones puede ser transparente, pálido o mostrar diferentes escalas de grises, rara vez amarillo y azul. Posee un lustre cristalino de distintas formas (ver figura 2) y una dureza de 3 dentro de la escala de Mohs<sup>2</sup> y reacciona con efervescencia ante el ácido clorhídrico. Asimismo, la calcita es el principal constituyente de rocas como la caliza y en algunas margas, en las que ocurre en estado cristalino. De igual modo, se le encuentra presente en los exoesqueletos de diversos grupos de invertebrados tales como corales, esponjas, etc. (Wolfgang Tegethoff, 2012).



**Figura 2.** Formas de cristales de calcita.

**Fuente:** (Wolfgang Tegethoff, 2012).

### c. Vaterita

Es un mineral muy raro, no presenta color y tiene un arreglo hexagonal. Su fórmula es  $\mu\text{-CaCO}_3$  y representa una forma muy rara de carbonato de calcio. Es más soluble que la calcita y el aragonito. Este mineral rara vez es observado en sistemas naturales y en materiales producidos por un ser vivo. Es relativamente fácil producirlo bajo condiciones de laboratorio (Wolfgang Tegethoff, 2012).

<sup>2</sup> Es una relación de 10 minerales ordenados por su dureza, de menor a mayor.

### Propiedades físicas y químicas:

El carbonato de calcio es un mineral que tiene una reacción efervescente cuando se pone en contacto con ácidos diluidos desprendiendo CO<sub>2</sub>. Ejemplo:



Es un mineral que se descompone al calentarse en un rango de temperatura que varían entre 825 y 1 339 °C formando óxido de calcio o cal viva. El carbonato de calcio es un polvo blanco o cristales incoloros, inodoros e insípidos, insoluble en alcohol, con baja solubilidad en agua (1-2 mg/100 ml); altamente soluble en ácidos diluidos y cloruro de amonio. Tiene una densidad entre 2,6 y 2,95 g/cm<sup>3</sup>, una dureza de 3 a 4 en la escala de Mohs, una humedad máxima de 0,09 % (Wolfgang Tegethoff, 2012).

### 1.2. Procesos de formación del carbonato de calcio

Los procesos de formación de carbonato de calcio son: tipo terrestre, bioquímico y marino inorgánico.

#### a. Tipo terrestre

Como se observa en la figura 3, el carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) se disuelve con mucha facilidad en agua que contiene dióxido de carbono disuelto, esto produce una reacción con el CO<sub>2</sub> y el H<sub>2</sub>O que forma bicarbonato de calcio [Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>], un compuesto intermedio de alta solubilidad.

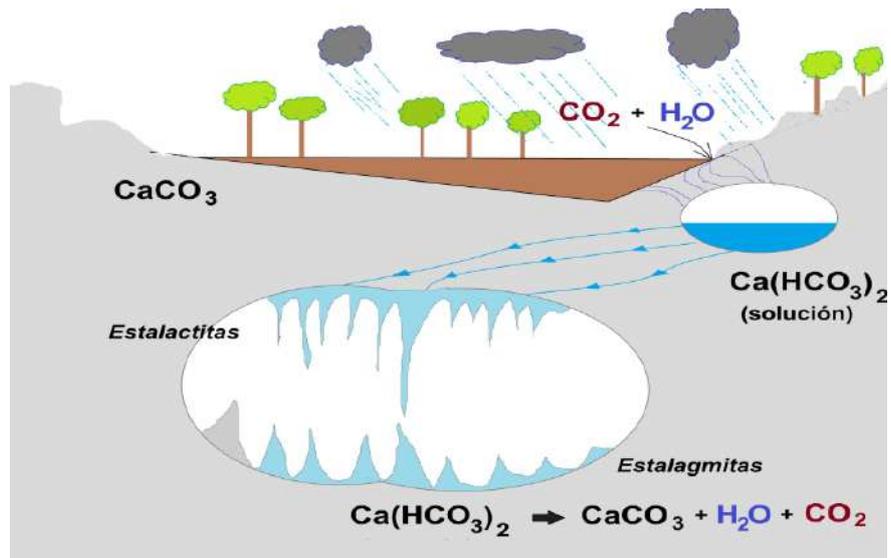
Cuando el CO<sub>2</sub> se libera bruscamente a la atmósfera, se produce la reacción inversa aumentando la concentración de carbonato de calcio, lo que da lugar al carbonato de calcio precipitado. El proceso se describe mediante la siguiente reacción química:



La liberación de CO<sub>2</sub> se produce, fundamentalmente, en dos entornos: en el litoral cuando llegan a la superficie aguas cargadas de CO<sub>2</sub> y sobre los continentes, cuando las aguas subterráneas alcanzan la superficie. Este es el proceso fundamental de formación de grutas<sup>3</sup> y cuevas ricas en piedra caliza (Wikipedia, 2017).

---

<sup>3</sup> Es una cavidad de buen tamaño que se forma bajo la tierra, cuando el agua de la lluvia se filtra entre las rocas calcáreas, y las va disolviendo en un proceso que dura miles de años.

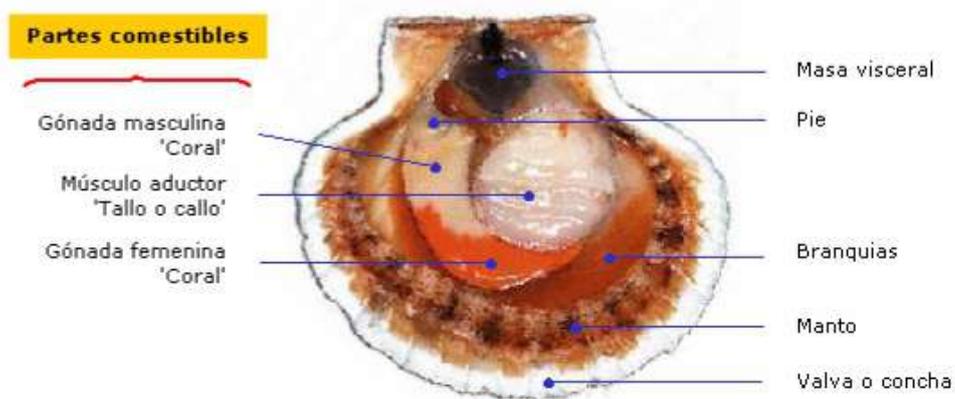


**Figura 3.** Formación terrestre del carbonato de calcio.

**Fuente:** (Wikipedia, 2017).

### b. Tipo bioquímico

Este proceso de formación se da principalmente en moluscos que necesitan escudo que los proteja de los depredadores y la desecación, es por ello que construyen sus propias conchas. A continuación, se explicará brevemente la formación de las conchas en los moluscos, por ejemplo, la concha de abanico.



**Figura 4.** Anatomía interna de la concha de abanico.

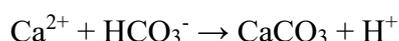
**Fuente:** (Maximixe Consult, 2011).

Los moluscos necesitan extraer calcio de su alimento, del agua, de las rocas y del ambiente. Este llegaría mediante el flujo sanguíneo al manto, que los concentra y los transforma en cristales. La concha está constituida generalmente por cristales de calcita, aragonita o ambos. Estos cristales de diferentes formas dan a las conchas diferencias en dureza y textura.

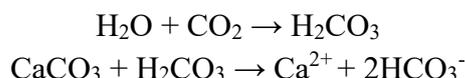
La concha se forma a partir del manto, tejido de la parte blanda del molusco (ver figura 4), que secreta carbonato cálcico y conquiolina<sup>4</sup>. Es fácil descubrir qué tipo de vida ha llevado el portador de la concha con solo ver sus líneas de crecimiento y su coloración (Baqueiro & Aldana, 1995).

### c. Tipo marino inorgánico

En la figura 5 se muestra la formación marino inorgánica del carbonato de calcio. La base química de la sedimentación de carbonatos es la abundancia relativamente alta de los iones de calcio  $\text{Ca}^{2+}$  y del bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) presentes generalmente en el agua del mar. La combinación de los iones mencionados forma calcita y un ion de hidrógeno, según la siguiente reacción química:



En el equilibrio, los iones  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{HCO}_3^-$  son disueltos. La precipitación inicia cuando hay cantidades mayores del ion de calcio o del ion bicarbonato o cuando hay cantidades iguales de estos dos iones y su producto sobrepasa el valor determinante para la saturación. Las siguientes reacciones describen la disolución de un sedimento calcáreo o de una caliza en agua con cierto contenido de  $\text{CO}_2$ :



Estas reacciones describen la meteorización química de los carbonatos y la disolución de sedimentos calcáreos formando una caverna o cueva. Los parámetros (ver tabla 1) que influyen en la disolución y la precipitación de  $\text{CaCO}_3$  son los siguientes (Griem, 2017):

- El contenido de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )
- El potencial de hidrógeno (pH)
- La temperatura
- La presión

**Tabla 1.** Resumen del comportamiento del calcio en el agua.

En el mar	Temperatura	pH	Presión	$\text{CO}_2$
Se disuelve	Baja	Ácido	Alta	Mayor
Se precipita	Alta	Básico	Baja	Menor

**Fuente:** (Griem, 2017).

<sup>4</sup> Sustancia orgánica que forma la concha de los moluscos.



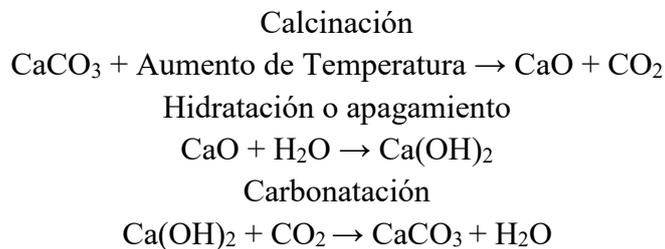
**Figura 5.** Formación marino inorgánico del carbonato de calcio.  
**Fuente:** (Griem, 2017).

### 1.3. Variedades comerciales

El carbonato de calcio se presenta en dos variantes comerciales que son el natural y el precipitado. El carbonato de calcio natural, obtenido por la molienda y micronización directa de la roca caliza y que cumple con las especificaciones químicas, físicas, granulométricas y mecánicas requeridas.

El carbonato de calcio precipitado es el compuesto químico de fórmula  $\text{CaCO}_3$ , obtenido por la precipitación del calcio en forma de carbonato. Tiene menos impurezas, más brillo y morfología controlada, teniendo composición química superior al 99% de  $\text{CaCO}_3$ . En promedio el tamaño de partícula de este tipo de carbonato es de 0,2 a 0,3  $\mu\text{m}$ , es decir, entre 10 y 50 más pequeño que el carbonato de calcio micronizado (Schweigger, 2005).

La forma más común para obtener carbonato de calcio precipitado consiste en pasar  $\text{CO}_2$  en forma de gas a una solución de lechada de cal, llevándose a cabo las siguientes reacciones químicas:



### 1.4. Usos y aplicaciones

Las propiedades físicas y químicas del carbonato de calcio son muy utilizadas en muchos sectores industriales que se desarrollarán a continuación:

### a. Vidrio

Dentro de este segmento, el carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) tiene la función de introducir óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) a la mezcla, brindar resistencia mecánica, brillo, estabilizar la red interna y actuar como fundente. Como principal fuente de este mineral tenemos a la caliza, debido a su alta disponibilidad y elevada pureza natural. Sin embargo, algunas veces presenta impureza de sílice, fosfato y óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ ) que sí están por debajo del 0.3 % la hacen ideal para una industria que requiere grandes cantidades de este material. Para que el carbonato de calcio sea utilizado en esta industria, principalmente en la elaboración de vidrio sódico-cálcico como vidrio para ventanas, botellas etc., debe cumplir con la siguiente composición química:

- 55.2 % de  $\text{CaO}$  mínimo.
- 0.035 % de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  máximo.
- 1 % máximo de residuos insolubles en ácido clorhídrico incluyendo  $\text{SiO}_2$ .
- 0.1 % de impurezas tales como manganeso, plomo, azufre etc. (expresado en óxidos).
- 1 % máximo de materia orgánica.
- Cero elementos colorantes del vidrio (Fernández Navarro, 2003).

### b. Papel

El uso del carbonato de calcio micronizado dentro de este segmento está dirigido básicamente a la producción de papel para escritura e impresión, funcionando como relleno, revestimiento y mejorando las propiedades del producto; como lo son el brillo, opacidad, acabado satinado, porosidad, propiedades estructurales del producto, blancura, durabilidad e incrementa la facilidad de impresión. En el cartón se ha utilizado básicamente en cartones plegables que se utilizan en la industria del empaque, funcionando principalmente como carga, para rellenar los espacios vacíos de la celulosa brindando mejores propiedades mecánicas y en ambas industrias, para que el proceso de producción se realice en medio neutro o alcalino.

El carbonato de calcio utilizado en este sector debe tener un tamaño de partícula promedio menor a la abertura de la malla #325 (44 micras) y una concentración de  $\text{CaCO}_3$  de 96.5 %, 2 % de  $\text{MgO}$  y 1.2 % de  $\text{SiO}_2$  (Chen, Qian, & An, 2011).

### c. Plásticos

El carbonato de calcio se utiliza principalmente como carga, en el polietileno, el polipropileno, el PVC y el poliestireno. Brinda rigidez, dureza y mejor resistencia a la abrasividad; además de mejorar sus propiedades ópticas, resistencia química, modifica sus propiedades eléctricas, gravedad específica y reduce costos.

La granulometría y morfología de la partícula del carbonato de calcio son parámetros muy importantes en la industria de los plásticos. Las formas que se desean son esferas, cubos o cuboides; pues de esta manera se incrementa la resistencia y a su vez actúa como relleno.

En cuanto al tamaño de partícula, es necesario un control muy estricto porque una mala distribución de tamaño de partícula o un tamaño muy grande o pequeño, lleva a la generación de esfuerzos cortantes innecesarios en el material que ocasionan su degradación. En la Tabla 2 se muestran los tamaños de partícula para los polímeros mencionados anteriormente (Xanthos, 2006).

**Tabla 2.** Tamaños de partícula recomendados para polímeros.

<b>Polímero</b>	<b>Tamaño de partícula (micras)</b>
PVC	1.5 a 4.0
Polietilenos	2.0 a 3.0
Polipropilenos	1.5 a 3.5

**Fuente:** (Xanthos, 2006).

#### **d. Pinturas e impermeabilizantes**

Las cargas naturales como la calcita, el talco y el cuarzo son las materias primas más abundantes en la elaboración de pinturas. De las anteriores, la más utilizada es la calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) debido a su disponibilidad en cantidades masivas con una calidad homogénea y constante a bajo costo (Schweigger, 2005). Además, mejora muchas propiedades como la capacidad extensora, la opacidad, apariencia mate, aumenta el efecto colorante, ajusta el brillo, imparte adhesión, incrementa el contenido de sólidos, reduce costos, incrementa la blancura, resistencia a la intemperie y mejora la resistencia a la abrasión.

Las principales características buscadas en la calcita micronizada son una blancura mayor a 90 % y un índice de refracción de 1,56 a 1,6, la morfología de las partículas (laminas o nódulos), granulometría y absorción de aceite (Calvo Carbonell, 2009).

A continuación, en la tabla 3 se detallan los tamaños de partícula recomendado para los distintos tipos de pinturas:

**Tabla 3.** Tamaño de partícula de distintos tipos de pinturas.

<b>Tipo de uso</b>	<b>Tamaño de partícula (µm)</b>
Pinturas de emulsión	0.9 – 7.0
Primarios	0.9 – 5.0
Pinturas comerciales	0.9 – 5.0
Pinturas contra la corrosión	1.5 – 5.0
Pinturas industriales	0.9 – 2.5
Pinturas texturizadas	30 – 160
Recubrimientos en polvo	0.9 – 20
Pinturas para señalización de caminos	0.9 – 20
Pinturas de silicón	0.9 – 160
Tintas de impresión	0.9
Pasta cepillada y automatizada	500 – 1500
Pasta aplicada con espátula	1000 – 3000
Pasta de grano abierto	1000 – 3500
Pasta aplicada con rodillo	500 – 2000
Pasta decorativa	1500 – 2500

**Fuente:** (Calvo Carbonell, 2009).

#### **e. Selladores y adhesivos**

El carbonato de calcio es el principal relleno para este tipo de productos por su bajo costo, alta disponibilidad, baja reactividad, baja absorción de aceite y por su característica coloración blanca. En este segmento, se usa principalmente en selladores automotrices y selladores para madera mejorando las siguientes características: reducción de costos, incremento de la resistencia al impacto y mejora las propiedades de cubrimiento (Martins Silva, Öchsner, & Adams, 2011).

#### **f. Abrasivos**

Dentro de este sector, el carbonato de calcio micronizado encuentra su principal aplicación en productos de limpieza como los pulidores en polvo, principalmente, impartándole al producto propiedades abrasivas, además de funcionar como neutralizador del proceso (Martins Silva, Öchsner, & Adams, 2011).

#### **g. Industria alimenticia**

En la industria alimenticia es utilizado tanto en la elaboración de alimentos balanceados para ganado y en el enriquecimiento de algunos productos alimenticios para consumo humano. En el primer caso su uso se dirige hacia la fabricación de alimentos para pollos, puercos, perros y gatos. Funcionando como complemento alimenticio, ya que es fuente de calcio, además de proporcionar

consistencia al producto. En el segundo segmento se utiliza para incrementar el contenido de calcio en los alimentos; sin embargo, también brinda al producto propiedades anti-apelmazantes, color, regulador de pH y gasificante (Cubero, Monferrer, & Villalta, 2002).

#### **h. Fertilizantes**

El principal uso del carbonato de calcio en la agricultura es elevar el pH de los suelos ácidos y reducir la concentración de aluminio soluble ( $Al^{3+}$ ) en la solución del suelo, ya que estas condiciones intervienen negativamente en el crecimiento de la mayoría de las plantas. Como resultado de la utilización de abonos con contenido de carbonato de calcio se obtiene un suelo más poroso, por tanto, mejor oxigenado, una mayor capacidad de drenado y un pH de 6.2 a 7.4, ya que en este rango de pH encontramos procesos como la nitrificación o la liberación de algunos nutrientes tales como el molibdeno, fósforo, potasio, magnesio, manganeso, boro y zinc, entre otros (International Plant Nutrition Institute, 2016).

A continuación, se exponen, en la tabla 4, las aplicaciones por segmento del carbonato de calcio, los productos terminados en los cuales es utilizado, las características que imparte al producto y su porcentaje de adición para cada caso.

**Tabla 4.** Principales aplicaciones por segmento de  $CaCO_3$

<b>Segmento</b>	<b>Producto terminado</b>	<b>Características que imparte el producto</b>	<b>Adición (%)</b>
Vidrio	Botellas de cristal ámbar y verde	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Brillantez</li> <li>- Estabilizador de la red interna</li> <li>- Fuente de CaO</li> <li>- Imparte propiedades de resistencia mecánica</li> <li>- Da cuerpo y consistencia</li> <li>- Fundente</li> </ul>	15 a 20
Papel	Para escritura Para impresión	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumenta blancura</li> <li>- Aumenta durabilidad</li> <li>- Aumenta opacidad</li> <li>- Tersura</li> <li>- Revestimiento</li> </ul>	10 a 15
Cartón	Cartón para envoltura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carga</li> <li>- Rellena espacios vacíos</li> </ul>	30
Selladores	Selladores automotrices Selladores de madera	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Añade sólidos</li> <li>- Da cuerpo</li> <li>- Reduce costos</li> <li>- Espesante</li> </ul>	25 a 30
Abrasivos	Productos de limpieza	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Neutraliza</li> <li>- Propiedades abrasivas</li> </ul>	40 a 50

Segmento	Producto terminado	Características que imparte el producto	Adición (%)
	Pulidores		
Pisos vinílicos	Pisos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abrasividad</li> <li>- Carga</li> </ul>	Sin datos
Plásticos	Calzado Suelas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumenta rigidez</li> <li>- Afecta las propiedades eléctricas</li> <li>- Mejora resistencia química</li> <li>- Reduce costos</li> <li>- Modifica la gravedad específica</li> </ul>	5 a 50
Pinturas	Esmaltes Pinturas vinílicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumenta el efecto colorante</li> <li>- Imparte adhesión</li> <li>- Incrementa el contenido de sólidos</li> <li>- Reduce costos</li> <li>- Proporciona opacidad y acabado mate</li> </ul>	Calidad baja: 20 Calidad alta: 5
Alimentos balanceados	Alimentos para pollos, perros, gatos, puercos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consistencia</li> <li>- Complemento alimenticio</li> <li>- Fuente de calcio</li> </ul>	Suele ser 1.5, 1.2 ó 1.0
Muebles para baño	Esmaltes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aspecto vidrado</li> </ul>	14
Artículos escolares	Tizas Plastilinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dureza</li> <li>- Cuerpo</li> <li>- Consistencia</li> </ul>	Sin datos
Impermeabilizantes	Impermeabilizantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consistencia</li> <li>- Carga</li> </ul>	Sin datos

**Fuente:** Análisis de INFOTEC, Sistema de Información Comercial de México (SICM).



## **Capítulo 2**

### **Estudio de mercado**

#### **2.1. Descripción del producto**

Existen básicamente, dos modalidades de producto de carbonato de calcio, el precipitado y el micronizado. Aunque presentan la misma composición, el proceso de obtención del producto terminado es distinto, lo que conlleva a diferentes mercados objetivos.

La demanda mundial de carbonatos de calcio ha ido incrementándose en los últimos años. La demanda sigue en aumento para ambas modalidades de productos, tanto para aplicaciones de recubrimiento de papel, como aditivo mineral en la industria del plástico.

#### **2.2. Estudio de la demanda**

##### **2.2.1. Consumo nacional aparente**

El consumo nacional de caliza está distribuido en la industria del cemento y construcción con más del 70%, más del 15% en fabricación del carbonato de calcio y la diferencia en la producción de cal. En la tabla 5 se puede observar el consumo aparente desde el año 1994 al 2007, el cual está determinado por la siguiente ecuación:

$$Ca = P + I - E$$

Donde:

$Ca$  es consumo aparente,  $P$  es la producción nacional,  $I$  son las exportaciones y  $E$  son las importaciones.

**Tabla 5.** Consumo nacional aparente de calizas (en toneladas métricas).

Años	Calizas para cemento y construcción	Calizas para carbonato de calcio	Calizas para cal	Total
1994	3 082 346	792 603	533 686	4 408 635
1995	3 585 390	921 957	620 785	5 128 132
1996	3 540 087	910 308	612 941	5 063 336
1997	3 588 588	922 780	621 338	5 132 706
1998	5 218 182	1 341 818	903 491	7 463 491
1999	5 106 758	1 313 166	884 199	7 304 123
2000	5 385 751	1 384 907	932 504	7 703 162
2001	4 068 643	1 046 222	704 456	5 819 321
2002	5 519 139	1 419 207	955 599	7 893 945
2003	6 000 205	1 542 910	1 038 893	8 582 008
2004	7 127 557	1 832 800	1 234 086	10 194 443
2005	8 254 909	1 890 000	1 032 307	11 177 216
2006	8 795 000	2 100 000	1 253 000	12 148 000
2007	9 726 598	2 208 133	1 192 045	13 126 776

**Fuente:** (Díaz & Ramírez, 2009).

En la tabla 6 se puede observar las importaciones y exportaciones de caliza en todas sus modalidades (cal viva, cal apagada y carbonato de calcio). Se puede ver que las cifras de importaciones y exportaciones son muy pequeñas en comparación con el consumo nacional aparente total en cada año, por lo tanto (según la ecuación planteada anteriormente), se puede deducir que la producción es muy similar al consumo aparente en el Perú. En la tabla 7 se muestran los datos correspondientes a la producción de calizas en el Perú, tomados de otra fuente confiable.

**Tabla 6.** Comercio exterior de calizas en el Perú (en toneladas métricas).

Años	Importaciones	Exportaciones
1994	-	-
1995	337	4 259
1996	230	6 059
1997	689	5 330
1998	3 602	4 322
1999	23 528	2 987
2000	22 623	1 209
2001	43 147	1 786
2002	7 626	2 446
2003	4 127	2 259
2004	15 437	2 003
2005	15 734	2 007
2006	4 648	2 544
2007	2 545	2 612

**Fuente:** (Díaz & Ramírez, 2009).

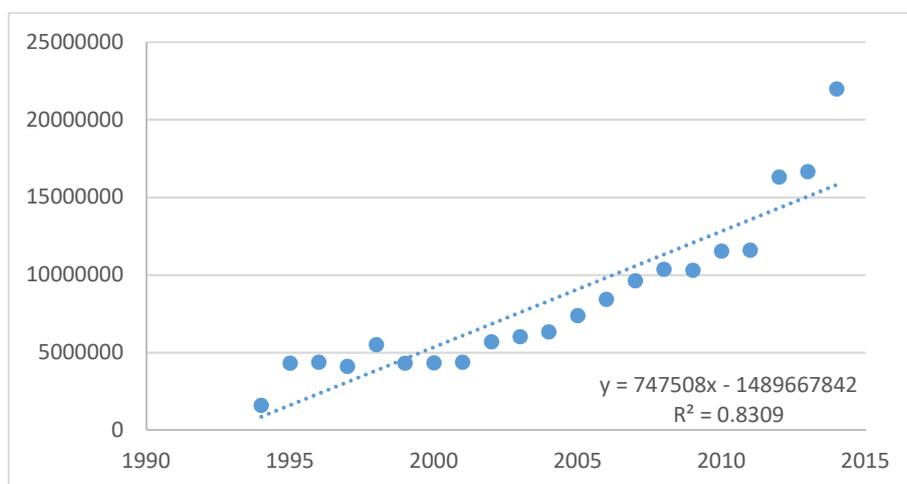
**Tabla 7.** Producción de calizas en el Perú (en toneladas métricas).

Años	Producción total	Para carbonato de calcio
1994	1 600 000	240 000.00
1995	4 315 000	647 250.00
1996	4 370 000	655 500.00
1997	4 097 000	614 550.00
1998	5 508 000	826 200.00
1999	4 313 000	646 950.00
2000	4 334 000	650 100.00
2001	4 370 865	655 629.75
2002	5 695 392	854 308.80
2003	6 021 502	903 225.30
2004	6 322 000	948 300.00
2005	7 385 000	1 107 750.00
2006	8 425 000	1 263 750.00
2007	9 610 000	1 441 500.00
2008	10 365 000	1 554 750.00
2009	10 304 000	1 545 600.00
2010	11 528 000	1 729 200.00
2011	11 594 000	1 739 100.00
2012	16 306 000	2 445 900.00
2013	16 650 000	2 497 500.00
2014	21 986 000	3 297 900.00

**Fuente:** (Mineral Resources, 2017).

### 2.2.2. Pronóstico de la demanda

La figura 6 muestra la producción total de calizas (la cual es similar al consumo aparente) y la recta que se ajusta usando una regresión lineal con datos obtenidos del año 1994 al 2014.



**Figura 6.** Diagrama de correlación del consumo nacional aparente.

**Fuente:** Elaboración propia.

Como se observa se obtiene un coeficiente igual a  $R^2 = 0.8309$ , que mide la bondad del ajuste de la recta de regresión; mientras que el coeficiente de correlación resulta de  $r = \pm\sqrt{R^2} = +0.9115$ , que indica un alto grado de correlación positiva.

La tabla 8 muestra las cifras proyectadas de manera lineal de la producción total de calizas (las cuales consideraremos como del consumo nacional aparente).

**Tabla 8.** Pronóstico del consumo nacional aparente (en toneladas métricas).

<b>Años</b>	<b>Consumo nacional aparente</b>
2017	2 708 353.06
2018	2 820 479.25
2019	2 932 605.44
2020	3 044 731.64
2021	3 156 857.83
2022	3 268 984.02

**Fuente:** Elaboración propia.

## 2.3. Estudio de la oferta

### 2.3.1. Importaciones peruanas de carbonato de calcio

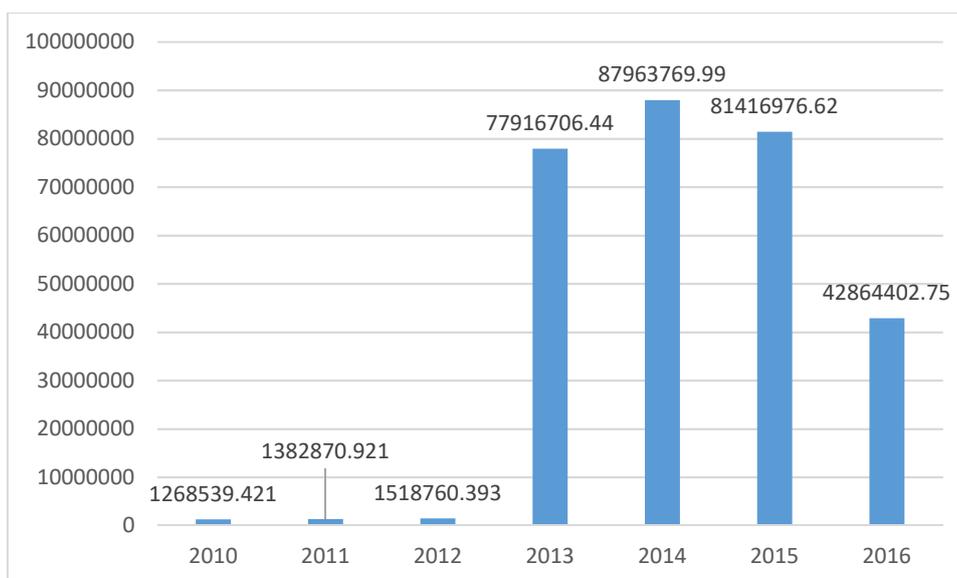
El Perú importa algunas variedades de cal y especialmente carbonatos de calcio para emplearlos en la industria química y farmacéutica; se trata de productos especiales de mejor calidad debido a que las exigencias del mercado son altas (Díaz & Ramírez, 2009).

A continuación, las figuras 7 y 8 detallan las importaciones peruanas en kilogramos y US\$, respectivamente, durante el periodo comprendido entre los años 2010 al 2016.

#### **Código arancelario:**

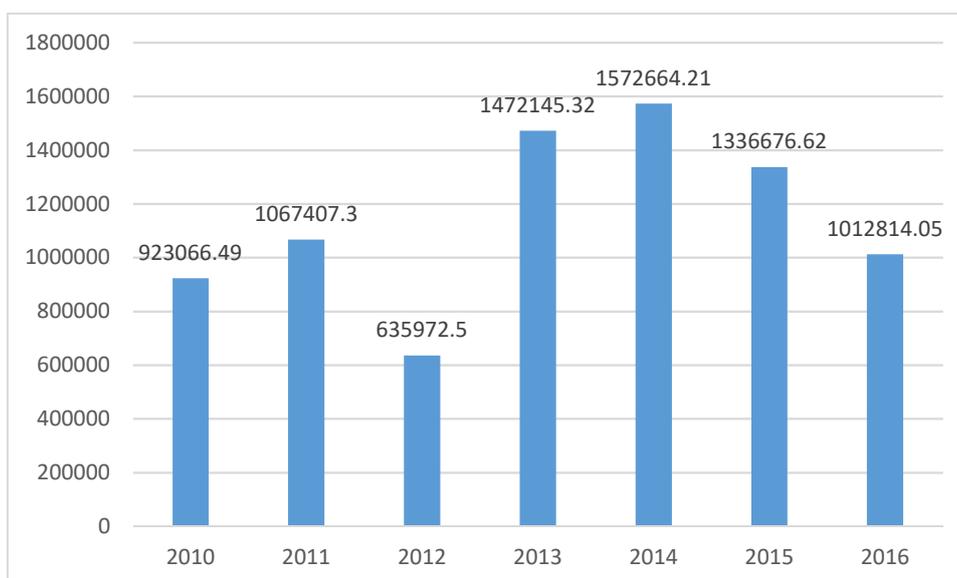
**2836.50.00.00:** Carbonato de calcio.

Según la partida arancelaria, los productos de carbonato de calcio de exportación se presentan generalmente en sacos de 30 kilogramos y se utilizan para la fabricación de vidrio, pruebas de laboratorio, etc. Los productos importados corresponden mayormente al carbonato de calcio precipitado en diferentes presentaciones para su uso en la industria alimenticia, farmacéutica, etc. Estas distintas presentaciones afectan en el precio (US\$ por tonelada) tanto en las exportaciones como en las importaciones.



**Figura 7.** Importaciones de carbonato de calcio en kilogramos.

**Fuente:** (SUNAT, 2017).

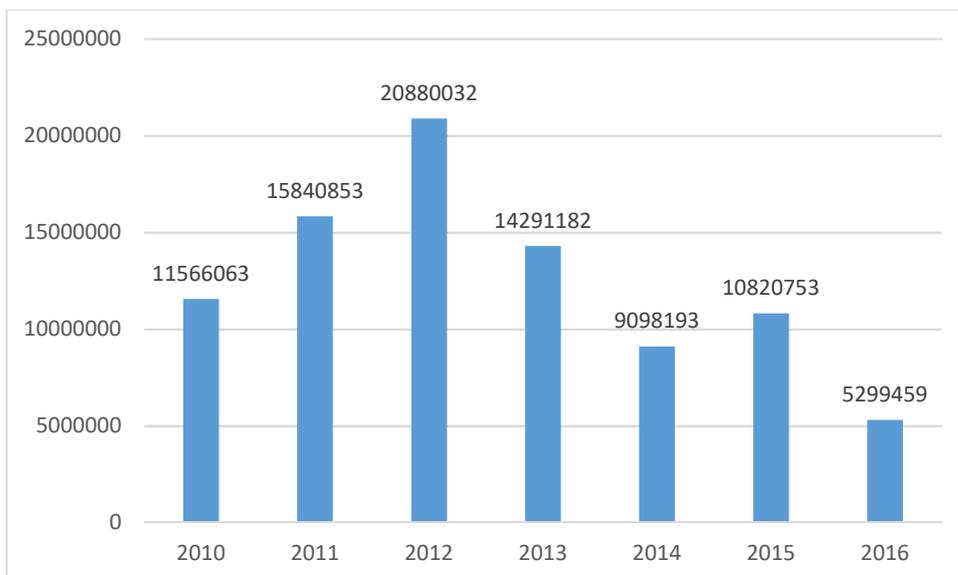


**Figura 8.** Importaciones de carbonato de calcio en valor FOB (US\$).

**Fuente:** (SUNAT, 2017).

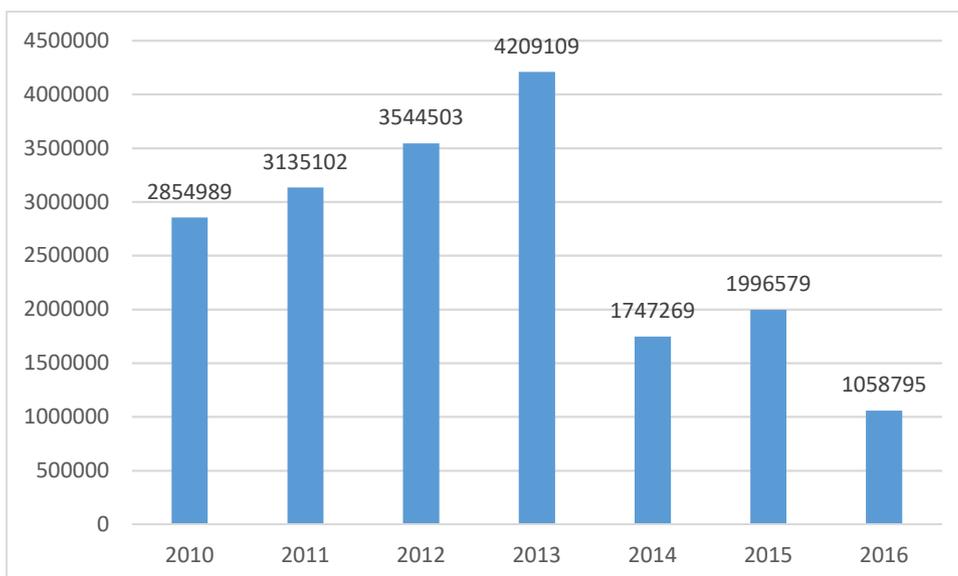
### 2.3.2. Exportaciones de carbonato de calcio

En la figura 9 se puede observar que la cantidad exportada de carbonato de calcio ha variado durante los últimos 7 años, siendo la más alta en el año 2012 que se exportaron más de 20 mil toneladas. Sin embargo, la cantidad enviada en el año 2016 es la más baja de este periodo, siendo casi la mitad de la registrada en el año 2015. Algo similar sucede con el valor FOB, siendo el más alto, el correspondiente al año 2013 según lo indica el gráfico de la figura 10.



**Figura 9.** Exportaciones de carbonato de calcio en kilogramos.

**Fuente:** (SUNAT, 2017).



**Figura 10.** Exportaciones de carbonato de calcio en valor FOB (US\$).

**Fuente:** (SUNAT, 2017).

En la tabla 9 se pueden observar todas las empresas exportadoras de carbonato de calcio durante los últimos 7 años; la cantidad total exportada ronda las 88 mil toneladas durante este periodo.

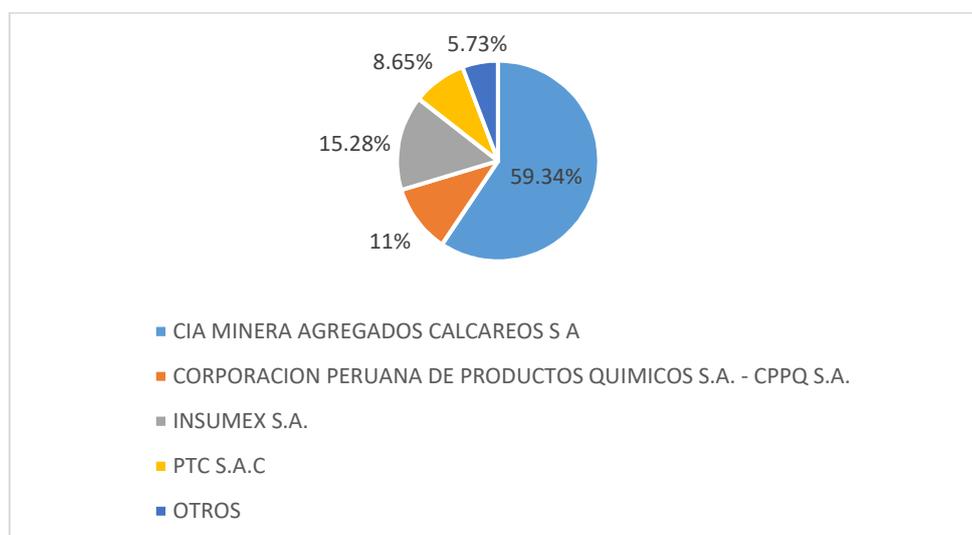
**Tabla 9.** Principales empresas exportadoras de carbonato de calcio.

<b>Empresas</b>	<b>Valor FOB en US\$</b>	<b>Valor en kilogramos</b>
Akumarex S.A.C.	138 750	750
Cia Minera Agregados Calcáreos S.A.	8 293 487	54 055 412
Compadia Mandina S.A.C.	43 200	108 000
Compadia Minera Mineralium S.A.C.	51 840	192 000
CPPQ <sup>a</sup> S.A.	315 737	1 683 370
Drocersa S.A.	50 465	41 975
Halliburton del Perú S.R.L.	69 038	122 678
Insumex S.A.	695 591	3 497 535
Minandina S.A.C.	215 400	615 000
Perliquim Perú S.A.C.	474 324	2 061 470
Pronimin del Perú S.A.C.	385 560	1 377 000
PTC S.A.C	638 720	5 742 264
Puclasa S.A.C.	106 164	297 000
Quimtía S.A.	57 000	300 500
Sud América Non Metallics S.A.C.	141 808	568 320
Sunna Eximport S.A.C.	956 404	2 531 036
Sunna World Trading S.A.C.	220 185	729 000
VGA Carbonatos Andinos S.A.C.	5 046 360	11 596 409
Weatherford del Perú S.R.L.	102 345	31 570
<b>Total general</b>	<b>18 546 346</b>	<b>87 796 535</b>

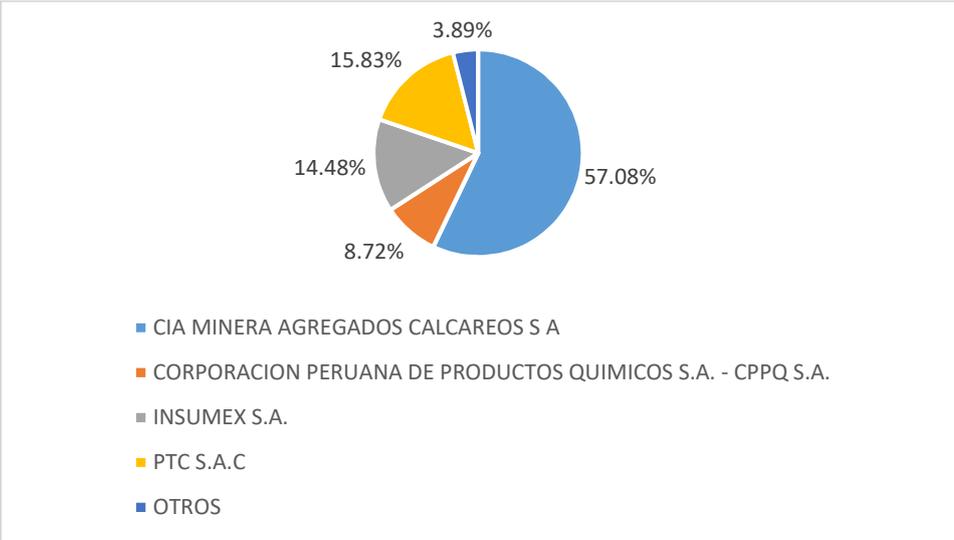
<sup>a</sup> Corporación Peruana de Productos Químicos.

**Fuente:** (SUNAT, 2017).

La empresa CIA MINERA AGREGADOS CALCÁREOS S.A. es la que más ha exportado en el año 2016, como se muestra en los gráficos de las figuras 11 y 12. En el año 2016 esta empresa tuvo una participación del 59,34%.

**Figura 11.** Principales empresas exportadoras de carbonato de calcio (US\$).

**Fuente:** (SUNAT, 2017).



**Figura 12.** Principales empresas exportadoras de carbonato de calcio (kg).  
**Fuente:** (SUNAT, 2017).

## **Capítulo 3**

### **Ingeniería del proyecto**

#### **3.1. El producto**

##### **3.1.1. Propiedades físicas y características técnicas**

La granulometría del carbonato de calcio micronizado varía desde el ultra fino hasta el grueso. El tamaño de partícula del grado ultra fino promedia menos de 1  $\mu\text{m}$ , los grados finos promedian de 1 a 7  $\mu\text{m}$  con un máximo de 44  $\mu\text{m}$  (malla 325) y los gruesos van de 1000 a 4000  $\mu\text{m}$ .

Según el grado de pureza se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Muy alta pureza: > 98.5%
- Alta pureza: 97.0 – 98.5%
- Media pureza: 93.5 – 97.0%
- Baja pureza: 85.0 – 93.5%
- Impura: < 85.0%

Los productos de carbonato de calcio se comercializan a granel sobre tráiler, cisterna, big-bag de hasta 1000 kg, sacos de 25 a 50 kg y bolsas de hasta 1 kg.

Las purezas de muestras de conchas de abanico analizadas en el Laboratorio de Química de la UDEP se detallan a continuación:

- Concha de abanico triturada: 95.06% (Anexo A).
- Concha de abanico lavada con HCl: 96.42% (Anexo B).
- Concha de abanico lavada con HCl y pasadas por horno casero: 97.59% (Anexo C).

### 3.1.2. Materia prima

Las materias primas son los residuos de las conchas de abanico procedentes de las empresas productoras y exportadoras de estos bivalvos congelados. Los residuos de concha de abanico se pueden conseguir de dos maneras, una es desde una planta procesadora de este producto, y la otra es extraerla de los botaderos municipales de residuos hidrobiológicos que existen en la periferia de la ciudad de Sechura. Inicialmente existía un primer botadero de tiempo de vida desconocido, pero éste sobrepasó su capacidad por lo que se encuentra clausurado. Este botadero cuenta con un área aproximada a 35 000 m<sup>2</sup>. En la figura 13 se puede observar la entrada al primer botadero.



**Figura 13.** Entrada al primer botadero.

**Fuente:** Elaboración propia.

El segundo botadero cuenta con un área de 90 000 m<sup>2</sup> aproximadamente y lleva alrededor de 5 años de funcionamiento. En el año 2014 se estima que llegaban 50 camiones diarios de residuos hidrobiológicos de 4 a 8 toneladas de capacidad de carga. Por lo tanto, se estima que 10 000 toneladas serán parte de la materia prima necesaria por año de producción.

La concha de abanico es un molusco bivalvo con dos formas simétricas duras y convexas de 2-3 mm de espesor unidas en un extremo por un ligamento con bisagras. La parte interna de la concha es lisa, mientras que la externa es porosa. El tamaño de las muestras utilizadas en la presente investigación oscila entre los 8.0 y 12.5 cm. La tabla 10 muestra la composición química de la concha de ostra usando FRX<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> FRX: Fluorescencia de rayos X.

**Tabla 10.** Composición química de la concha de ostra usando FRX.

Compuesto	Composición química (%)							
	CaCO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SrO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
Ostras	95.994	0.696	0.649	0.419	0.33	0.204	0.984	0.724

Fuente: (Yoon et al, 2003)

### 3.1.3. Insumos

El hidróxido de sodio, de fórmula química NaOH, también conocido como soda cáustica, es una sustancia muy versátil que tiene muchas aplicaciones industriales y es un coproducto en la producción de cloro. Los usos industriales se detallan a continuación (American Chemistry Council, 2017):

- Productos de limpieza y desinfectantes: se utiliza para la fabricación de jabones y una variedad de detergentes.
- Medicina e industria farmacéutica: se utiliza generalmente para la fabricación de productos farmacéuticos como analgésicos comunes hasta anticoagulantes.
- Energía: se utiliza en la fabricación de celdas de combustible que producen electricidad de forma limpia y eficiente.
- Tratamiento de agua: se utiliza para controlar la acidez del agua en la planta depuradoras industriales.
- Producción de alimentos: se utiliza para curar alimentos como las aceitunas; también se utiliza como agente químico en el proceso de pelado químico, el cual se basa en la desintegración y desprendimiento del tejido de la piel de los vegetales y frutas.

El ácido clorhídrico, de fórmula química HCl, es un ácido fuerte que se disocia totalmente en disolución acuosa. El HCl reacciona con los metales activos o sus sales de ácido más débiles para formar cloruros. Las aplicaciones industriales del HCl son:

- Tratamiento de aguas industriales.
- Decapado de metales en la industria metalúrgica.
- Potabilización de agua.
- Neutralizante y reductor en la industria química.
- Refinación de aceites.

## 3.2. Diseño del proceso de producción

En la tabla 11 se describen los procesos para la producción de carbonato de calcio:

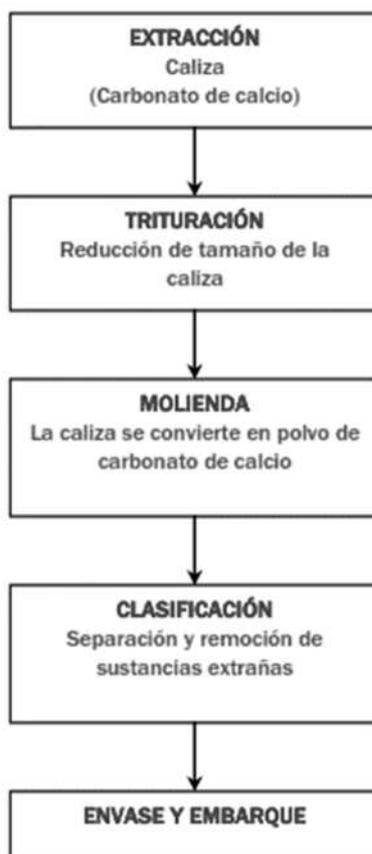
**Tabla 11.** Procesos para la producción de carbonato de calcio precipitado.

Método	Reacciones y descripción
Método Sturge	$\text{CaCO}_3 + \text{Calor} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 (\text{g})$ Calor = 1100 °C $\text{CaO} + 2\text{HCl} (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaCl}_2 (\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}$ Se filtra y se añade $\text{Na}_2\text{CO}_3 (\text{aq})$ $\text{CaCl} (\text{aq}) + \text{Na}_2\text{CO}_3 (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{NaCl} (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}$ Este método es usado en estudios de laboratorio debido al mayor control que es posible tener sobre las variables del proceso.
Método vía carbonatación	$\text{CaCO}_3 + \text{Calor} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 (\text{g})$ La calcinación es apagada con suficiente agua $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 (\text{aq})$ Se filtra y se realiza la carbonatación con $\text{CO}_2$ $\text{Ca}(\text{OH})_2 (\text{aq}) \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ Es el método más utilizado debido a su simplicidad y al alto control de impurezas, morfología y tamaño de los precipitados que se pueden obtener. Pero presenta desventajas como: la baja solubilidad del $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en agua y los altos costos.
Proceso Slovay	$\text{CaCO}_3 + \text{Calor} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 (\text{g})$ Calor = 1100 °C $\text{CaO} + 2\text{HCl} (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaCl}_2 (\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}$ Se filtra $\text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_4\text{OH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O}$ Este método tiene como ventaja el poder utilizar calizas de baja calidad, mientras que como desventajas tenemos: la complejidad de las instalaciones, alto costo de reactivos y la necesidad de controlar sus efectos ambientales.
Método ácido por exceso de $\text{CO}_2$	$\text{CaCO}_3 + \text{Calor} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 (\text{g})$ La calcinación es apagada con suficiente agua $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 (\text{aq})$ Se trata con bicarbonato de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow 2\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ En este método es necesario realizar la separación previa de impurezas para lograr un producto de calidad aceptable. Como desventaja que se puede mencionar es el alto costo del bicarbonato de calcio.
Método de ceniza de soda	$\text{CaCO}_3 + \text{Calor} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 (\text{g})$ La calcinación es apagada con suficiente agua $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 (\text{aq})$ Se trata con carbonato de sodio $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2\text{NaOH}$

Método	Reacciones y descripción
	Como desventaja principal que se puede mencionar es el alto costo del carbonato de sodio.

**Fuente:** Santander et al, 2013.

Para el carbonato de calcio molido se tiene el siguiente proceso genérico para las industrias que lo producen. El detalle de los procesos se muestra en la figura 14.



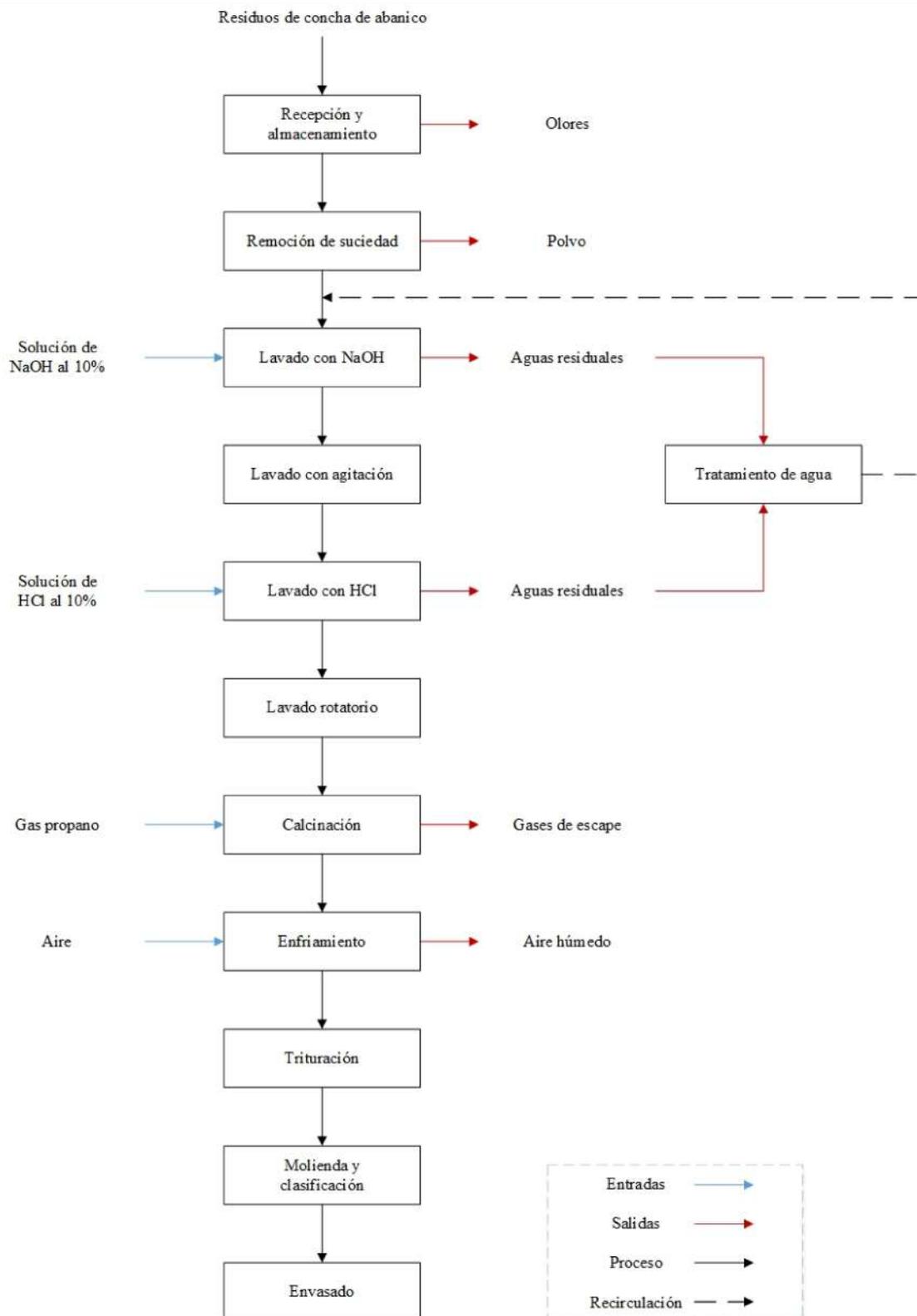
**Figura 14.** Proceso de obtención de carbonato de calcio molido a partir de la caliza.

**Fuente:** (Secretaría de Economía de México, 2013).

En el Anexo D, se describe un proceso experimental para obtener carbonato de calcio a partir de las conchas de piangua. Las conchas trituradas se sometieron a una digestión química en frío con ácido clorhídrico analítico (37%) y comercial (27%), obtuvieron un rendimiento de carbonato de calcio de 82.48% y 77.21% respectivamente.

En el Anexo E se detalla los procesos de producción de productos similares al carbonato de calcio, tienen como materia prima principal la piedra caliza.

Según lo visto anteriormente, en la figura 15 se presenta el diagrama de flujo del proceso elegido y a continuación se detallarán cada una de las operaciones que lo componen.



**Figura 15.** Diagrama de flujo del proceso.  
**Fuente:** Elaboración propia.

**a. Recepción y almacenamiento**

La materia prima es transportada por camiones desde las fábricas productoras de concha de abanico. Los camiones descargan las conchas en tolvas para ser procesadas posteriormente. En este punto, existe un detector de metales para identificar cualquier elemento metálico en las conchas y prevenir los riesgos que podrían ocasionar estos elementos en las maquinarias y equipos, especialmente en los procesos de molienda.

**b. Remoción de suciedad**

La materia prima es llevada mediante una cinta transportadora de cangilones hacia la zaranda vibratoria donde se realizará una clasificación de sólidos. La zaranda cuenta con una serie de tamices que le permiten obtener productos de distinta granulometría que permitirá la remoción de tierra o piedras pequeñas. La potencia instalada en la zaranda dependerá de los siguientes factores:

- El material a separar que posee cierta humedad, abrasividad, entre otras.
- Granulometría.
- Capacidad o volumen de producción.
- Dimensiones de la máquina.

**c. Lavado con hidróxido de sodio**

En esta parte se busca eliminar el periostraco, la cual es una capa exclusivamente compuesta de material orgánico. Esta operación unitaria se lleva a cabo con una solución de NaOH al 10% en volumen en un lapso de tiempo de 4 horas y con agitación mecánica para facilitar la remoción de la mayor parte de la materia orgánica.

**d. Lavado con agitación**

En este paso se busca limpiar la concha de abanico con agua fresca para reducir el pH de la materia prima que previamente fue lavada con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) la cual es una base fuerte.

**e. Lavado con ácido clorhídrico**

El objetivo de este lavado con ácido clorhídrico es retirar la mayor parte de impurezas como residuos orgánicos y polvo adheridos a la concha de abanico.

**f. Lavado rotatorio**

Este proceso se llevará a cabo para eliminar los restos de ácido clorhídrico (HCl) de las conchas lavadas anteriormente, logrando así neutralizar el ácido para un pH cercano al neutro. Se optó por este tipo de lavado debido a que se realiza mediante un tambor rotatorio en constante movimiento, asegurando un lavado óptimo de todas las conchas y sus caras, teniendo en cuenta que las conchas cuentan con dos valvas de forma orbicular, siendo una de ellas más convexa que la otra. Después de abandonar la maquinaria, hay un estante agitador para eliminar el exceso de agua que irán drenando las conchas.

**g. Calcinación**

La calcinación se realizará en un horno rotatorio, el cual recibe el material de una máquina dosificadora para regular la entrada. La permanencia del material dentro del horno depende de la velocidad de giro del horno y de la temperatura del horno. El tiempo ideal para el secado es de 20 minutos a una temperatura comprendida entre 180 y 220 °C.

**h. Enfriamiento**

Se utilizará refrigeración por aire para reducir la temperatura de las conchas desde 180-220 °C a 40-60 °C. Esta operación es necesaria puesto que la maquinaria utilizada para molienda no puede trabajar en condiciones de temperaturas altas.

**i. Trituración**

La materia prima es conducida mediante tornillos transportadores hacia los molinos micronizadores de martillos donde es triturada hasta un tamaño entre 4-6 cm. Cuando la materia prima entra en el molino es golpeada por un conjunto de martillos girando a baja velocidad. Así, se produce la primera rotura por impacto. Luego, los martillos lanzan la materia prima contra las paredes del interior del molino, donde se hallan una serie de placas, dando lugar a la rotura por segunda vez por impacto.

**j. Molienda y clasificación**

La molienda consiste en disminuir el tamaño de partícula y obtener una granulometría apropiada al producto final para satisfacer las necesidades del mercado objetivo. Una vez alcanzada una temperatura favorable en el rango de 40-60 °C y libre de humedad la materia resultante del enfriamiento se traslada a los molinos de bolas. Mediante un ciclón y seguido de un filtro de bolsa recolectan el material molido y es trasladado a un tamizador vibratorio para la clasificación granulométrica.

**k. Envasado**

Se envasará el producto terminado en sacos de 50 kg.

**l. Tratamiento de agua**

En esta parte se busca, mediante un filtro de agua rotatorio, eliminar residuos básicos como la suciedad para así poder reutilizar el agua filtrada. El agua a tratar se suministra a través de una tubería de alimentación de 150 mm y se libera dentro de un tambor giratorio de cuña. Este tambor está construido de flautas espirales internas que, mediante la rotación, mueven los residuos hacia fuera del tambor y evita que los residuos se acumulen en la pantalla del filtro.

**3.3. Capacidad de la fábrica**

La capacidad se entiende como tasa de producción máxima de una operación, que debe medirse, en todos los casos, en unidades de productos terminados por unidad de tiempo (suele ser el año).

Debe diferenciarse entre la capacidad teórica y real. La capacidad teórica es la máxima producción en condiciones ideales (mínima variedad de productos y producción sin interrupción), mientras que la capacidad real considera la producción de varios productos (con tiempos de cambio y preparación) y se tendrán paradas por mantenimiento, reuniones, etc. Existen dos factores en la medida de la capacidad:

**a) El factor de utilización**

En una jornada de trabajo no se dedican todas las horas a producir, debido a diversos factores como necesidad de mantenimiento periódico de equipos; paradas por descanso, alimentación o aseo; roturas de máquinas; etc. Entonces, el factor de utilización se define como el cociente entre el número de horas productivas entre el número de horas reales (Domínguez Machuca, 1995).

**b) El factor de eficiencia**

Otro aspecto importante a considerar en la producción, son los distintos conocimientos, habilidad y rapidez de movimientos de la mano de obra, originándose distintos tiempos productivos por mano de obra, con distinta eficiencia. Entonces, el factor de eficiencia se define como el cociente entre el número de horas estándar (depende del efecto aprendizaje de cada operario) entre el número de horas productivas (Domínguez Machuca, 1995).

### 3.3.1. Relación tamaño-demanda de producto terminado

La demanda del producto terminado no es un factor limitante en la capacidad de la planta a instalar, porque es mucho mayor que la cantidad de materia prima disponible (como se verá en el apartado 3.3.3).

A partir de los datos de la tabla 8, se obtiene lo siguiente para el año 2018:

$$\frac{2820479.25 \text{ t}}{330 \text{ días}} = 8546.91 \text{ t/día}$$

### 3.3.2. Relación tamaño-tecnología

En el mercado internacional se encuentran los molinos de bolas que permiten obtener mediante sucesivas etapas de trituración productos con una granulometría uniforme además de una fácil operación y seguridad en su uso. En la tabla 12 se muestran las especificaciones del molino de bolas a utilizar.

**Tabla 12.** Especificaciones técnicas del molino de bolas.

Modelo	Velocidad de giro	Peso de la bola	Granulometría de salida
GZM1526	30.7 rpm	6.6 t	20 – 75 µm

**Fuente:** Xi'an Desen, 2017.

El funcionamiento del molino se basa en la rotación del cilindro de diámetro igual a 1.5 metros, con bolas de acero en su interior. De esta manera se consigue moler la materia prima hasta conseguir el producto final que se necesita. Cuanto mayor tamaño de partícula se requiera, más lenta debe ser la rotación del cilindro.

Para determinar la capacidad de producción se toma en cuenta 330 días laborales al año, evaluando un turno (8 horas), dos turnos (16 horas) o tres turnos (24 horas). El factor de utilización será 0,8 y el factor de eficiencia será 0,85.

En la tabla 13 se calcula la producción por día para los molinos GZM utilizado y con los factores de utilización y de eficiencia antes propuestos.

**Tabla 13.** Capacidad de producción para los molinos GZM.

Capacidad del equipo	Producción (t/día)		
	1 turno	2 turnos	3 turnos
Mínimo: 0.3 t/h	1.63	3.26	4.90
Máximo: 118 t/h	641.92	1283.84	1925.76

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.3.3. Relación tamaño-oferta de materia prima

Las conchas de abanico se conocen en el mercado extranjero como “*scallop*”. La producción mundial del año 2009 fue de 32 911 toneladas y año tras año ha ido incrementando la participación peruana; en el año 2000 era de 17.08% y en el 2009 llegó a 49% (Proyectos Peruanos, 2016).

Según indicó el Director Regional de Producción de Piura, en el año 2013 se produjeron alrededor de 14 mil toneladas de concha de abanico para consumo humano, lo cual ocasionó que cerca de 100 mil toneladas de desechos sean enviados a los botaderos municipales (El Regional Piura, 2014).

En el año 2013 se alcanzó en el Perú el pico de producción de la concha de abanico llegando a 91 474 toneladas, el volumen cultivado se redujo debido al Fenómeno del Niño a 56 820 toneladas en 2014 y 30 396 toneladas en 2015 de las cuales 23 708.88 toneladas provienen de la provincia de Sechura. En tanto, en el año 2016, se han desembarcado 7 324 toneladas de concha de abanico entre enero y octubre de 2016, de las cuales el 93.5% eran para congelado y el 6.5% restante para consumo fresco (Ministerio de la Producción, 2016).

En el Perú se pueden encontrar las conchas de abanico desde Paita hasta Ilo, sin embargo, los cultivos se concentran principalmente en Piura con 78%, Ancash con 21% e Ica con 1% en el año 2014 (Ministerio de la Producción, 2015).

En el año 2016, el Perú llegó a exportar 4 323 toneladas de concha de abanico, registrando un valor exportable de US\$ 76 millones, siendo nuestros principales mercados: Francia (38%), Bélgica (16%) y Holanda (13%). Sin embargo, los resultados del 2015 fueron más sólidos llegando a exportar alrededor de 6 178 toneladas, por un monto superior a los US\$ 79.67 millones (Cámara de Comercio Lima, 2017).

Para efectos de cálculo, la producción del año 2015 (que es la última registrada) será asignada al año 2017. En la tabla 14 se pueden observar los datos proyectados de la producción de concha de abanico en Sechura de los próximos 6 años, así como los residuos obtenidos en el proceso productivo.

Para hallar los residuos se tomó en cuenta datos biométricos como la relación  $R$  que se refiere al producto desvalvado, cuyo valor se encuentra en el rango de 28 a 38% (Placido, 2008).

**Tabla 14.** Producción anual de conchas de abanico en Sechura.

<b>Año</b>	<b>Producción (t)</b>	<b>Residuos de conchas (t)</b>
2017	23 708.88	48 136.21
2018	24 894.32	50 543.01
2019	26 139.04	53 070.17
2020	27 445.99	55 723.68
2021	28 818.29	58 509.86
2022	30 259.21	61 435.37

**Fuente:** Elaboración propia.

Para el año 2018 se obtiene lo siguiente:

$$50\,543.01\text{ t} + 10\,000\text{ t} = 60\,543.01\text{ t} \rightarrow \frac{60\,543.01\text{ t}}{330\text{ días}} = 183.46\text{ t/día}$$

### 3.3.4. Elección de la capacidad de planta

La capacidad de esta planta está limitada por la disponibilidad de materia prima (los residuos de la concha de abanico en Sechura), porque la demanda del producto terminado es mucho mayor en toneladas/año y, además existe tecnología disponible para cantidades muy pequeñas como para muy grandes.

Entonces, la capacidad de planta, especificada en toneladas de materia prima por día será de 183.46 t/día.

## 3.4. Balance de materiales

En primer lugar, se procedió a tomar una muestra de residuos de concha de abanico de los botaderos, luego se hizo el cuarteo de la misma para posteriores pruebas en el laboratorio. En la figura 16 se puede observar cómo se determinó la muestra a utilizar.



**Figura 16.** Proceso de cuarteo de la muestra de concha de abanico.  
**Fuente:** Elaboración propia.

En lo que respecta a la remoción de suciedad se considera una pérdida del 1% del total correspondientes a la mayor parte del polvo, piedras muy pequeñas y de residuos propios de las conchas de abanico. En la tabla 15 se muestra el balance de materiales para esta operación.

**Tabla 15.** Entrada y salida de materiales de la remoción de suciedad.

Materia que ingresa		Impurezas		Materia que sale	
t/día	%	t/día	%	t/día	%
183.46	100	1.83	1	181.63	99

**Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 17 se muestra el proceso experimental de lavado con hidróxido de sodio al 10%, 14% y 18% muestras de 6, 7 y 8 conchas de abanico de 181.6, 181.5 y 182.1 gramos respectivamente, durante un tiempo aproximado de 30 minutos.

Posteriormente, se utilizó 0.5 litros de agua para reducir el pH de la muestra, necesitando más lavados (5 en total) para la muestra en la que se utilizó el hidróxido de sodio de mayor concentración (18%).



**Figura 17.** Lavado con hidróxido de sodio.

**Fuente:** Elaboración propia.

En el lavado con hidróxido de sodio (NaOH) se consideran pérdidas de un 1% correspondientes al lavado experimental realizado. En la tabla 16 se muestra el balance de materiales para esta operación.

**Tabla 16.** Entrada y salida de materiales del lavado con NaOH.

Materia que ingresa		Impurezas		Materia que sale	
t/día	%	t/día	%	t/día	%
181.63	99	1.82	1	179.81	98

**Fuente:** Elaboración propia.

En el lavado con agitación se consideran pérdidas de un 0.5% del total correspondientes a pequeños restos de materia orgánica más blandos a causa del lavado anterior. En la tabla 17 se muestra las entradas y salidas de esta operación.

**Tabla 17.** Entrada y salida de materiales del lavado con agitación.

Materia que ingresa		Impurezas		Materia que sale	
t/día	%	t/día	%	t/día	%
179.81	98	0.90	0.5	178.91	97.5

**Fuente:** Elaboración propia.

En el lavado con ácido clorhídrico (HCl) como se muestra en la figura 18, se consideran pérdidas de un 18% del total correspondientes a la materia orgánica más resistente y parte del material de la capa externa de las conchas de abanico. El ácido clorhídrico utilizado fue al 13% con una muestra de 7 conchas y 180.4 gramos.



**Figura 18.** Lavado con ácido clorhídrico.

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 18 se muestra las entradas y salidas de esta operación.

**Tabla 18.** Entrada y salida de materiales del lavado con HCl.

Materia que ingresa		Impurezas		Materia que sale	
t/día	%	t/día	%	t/día	%
178.91	97.5	32.20	18	146.71	79.5

**Fuente:** Elaboración propia.

En el lavado rotatorio se consideran pérdidas de un 0.5% del total. En la tabla 19 se muestra las entradas y salidas de esta operación.

**Tabla 19.** Entrada y salida de materiales del lavado rotatorio.

Materia que ingresa		Impurezas		Materia que sale	
t/día	%	t/día	%	t/día	%
146.71	79.5	0.73	0.5	145.98	79

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 20 se muestra las entradas y salidas de esta operación.

**Tabla 20.** Entrada y salida de materiales de la calcinación.

Materia que ingresa		Impurezas		Materia que sale	
t/día	%	t/día	%	t/día	%
145.98	79	1.46	1	144.52	78

**Fuente:** Elaboración propia.

Para la etapa de trituración se utilizó un mortero de porcelana. En la trituración se considera una pérdida de 0.5% del total correspondientes a una parte del polvo que se genera en esta operación. En la tabla 21 se muestra el ingreso de materia a la trituración y la que continúa con el proceso.

**Tabla 21.** Entrada y salida de materiales de la trituración.

Materia que ingresa		Impurezas		Materia que sale	
t/día	%	t/día	%	t/día	%
144.52	78	0.72	0.5	143.80	77.5

**Fuente:** Elaboración propia.

En la molienda y clasificación se consideran pérdidas del 0.5% del total correspondientes al polvo generado en esta operación. En la tabla 22 se muestra las entradas y salidas de esta operación.

**Tabla 22.** Entrada y salida de materiales de la molienda y clasificación.

Materia que ingresa		Impurezas		Materia que sale	
t/día	%	t/día	%	t/día	%
143.80	77.5	0.72	0.5	143.08	77

**Fuente:** Elaboración propia.

Partiendo de 183.46 t/día, se obtienen 143.08 t/día, pero debido a los factores de eficiencia y utilización, se obtiene la capacidad real de la planta:

$$143.08 * 0.8 * 0.85 = 97.29 \text{ t/día}$$

97.29 t/día de carbonato de calcio es mucho menor que la demanda pronosticada (en el apartado 3.3.1) de 8 546.91 t/día para 2018, por lo tanto, es seguro que habrá demanda para toda la producción de esta nueva fábrica.

### 3.5. Requerimientos de maquinaria y equipo

A continuación, se detallan la maquinaria y equipo necesario en las tablas 23 a la 34. Los precios son datos promedio de referencia obtenidos de las distintas marcas proveedoras. Las figuras 19 a la 28 muestran las maquinarias utilizadas cuyas marcas son: Weening Brothers Manufacturing (WBM), Symach, Shibang Machinery (SBM), Desen, Hidrowater.

Se trabajarán 3 turnos por día para que sea posible el procesamiento de cada máquina instalada.

**Tabla 23.** Principales características de la faja vibratoria.

<b>Máquina</b>	Faja vibratoria
<b>Capacidad</b>	12 t/h
<b>Cantidad</b>	1
<b>Dimensiones: largo, ancho, alto (m)</b>	4 x 2 x 2
<b>Precio</b>	US\$ 250 por metro
<b>Tecnología</b>	Canadá

**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 19.** Faja vibratoria.

**Fuente:** (WBM, s.f.).

**Tabla 24.** Principales características de la tolva húmeda.

<b>Máquina</b>	Tolva húmeda
<b>Capacidad</b>	15 t/h
<b>Cantidad</b>	4
<b>Dimensiones: largo, ancho, alto (m)</b>	4.2 x 3.0 x 2.7
<b>Peso</b>	4.9 t
<b>Potencia</b>	5 kW
<b>Precio</b>	US\$ 3 000
<b>Tecnología</b>	Canadá

**Fuente:** Elaboración propia.

Para el lavado con agitación, se utilizarán las tolvas húmedas ya que funcionan con agua y se les puede implementar aire en presión con efecto de burbujas. También se utilizarán para el lavado con hidróxido de sodio y ácido clorhídrico.



**Figura 20.** Tolva húmeda  
Fuente: (WBM, s.f.).

**Tabla 25.** Principales características de la lavadora rotatoria.

<b>Máquina</b>	Lavadora rotatoria
<b>Capacidad</b>	12 t/h
<b>Cantidad</b>	1
<b>Dimensiones: largo, ancho, alto (m)</b>	3.2 x 1.5 x 1.7
<b>Peso</b>	3.0 t
<b>Consumo de agua</b>	4 – 14 m <sup>3</sup> /h
<b>Precio</b>	US\$ 8 000
<b>Tecnología</b>	Canadá

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 21.** Lavadora rotatoria.  
Fuente: (WBM, s.f.).

**Tabla 26.** Principales características del horno rotatorio.

<b>Máquina</b>	Horno rotatorio
<b>Capacidad</b>	15 t/h
<b>Cantidad</b>	1
<b>Dimensiones: diámetro, largo (m)</b>	2.5 x 10
<b>Potencia</b>	60 kW
<b>Precio</b>	US\$ 10 000
<b>Tecnología</b>	China

**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 22.** Horno rotatorio.

**Fuente:** (SBM, s.f.).

**Tabla 27.** Principales características de los ventiladores.

<b>Máquina</b>	Ventilador
<b>Cantidad</b>	6
<b>Dimensiones: largo, ancho, alto (m)</b>	1.5 x 0.4 x 1.5
<b>Velocidad del motor</b>	1 400 rpm
<b>Flujo de aire</b>	55 800 m <sup>3</sup> /h
<b>Potencia</b>	750 W
<b>Precio</b>	US\$ 720
<b>Tecnología</b>	China

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 28.** Principales características del molino micronizador.

<b>Máquina</b>	Molino micronizador
<b>Capacidad</b>	4 – 10 t/h
<b>Cantidad</b>	1
<b>Dimensiones: largo, ancho, alto (m)</b>	1.15 x 1.30 x 1.25
<b>Potencia</b>	15 kW
<b>Precio</b>	US\$ 2 000
<b>Tecnología</b>	España

**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 23.** Molino micronizador.

**Fuente:** (Gruber Hermanos, s.f.).

Los molinos micronizadores MS son capaces de producir una alta cantidad de finos gracias al diseño de sus rotores que giran a alta velocidad y revestimientos interiores con un  $D_{50}^6$  muy bajos.

**Tabla 29.** Principales características del molino de bolas.

<b>Máquina</b>	Molino de bolas
<b>Capacidad</b>	10 – 20 t/h
<b>Cantidad</b>	1
<b>Dimensiones: largo, ancho, alto (m)</b>	6.25 x 3.0 x 2.1
<b>Potencia</b>	65 kW
<b>Precio</b>	US\$ 6 000
<b>Tecnología</b>	China

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>6</sup>  $D_{50}$ : diámetro mediano de las partículas.



**Figura 24.** Molino de bolas.

**Fuente:** (Jinpeng Maquinaria, s.f.).

**Tabla 30.** Principales características del ciclón, recolector de polvo.

<b>Máquina</b>	Ciclón, colector de polvo
<b>Capacidad</b>	5 - 20 t/h
<b>Cantidad</b>	1
<b>Dimensiones: largo, ancho, alto (m)</b>	1.2 x 2.1 x 2.2
<b>Peso</b>	12 t
<b>Potencia</b>	5.5 kW
<b>Precio</b>	US\$ 65 000
<b>Tecnología</b>	España

**Fuente:** Elaboración propia.

La inclusión de un ciclón al proceso es debido a la capacidad de estas máquinas de separación gas/partícula:

- No disponen de elementos móviles que necesiten mantenimiento.
- Soportan el trabajo bajo altas presiones y temperaturas.
- Fácil construcción y manejo.
- Bajo costo.

**Tabla 31.** Principales características de la envasadora.

<b>Máquina</b>	Envasadora
<b>Capacidad</b>	200 – 400 sacos por hora
<b>Rango de pesaje</b>	1 – 50 kg
<b>Cantidad</b>	1
<b>Dimensiones: largo, ancho, alto (m)</b>	1.0 x 0.79 x 1.8
<b>Potencia</b>	3 kW
<b>Precio</b>	US\$ 5 000
<b>Tecnología</b>	Países Bajos

**Fuente:** Elaboración propia.

Si decimos que saldrán 97.29 t/día, debería poder envasar 1945.8 sacos/día, pero debido a los factores de utilización y eficiencia, su capacidad teórica (de compra) debe ser:

$$\frac{1\ 945.8 \text{ sacos/día}}{0.8 * 0.85} = 2\ 861.47 \text{ sacos/día}$$



**Figura 25.** Envasadora.

**Fuente:** (Symach, s.f.).

**Tabla 32.** Principales características del paletizador.

<b>Máquina</b>	Paletizador.
<b>Cantidad</b>	1
<b>Dimensiones: largo, ancho, alto (m)</b>	4.2 x 3.0 x 4.85
<b>Potencia</b>	2 kW
<b>Precio</b>	US\$ 5 000
<b>Tecnología</b>	Países Bajos

**Fuente:** Elaboración propia.

La inclusión del paletizador en el proceso de embalaje, se debe principalmente al apilamiento preciso que proporcionan estas máquinas. A diferencia de la mayoría de los sistemas de paletización, como los sistemas de pórtico tradicionales o agarraderas de bolsa, el paletizador SYMACH apilará cualquier bolsa, independientemente del tipo, individualmente con solapamiento, para asegurar un pallet estable y limpio. El apilamiento impreciso o incluso el daño al embalaje es un problema del pasado con la cabeza del paletizador SYMACH.



**Figura 26.** Paletizador.  
**Fuente:** (Symach, s.f.).

**Tabla 33.** Principales características del filtro de agua giratorio.

<b>Máquina</b>	Filtro de agua giratorio.
<b>Capacidad</b>	4.5 – 5.0 m <sup>3</sup> /h
<b>Cantidad</b>	1
<b>Dimensiones: largo, ancho, alto (m)</b>	1.6 x 1.3 x 1.8
<b>Potencia</b>	1.5 kW
<b>Precio</b>	US\$ 6 000
<b>Tecnología</b>	Canadá

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 27.** Filtro de agua giratorio.  
**Fuente:** (WBM, s.f.).

**Tabla 34.** Principales características del filtro automático de neutralización.

<b>Máquina</b>	Filtro automático de neutralización.
<b>Capacidad</b>	8.00 – 13.02 m <sup>3</sup> /h
<b>Cantidad</b>	1
<b>Dimensiones: diámetro, alto (m)</b>	1.45 x 2.85
<b>Potencia</b>	1.5 kW
<b>Precio</b>	US\$ 2 000
<b>Tecnología</b>	España

**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 28.** Filtro automático de neutralización.

**Fuente:** (Hidro Water, s.f.).

### 3.6. Requerimientos de mano de obra directo

La mano de obra representa el factor humano de la producción. La puesta en marcha de la fábrica requiere dos tipos de mano de obra: calificada (MOC) y no calificada (MONC). Dicho requerimiento se muestra en la tabla 35.

La mano de obra calificada son aquellos trabajadores con conocimiento y habilidades específicas para la producción de bienes de este tipo, también puede desempeñar labores de dirección de empresa. La mano de obra no calificada corresponde a aquellas actividades que no requieran habilidades técnicas, como el traslado de materia prima o de productos terminados.

**Tabla 35.** Personal requerido para la fábrica.

<b>Personal requerido</b>	<b>MOC</b>	<b>MONC</b>
Operarios de recepción	-	2
Operarios del almacén de MP	-	2
Operarios de inspección de MP	-	2
Operarios de despacho	-	2
Encargados de insumos	2	-
Operarios del almacén de PT	-	2
Encargados de lavado	4	4
Encargado de calcinación	2	-
Operarios de trituración	-	2
Encargados de molienda y clasificación	2	2
Operarios de envasado	3	2
Operarios de tratamiento de agua	2	-
Encargados de control de calidad	2	-
Encargados de mantenimiento	1	2

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.7. Localización de la fábrica

La localización puede tener una importancia crucial para las empresas y producen un gran impacto en la cadena de valor de una empresa. Entre los impactos que ello genera se puede mencionar: las relaciones con los proveedores y clientes, costos de operación, entre otros (Krajewski, Ritzman, & Malohtra, 2008).

Se puede nombrar los siguientes métodos de evaluación para la localización:

- Por factores no cuantificables, toma en cuenta los antecedentes industriales, factores preferenciales y dominantes.
- Cualitativo por puntos, se trata de definir factores determinantes para una localización, y asignarles valores ponderados.
- Método Brown y Gibson, combina factores cuantificables con factores subjetivos a los que asignan valores ponderados de peso relativos.

A continuación, se detallan algunos de los factores involucrados en la decisión de la localización de la fábrica:

#### a) Disponibilidad y costos de la materia prima

Parte de la materia prima se encuentra en los botaderos de residuos hidrobiológicos de la ciudad de Sechura (en las periferias de esta ciudad, camino a Parachique y Chillyachi). El costo de la materia prima es nulo.

**b) Costo de transporte**

Los costos de transporte suele ser un factor dominante para el sector de manufactura, por ello hace que las fábricas se deban localizar cerca de sus proveedores de materias primas para reducir el costo de transporte.

**c) Costo de insumos**

La ventaja más importante, al igual que en los costos de transporte, es la de instalarse cerca a los proveedores de insumos para mantener inventarios más bajos.

**d) Proximidad al mercado objetivo**

Se debe elegir una localización adecuada de la fábrica para minimizar los costos de transporte de los productos terminados. En este caso, como el mercado es nacional, conviene estar cerca de Lima.

**e) Disponibilidad y costo del terreno**

Una vez realizado el análisis correspondiente a la distribución de la fábrica, se deberá considerar la disponibilidad y costo del terreno requerido en las principales alternativas de localización.

**f) Costo de la mano de obra calificada y no calificada**

En el Perú, el salario mínimo es fijado por ley y es igual en todo el país. Además de la ley, varios factores afectan el costo de mano de obra y generalmente están vinculados al costo de vida de cada ciudad. La disponibilidad de mano de obra calificada en diferentes lugares influye también en el precio del trabajo.

**g) Costo de servicios públicos**

El costo de servicios públicos como energía, suministro de agua y desagüe.

**h) Legislación tributaria**

Son las leyes y normas para la instalación y puesta en marcha de una fábrica para producir carbonato de calcio micronizado, esto incluye los impuestos locales.

Según los factores mencionados anteriormente se proponen las siguientes alternativas de localización de la fábrica:

- Sechura
- Piura
- Lambayeque

El método de evaluación a aplicar para la localización de la fábrica es el de Brown y Gibson (Chain & Chain, 2008). Este método consta de cuatro etapas:

- Asignar un valor relativo a cada factor objetivo  $FO_i$  para cada localización optativa viable.
- Estimar un valor relativo de cada valor subjetivo  $FS_i$  para cada localización optativa viable.
- Combinar los factores objetivos y subjetivos, asignándoles una ponderación relativa para obtener una medida de preferencia de localización (MPL).
- Seleccionar la ubicación que tenga la máxima medida de preferencia de localización.

A continuación, se clasifican los factores en dos tipos:

- Factores objetivos:
  - A. Costo de materia prima
  - B. Costo de mano de obra
  - C. Costo de insumos
  - D. Costo de servicios públicos
  - E. Costo de transporte
- Factores subjetivos
  - F. Disponibilidad de materia prima
  - G. Proximidad al mercado objetivo
  - H. Disponibilidad de terreno
  - I. Legislación tributaria

Para calcular el factor objetivo  $FO_i$  se utiliza la siguiente fórmula:

$$FO_i = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}}$$

En la tabla 36 se detallan los factores objetivos. En vez de costos se usarán puntajes.

**Tabla 36.** Factores objetivos.

Localización	Factores objetivos					Total ( $C_i$ )	Recíproco ( $1/C_i$ )
	A	B	C	D	E		
Lambayeque	5	6	3	5	7	28	0.0357
Piura	3	5	4	5	5	22	0.0455
Sechura	0	4	5	5	3	17	0.0588
<b>Total</b>							<b>0.14</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

$$FO_1 = \frac{0.0357}{0.14} = 0.255$$

$$FO_2 = \frac{0.0455}{0.14} = 0.325$$

$$FO_3 = \frac{0.0588}{0.14} = 0.42$$

En la tabla 37 se detallan los factores subjetivos.

**Tabla 37.** Factores subjetivos.

Factores	Comparaciones pareadas						Suma de preferencias	Índice $W_j$
	F-G	F-H	F-I	G-H	G-I	H-I		
<b>F</b>	1	1	1	-	-	-	3	0.3333
<b>G</b>	0	-	-	1	0	-	1	0.1111
<b>H</b>	-	1	-	1	-	1	3	0.3333
<b>I</b>	-	-	1	-	1	0	2	0.2222

**Fuente:** Elaboración propia.

En las tablas 38, 39, 40 y 41 se calculan los valores relativos de cada uno de los factores subjetivos.

**Tabla 38.** Valores relativos de la disponibilidad de materia prima.

Localización	Comparaciones pareadas			Suma de preferencias	$R_{il}$
	L-P	L-S	P-S		
Lambayeque	0	0	-	0	0
Piura	1	-	0	1	0.3
Sechura	-	1	1	2	0.7
<b>Total</b>				<b>3</b>	<b>1</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 39.** Valores relativos de la proximidad al mercado objetivo.

Localización	Comparaciones pareadas			Suma de preferencias	$R_{i2}$
	L-P	L-S	P-S		
Lambayeque	1	1	-	2	0.5
Piura	1	-	1	2	0.5
Sechura	-	0	0	0	0
<b>Total</b>				4	1

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 40.** Valores relativos de la disponibilidad de terreno.

Localización	Comparaciones pareadas			Suma de preferencias	$R_{i3}$
	L-P	L-S	P-S		
Lambayeque	1	0	-	1	0.25
Piura	1	-	0	1	0.25
Sechura	-	1	1	2	0.5
<b>Total</b>				4	1

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 41.** Valores relativos de la legislación tributaria.

Localización	Comparaciones pareadas			Suma de preferencias	$R_{i4}$
	L-P	L-S	P-S		
Lambayeque	1	1	-	2	0.33
Piura	1	-	1	2	0.33
Sechura	-	1	1	2	0.33
<b>Total</b>				6	1

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 42 se muestran los valores necesarios para el cálculo del valor relativo del factor subjetivo.

**Tabla 42.** Valores para el cálculo del valor relativo del factor subjetivo.

Factor	Comparaciones pareadas			Índice $W_j$
	Lambayeque	Piura	Sechura	
<b>F</b>	0	0.3	0.7	0.3333
<b>G</b>	0.5	0.5	0	0.1111
<b>H</b>	0.25	0.25	0.5	0.3333
<b>I</b>	0.33	0.33	0.33	0.2222

**Fuente:** Elaboración propia.

Para el cálculo del factor subjetivo se utiliza la siguiente fórmula:

$$FS_i = \sum_{j=1}^n R_{ij} * W_j$$

Reemplazando los valores hallados anteriormente, se obtiene lo siguiente:

$$FS_1 = 0 * 0.3333 + 0.5 * 0.1111 + 0.25 * 0.3333 + 0.33 * 0.2222 = 0.2054$$

$$FS_2 = 0.3 * 0.3333 + 0.5 * 0.1111 + 0.25 * 0.3333 + 0.33 * 0.2222 = 0.3121$$

$$FS_3 = 0.7 * 0.3333 + 0 * 0.1111 + 0.5 * 0.3333 + 0.33 * 0.2222 = 0.473$$

Para el cálculo de la MPL, se utiliza la siguiente fórmula:

$$MPL = K * (FO_i) + (1 - K) * (FS_i)$$

Considerando los factores objetivos tres veces más importantes que los subjetivos, se obtiene lo siguiente:

$$K = 3 * (1 - K) \rightarrow K = 0.75$$

Entonces, reemplazando en la fórmula para el cálculo de la MPL, se obtienen los siguientes resultados:

$$MPL_1 = 0.75 * 0.255 + 0.25 * 0.2054 = 0.2426$$

$$MPL_2 = 0.75 * 0.325 + 0.25 * 0.3121 = 0.3218$$

$$MPL_3 = 0.75 * 0.42 + 0.25 * 0.473 = 0.4333$$

Finalmente, según el método de Brown y Gibson la alternativa más conveniente de localización de la fábrica es la provincia de Sechura.

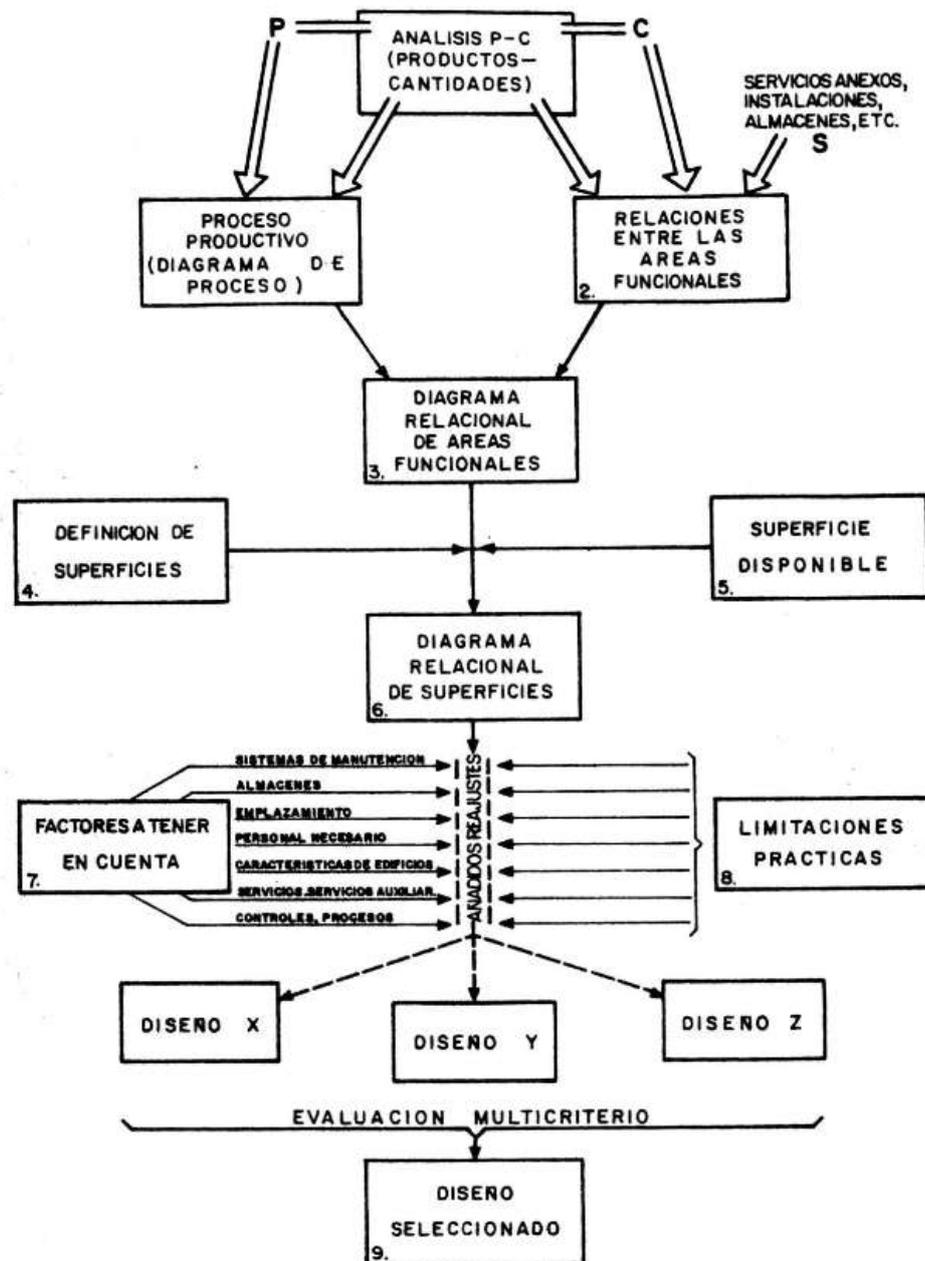
### 3.8. Distribución en planta

Comprende la disposición física de los factores de producción, considerando las máquinas, personas, materiales y edificaciones. En este caso se optó por la distribución en línea, de los tres tipos clásicos de distribución, los cuales se describen a continuación (Muther, 1970):

- Distribución por posición fija, es decir, la materia prima se mantiene inamovible; todas las herramientas, maquinarias, hombres concurren a ella. Todo el trabajo se ejecuta con el material estacionado en una misma posición.
- Distribución por proceso, o distribución por función, todas las operaciones del mismo proceso están agrupadas. Las operaciones similares y equipos están agrupado de acuerdo al proceso o función que desempeñen.

- Producción en línea, en cadena o por producto, el trabajo se realiza en un área específica, pero el material está en constante movimiento, es decir, cada operación o proceso se encuentra inmediatamente después que el anterior.

La metodología a seguir será la propuesta por el especialista Richard Muther que se describe en la figura 29, los pasos se irán explicando de manera progresiva a medida que se desarrollen los apartados siguientes.



**Figura 29.** Proceso de distribución en planta.

Fuente: (Muther, 1970).

### 3.8.1. Tabla de interrelaciones

La tabla 43 muestra los códigos de proximidad para establecer la cercanía entre las distintas áreas de la fábrica.

**Tabla 43.** Códigos de proximidades.

<b>Código</b>	<b>Proximidad</b>
<b>A</b>	Absolutamente necesario
<b>E</b>	Especialmente necesario
<b>I</b>	Importante
<b>O</b>	Normal
<b>U</b>	Sin importancia
<b>X</b>	No deseable
<b>XX</b>	Altamente no deseable

**Fuente:** Elaboración propia.

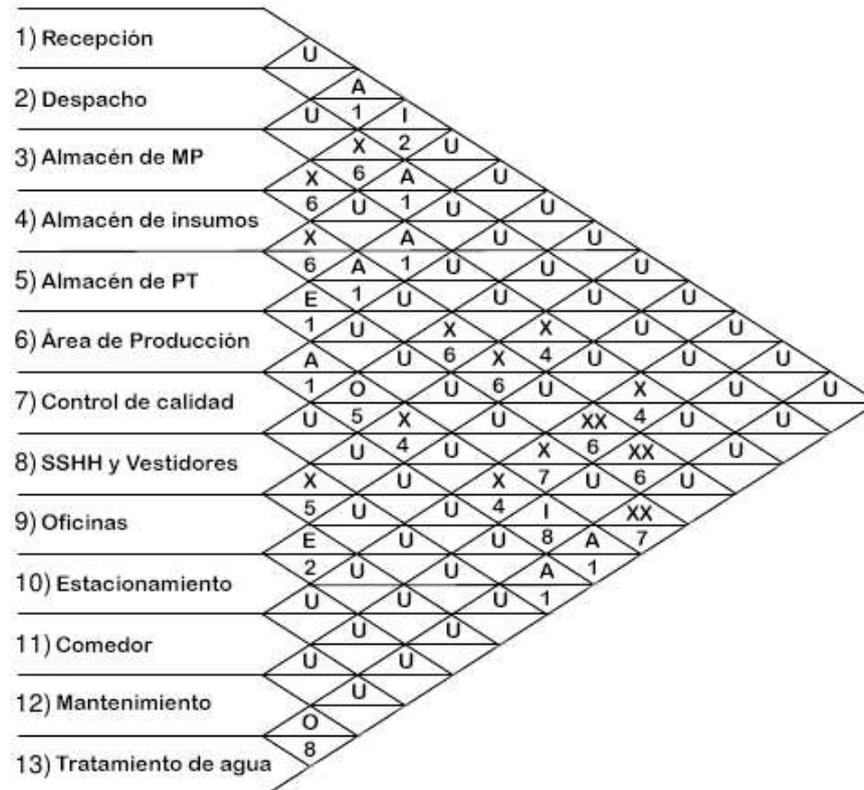
Además, se cuenta con unos códigos para especificar la razón por la cual dos áreas se interrelacionan. En la tabla 44 se especifican dichos códigos para su uso posterior.

**Tabla 44.** Razones para la interrelación de áreas.

<b>Código</b>	<b>Razón</b>
<b>1</b>	Actividades consecutivas
<b>2</b>	Accesibilidad para transporte
<b>3</b>	Ruido
<b>4</b>	Malos olores
<b>5</b>	Necesidades personales
<b>6</b>	Sustancias corrosivas
<b>7</b>	Humedad
<b>8</b>	Mantenimiento

**Fuente:** Elaboración propia.

La figura 30 muestra la tabla de interrelaciones, que indica la cercanía entre las diversas áreas de la fábrica incluyendo los servicios anexos, que no aparecen en el diagrama de procesos.



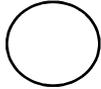
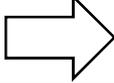
**Figura 30.** Tabla de interrelaciones.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.8.2. Diagrama relacional de actividades

Para realizar el diagrama de interrelaciones se toma en cuenta la simbología de actividades que se detallan en la tabla 45.

**Tabla 45.** Simbología de actividades.

Símbolos	Actividades
	Operación, proceso o fabricación.
	Transporte.
	Almacenamiento.
	Control
	Administración
	Servicio.

**Fuente:** Elaboración propia.

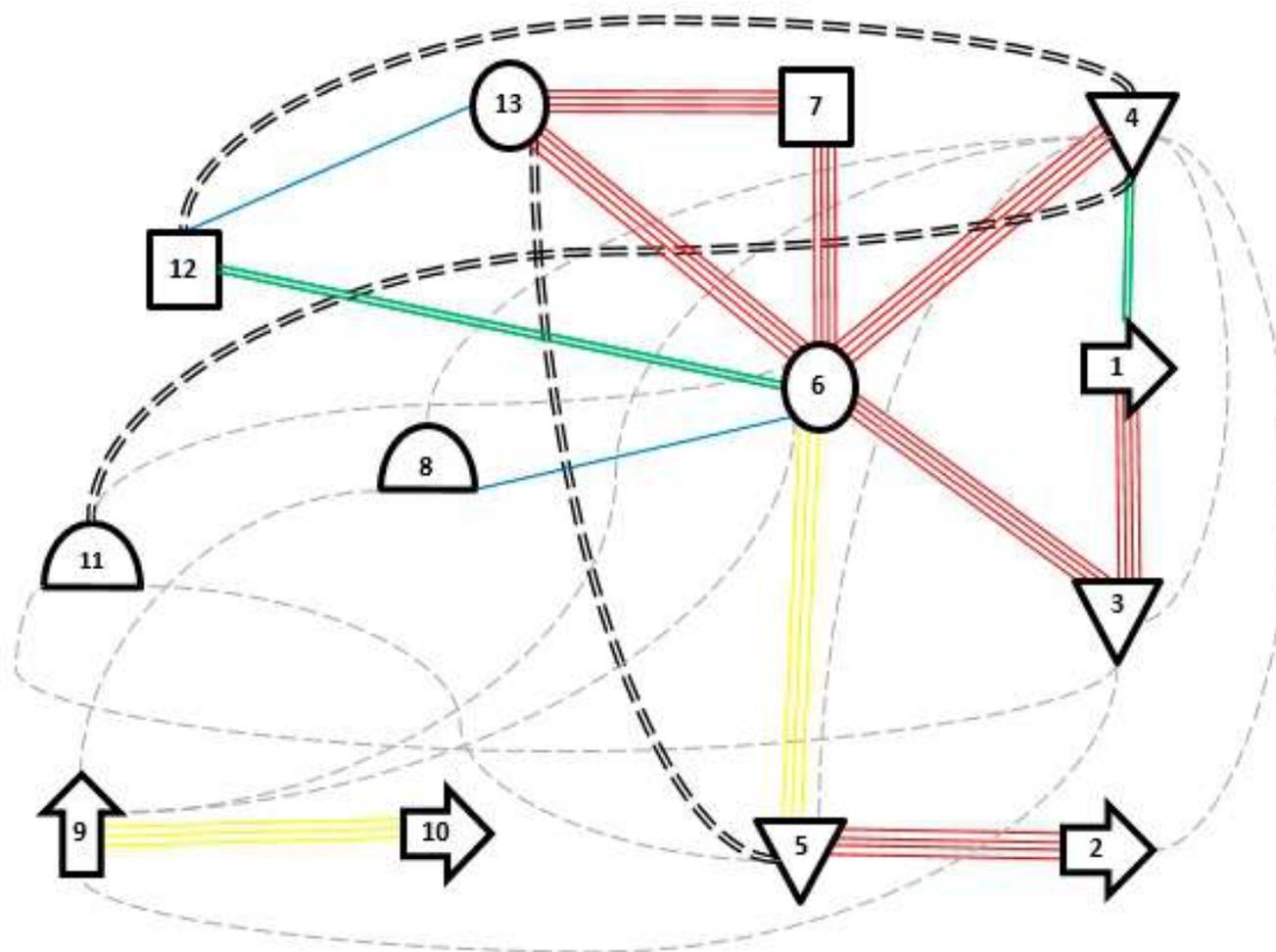
Los símbolos van unidos mediante una o varias líneas de diferentes colores según la proximidad, en la tabla 46 se especifica lo anterior.

**Tabla 46.** Colores de las líneas para unir los símbolos.

<b>Código</b>	<b>Proximidad</b>	<b>Nº de líneas</b>	<b>Color</b>
<b>A</b>	Absolutamente necesario	4	Rojo
<b>E</b>	Especialmente necesario	3	Amarillo
<b>I</b>	Importante	2	Verde
<b>O</b>	Normal	1	Azul
<b>U</b>	Sin importancia	-	-
<b>X</b>	No deseable	1 de trazos	Plomo
<b>XX</b>	Altamente no deseable	2 de trazos	Negro

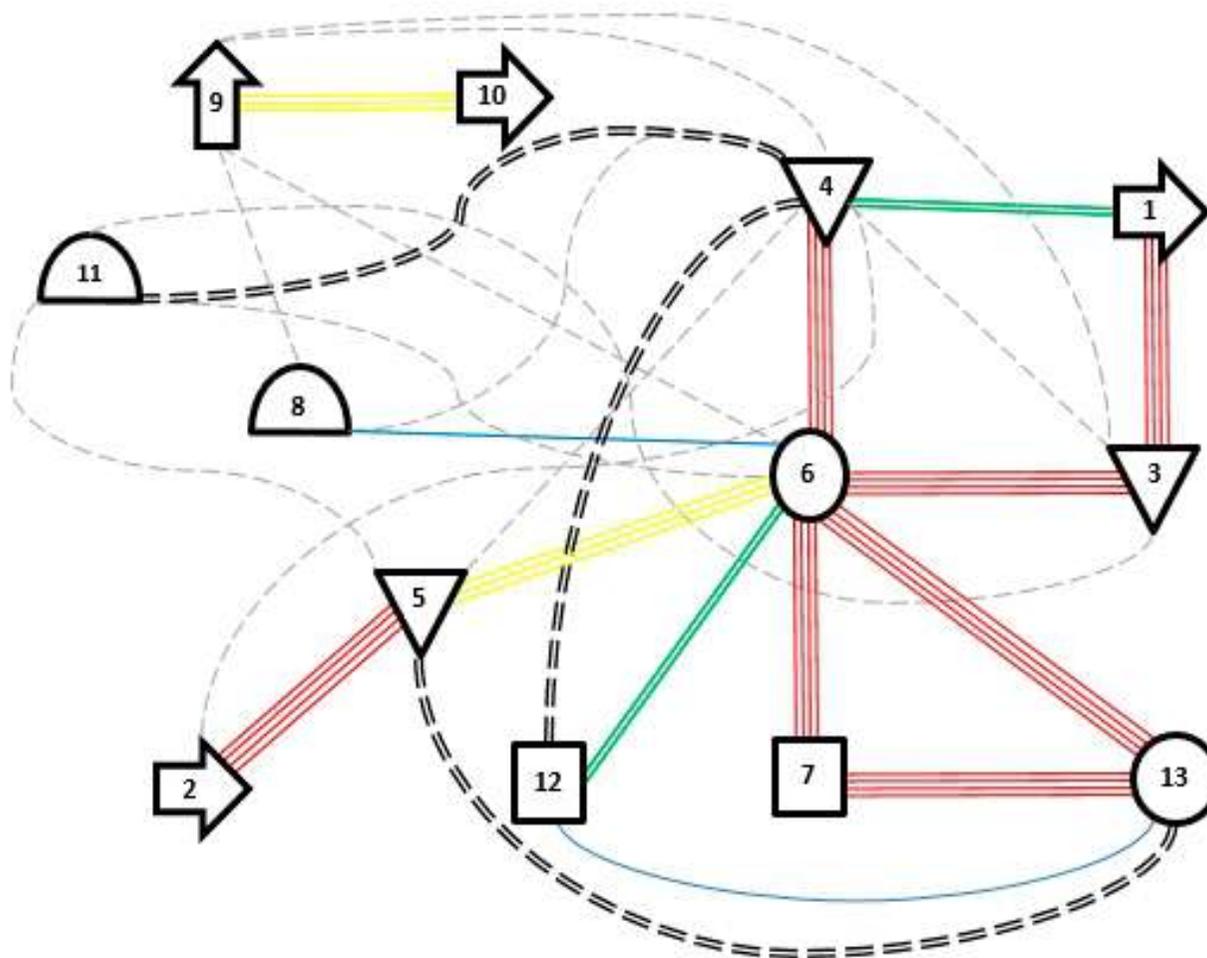
**Fuente:** (Muther, 1970).

Las figuras 31, 32 y 33 muestran las alternativas planteadas para el diagrama relacional de actividades.

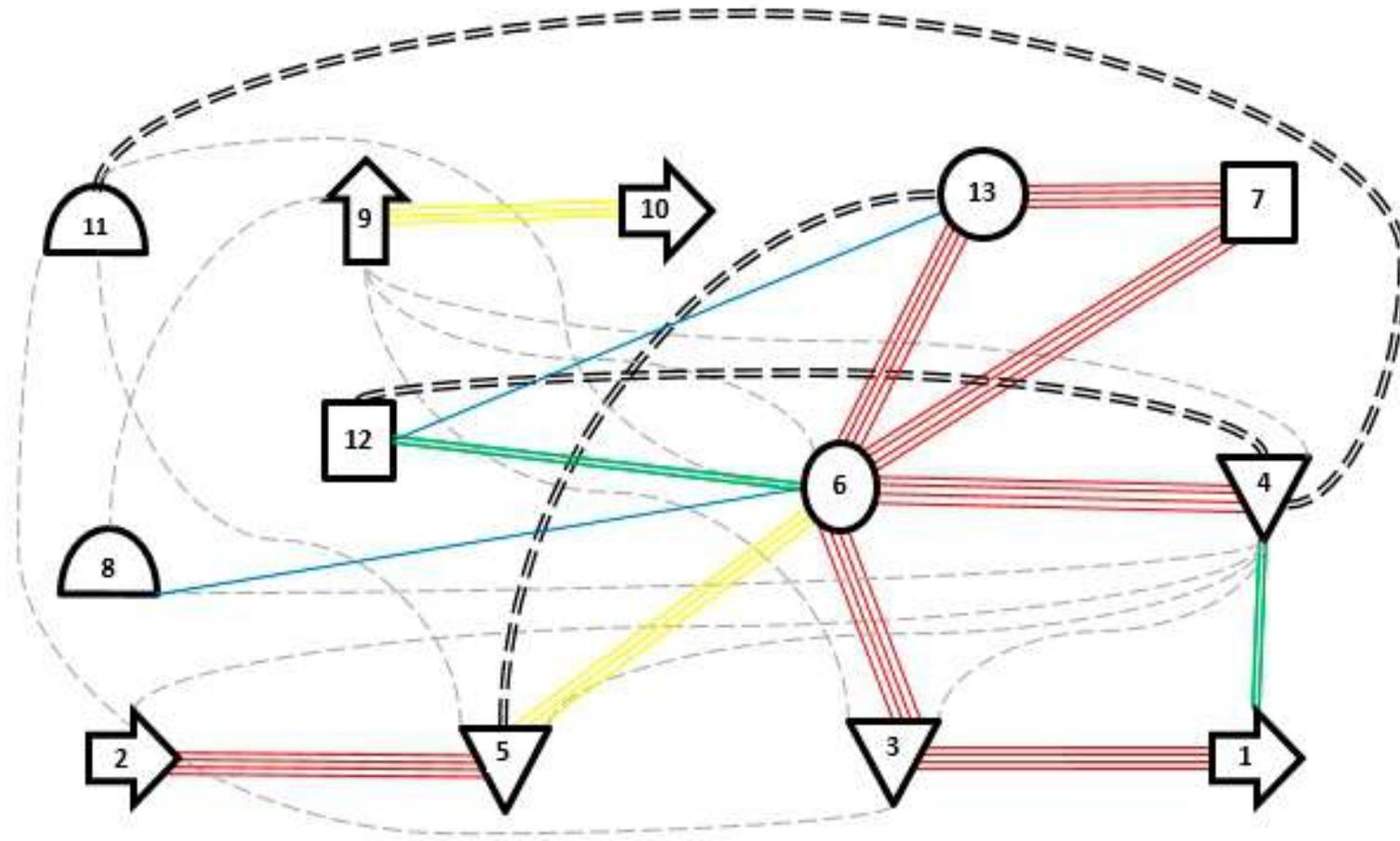


**Figura 31.** Alternativa I diagrama relacional de actividades.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 32.** Alternativa II diagrama relacional de actividades.  
**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 33.** Alternativa III diagrama relacional de actividades.  
**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.8.3. Cálculo de superficies

Cuando se trata de diseñar una nueva distribución de planta para un sistema de producción se requiere calcular las superficies correspondientes para las áreas consideradas en los apartados anteriores.

Para el cálculo de las áreas correspondientes se ha utilizado el método de Guerchet (Suñé, Gil, & Arcusa, 2004) que consiste en lo siguiente:

Para cada elemento a distribuir, la superficie total necesaria se calcula como la suma de tres superficies parciales:

- Superficie estática,  $S_s$ : es la superficie correspondiente a los muebles, máquinas e instalaciones.
- Superficie de gravitación,  $S_g$ : es la superficie utilizada alrededor de los puestos de trabajo por el obrero y por el material acopiado para las operaciones en curso. Esta superficie se obtiene, para cada elemento, multiplicando la superficie estática por el número de lados (N) a partir de los cuales el mueble o la máquina deben ser utilizados.

$$S_g = S_s * N$$

- Superficie de evolución,  $S_e$ : es la superficie que hay que reservar entre los puestos de trabajo para los desplazamientos de personal y para la manutención.

$$S_e = (S_s + S_g) * K$$

Donde  $K$  es un coeficiente que varía entre 0.5 y 3 y se calcula mediante la relación entre:

- Las dimensiones de los hombros u objetos desplazados, por una parte.
- El doble de las cotas medias de muebles o máquinas entre las cuales estos se desenvuelven.

Generalmente, cuando el acopio de los elementos de un área específica ocupa una superficie muy grande, como es el caso de los almacenes, se debe de calcular aparte, porque generan una superficie complementaria que está comprendida en las superficies de gravitación y de evolución.

También se debe tener en cuenta las superficies requeridas para ciertos elementos como pasillos, muelles de recepción y expedición, etc.

A continuación, en la tabla 47 se muestran unos valores de  $K$  que han sido obtenidos en casos particulares y que podrían servir como ejemplos:

**Tabla 47.** Ejemplos de valores de  $K$  obtenidos de casos particulares.

Situación	$K$
Grandes industrias	0.05 a 0.15
Trabajo en cadena, con transportador mecánico	0.10 a 0.25
Textil (hilado)	0.05 a 0.25
Textil (tejido)	0.50 a 1.00
Relojería, joyería	0.75 a 1.00
Pequeña mecánica	1.50 a 2.00
Industria mecánica	2.00 a 3.00

**Fuente:** (Suñé, Gil, & Arcusa, 2004).

El valor de  $K$  se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$K = \frac{H_{em}}{2 * H_{ef}}$$

$H_{em}$  es la altura promedio de los elementos móviles.

$H_{ef}$  es la altura promedio de los elementos estáticos.

$$H_{em} = H_{ef} = \frac{\sum (S_s * n * h)}{\sum (S_s * n)}$$

$S_s$  es la superficie estática del elemento móvil o estático.

$h$  es la altura del elemento móvil o estático.

$n$  es el número de elementos móviles o estáticos.

Entonces, la superficie total requerida para cada elemento a distribuir es:

$$S_t = S_s + S_g + S_e$$

La superficie total requerida por máquina se halla mediante la siguiente ecuación, donde  $n$  es el número de máquinas iguales requeridas:

$$S_{tr} = n * S_t$$

A continuación, se realizará el cálculo necesario para hallar el área requerida para cada departamento:

### a) Zona de recepción

En la tabla 48 se muestra el cálculo de la superficie requerida para la zona de recepción.

**Tabla 48.** Cálculo de la superficie requerida para la zona de recepción.

Elementos	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	$S_s$ (m <sup>2</sup> )	N (unid)	$S_g$ (m <sup>2</sup> )	$S_g + S_s$ (m <sup>2</sup> )	$S_e$ (m <sup>2</sup> )	n (unid)	$S_t$ (m <sup>2</sup> )
<b>Elementos móviles</b>										
Operarios	-	-	1.70	0.5	-	-	-	-	5.00	4.25
Excavador	3.06	1.58	3.54	4.83	-	-	-	-	2.00	34.2
Camión	8.56	2.48	3.20	21.2	-	-	-	-	2.00	135.7
<b>Elementos estáticos</b>										
Escritorio	1.15	1.10	1.20	1.27	2.00	2.53	3.795	5.43	1.00	9.95
<b>Superficie requerida (m<sup>2</sup>)</b>										184.1

**Fuente:** Elaboración propia.

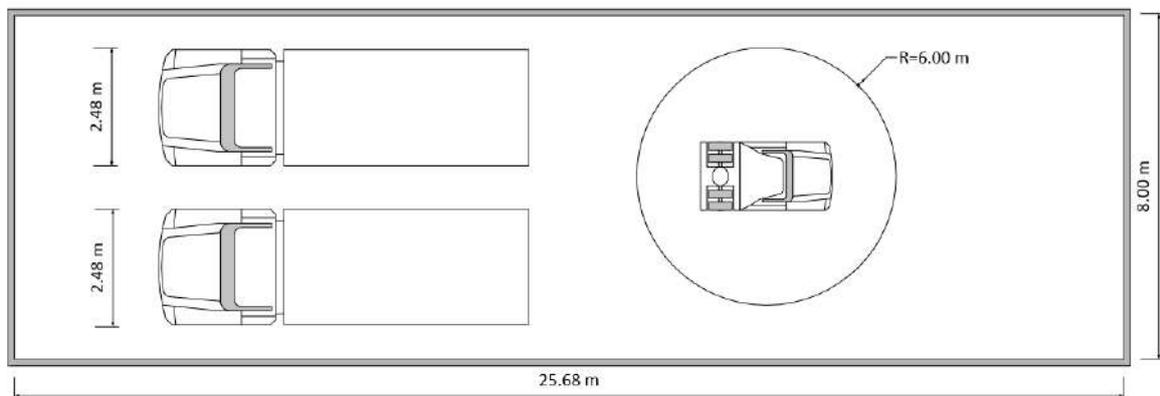
En la tabla 49 se muestran los datos necesarios para el cálculo de  $K$ .

**Tabla 49.** Cálculo de  $K$  para la zona de recepción.

$H_{em}$ (m)	3.42
$H_{ef}$ (m)	1.20
$K$	1.43

**Fuente:** Elaboración propia.

La superficie mínima es de 184.1 m<sup>2</sup> para la recepción, pero es necesario añadir un patio de maniobras para la circulación de la maquinaria pesada. En la figura 34 se muestra el patio de maniobras a escala (1:50), el cual tiene una superficie total igual a 205.47 m<sup>2</sup>, por lo tanto, la superficie total requerida es igual a 389.57 m<sup>2</sup>. El radio de giro del excavador es igual a 6.00 m.



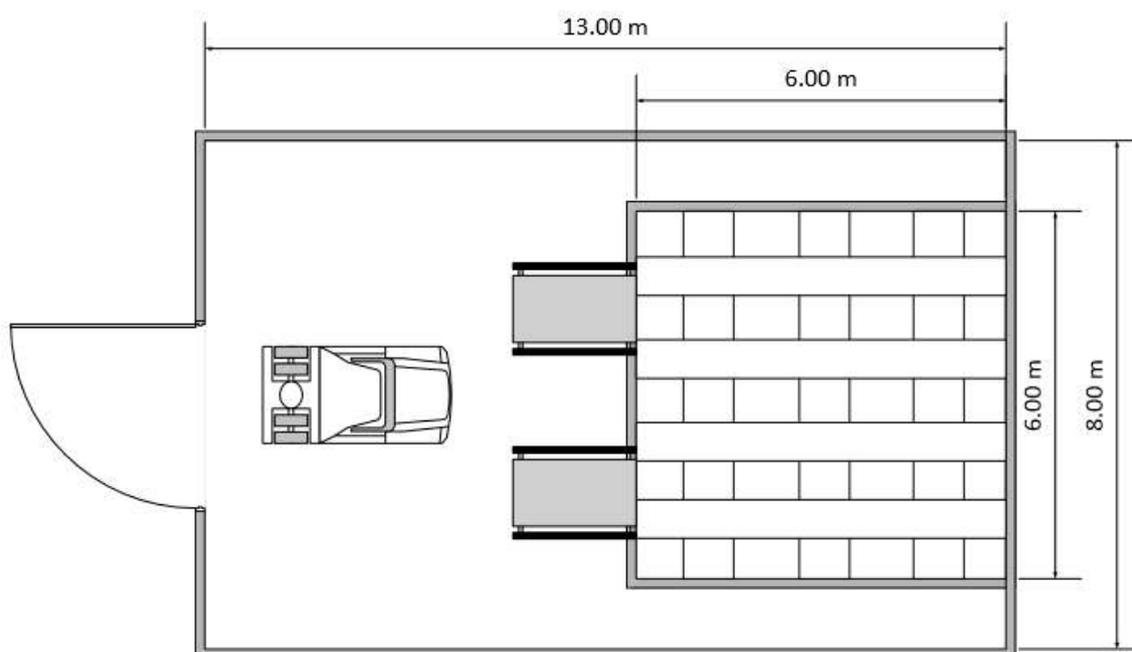
**Figura 34.** Patio de maniobras.

**Fuente:** Elaboración propia.

### b) Almacén de materia prima

Para el cálculo de la superficie requerida para el almacén de materia prima se tomará en cuenta lo siguiente (ver figura 35):

- Se abastecerá diariamente la materia prima.
- La capacidad de cada camión de carga es de 20 toneladas.



**Figura 35.** Superficie requerida para el almacén de materia prima.

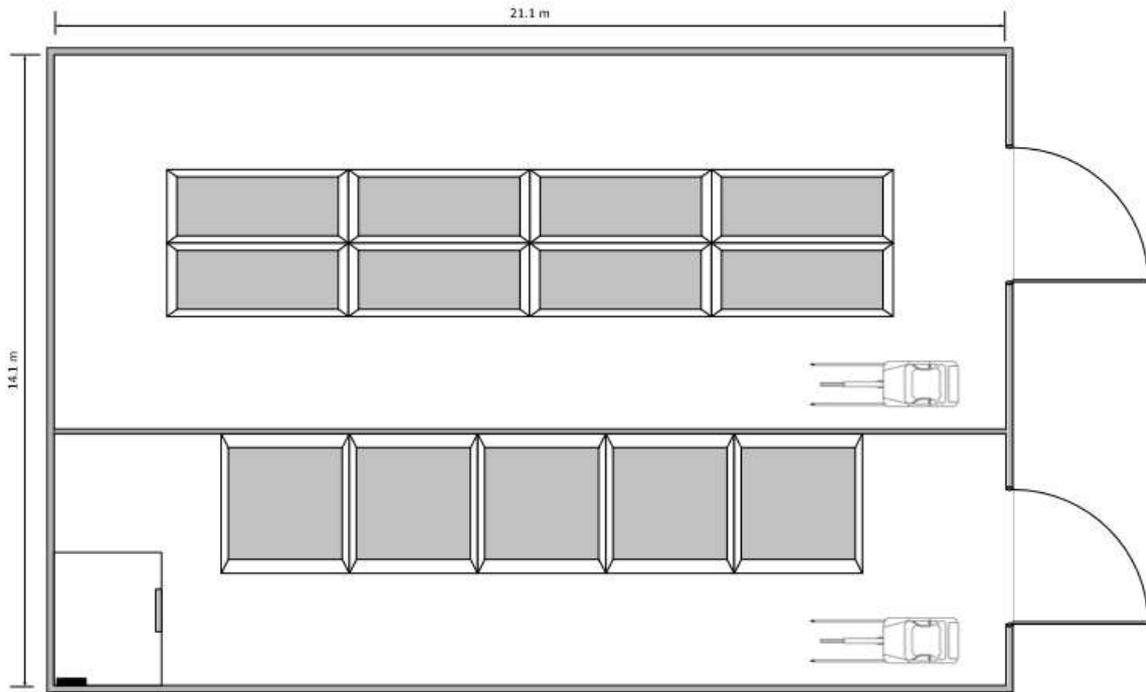
**Fuente:** Elaboración propia.

### c) Almacén de insumos

Para el cálculo de la superficie requerida para el almacén de insumos se tomará en cuenta lo siguiente:

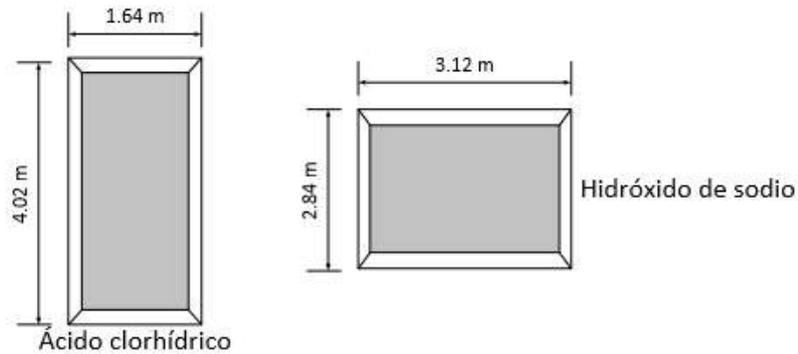
- Se abastecerá mensualmente los insumos.

En el anexo F se detalla los estantes necesarios para el almacén de insumos y algunas indicaciones de seguridad en el anexo G. El modelo escogido para almacenar los insumos es: 3P 414 (con bidones para el ácido clorhídrico y GRGs para el hidróxido de sodio). En la figura 36 se muestra la superficie requerida para la zona de almacén de insumos y en la figura 37 se especifican las medidas de los equipos para almacenar ambos insumos. La superficie total requerida es igual a 297.51 m<sup>2</sup>.



**Figura 36.** Superficie requerida para el almacén de insumos.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 37.** Medidas del equipo para almacenaje de insumos.

**Fuente:** Elaboración propia.

#### d) Zona de producción

Para el cálculo de la superficie requerida para la zona de producción se tendrá en cuenta cada sub-zona que comprende:

##### Sub-zona de remoción de suciedad

En la tabla 50 se muestra el cálculo de la superficie requerida para la zona de remoción de suciedad.

**Tabla 50.** Cálculo de la superficie requerida para la zona de remoción suciedad.

Elementos	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	$S_s$ (m <sup>2</sup> )	N (unid)	$S_g$ (m <sup>2</sup> )	$S_g + S_s$ (m <sup>2</sup> )	$S_e$ (m <sup>2</sup> )	n (unid)	$S_t$ (m <sup>2</sup> )
<b>Elementos móviles</b>										
Operarios	-	-	1.70	0.5	-	-	-	-	2.00	1.70
<b>Elementos estáticos</b>										
Escritorio	1.50	1.50	1.20	2.25	2.00	4.50	6.75	2.97	1.00	9.72
Zaranda	4.00	2.00	2.00	8.00	2.00	16.0	24.0	10.6	1.00	34.6
<b>Superficie requerida (m<sup>2</sup>)</b>										46.02

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 51 se muestran los datos necesarios para el cálculo de  $K$ .

**Tabla 51.** Cálculo de  $K$  para la zona de remoción de suciedad.

$H_{em}$ (m)	1.70
$H_{ef}$ (m)	1.95
$K$	0.44

**Fuente:** Elaboración propia.

### Sub-zona de lavados

En la tabla 52 se muestra el cálculo de la superficie requerida para la zona de almacén de materia prima.

**Tabla 52.** Cálculo de la superficie requerida para la zona de lavados.

Elementos	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	$S_s$ (m <sup>2</sup> )	N (unid)	$S_g$ (m <sup>2</sup> )	$S_g + S_s$ (m <sup>2</sup> )	$S_e$ (m <sup>2</sup> )	n (unid)	$S_t$ (m <sup>2</sup> )
<b>Elementos móviles</b>										
Operarios	-	-	1.70	0.5	-	-	-	-	8.00	6.80
<b>Elementos estáticos</b>										
Escritorio	1.50	1.50	1.20	2.25	2.00	4.50	6.75	2.43	1.00	9.18
Tolvas	4.20	3.00	2.70	12.6	2.00	25.2	37.8	13.6	3.00	154.2
Lavadora	3.20	1.50	1.70	4.80	2.00	9.60	14.4	5.18	1.00	19.6
<b>Superficie requerida (m<sup>2</sup>)</b>										189.8

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 53 se muestran los datos necesarios para el cálculo de  $K$ .

**Tabla 53.** Cálculo de  $K$  para la zona de lavados.

$H_{em}$ (m)	1.70
$H_{ef}$ (m)	2.35
$K$	0.36

**Fuente:** Elaboración propia.

### Sub-zona de calcinación

En la tabla 54 se muestra el cálculo de la superficie requerida para la zona de almacén de materia prima.

**Tabla 54.** Cálculo de la superficie requerida para la zona de calcinación.

Elementos	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	$S_s$ (m <sup>2</sup> )	N (unid)	$S_g$ (m <sup>2</sup> )	$S_g + S_s$ (m <sup>2</sup> )	$S_e$ (m <sup>2</sup> )	n (unid)	$S_t$ (m <sup>2</sup> )
<b>Elementos móviles</b>										
Operarios	-	-	1.70	0.5	-	-	-	-	2.00	1.70
<b>Elementos estáticos</b>										
Escritorio	1.50	1.50	1.20	2.25	2.00	4.50	6.75	2.36	1.00	9.11
Horno	10.00	2.50	2.50	25.0	2.00	50.0	75.0	26.3	1.00	101.3
<b>Superficie requerida (m<sup>2</sup>)</b>										110.4

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 55 se muestran los datos necesarios para el cálculo de  $K$ .

**Tabla 55.** Cálculo de  $K$  para la zona de calcinación.

$H_{em}$ (m)	1.70
$H_{ef}$ (m)	2.40
$K$	0.35

**Fuente:** Elaboración propia.

### Sub-zona de trituración

En la tabla 56 se muestra el cálculo de la superficie requerida para la zona de almacén de materia prima. En la tabla 57 se muestran los datos necesarios para el cálculo de  $K$ .

**Tabla 56.** Cálculo de la superficie requerida para la zona de trituración.

Elementos	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	$S_s$ (m <sup>2</sup> )	N (unid)	$S_g$ (m <sup>2</sup> )	$S_g + S_s$ (m <sup>2</sup> )	$S_e$ (m <sup>2</sup> )	n (unid)	$S_t$ (m <sup>2</sup> )
<b>Elementos móviles</b>										
Operarios	-	-	1.70	0.5	-	-	-	-	2.00	1.70
<b>Elementos estáticos</b>										
Escritorio	1.50	1.50	1.20	2.25	2.00	4.50	6.75	4.73	1.00	11.48
Molino	1.15	1.30	1.25	1.5	2.00	3.00	4.50	3.15	1.00	7.65
<b>Superficie requerida (m<sup>2</sup>)</b>										20.83

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 57.** Cálculo de  $K$  para la zona de trituración.

$H_{em}$ (m)	1.70
$H_{ef}$ (m)	1.22
$K$	0.70

**Fuente:** Elaboración propia.

### Sub-zona de molienda y clasificación

En la tabla 58 se muestra el cálculo de la superficie requerida para la zona de almacén de materia prima.

**Tabla 58.** Cálculo de la superficie requerida para la zona de molienda y clasificación.

Elementos	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	$S_s$ (m <sup>2</sup> )	N (unid)	$S_g$ (m <sup>2</sup> )	$S_g + S_s$ (m <sup>2</sup> )	$S_e$ (m <sup>2</sup> )	n (unid)	$S_t$ (m <sup>2</sup> )
<b>Elementos móviles</b>										
Operarios	-	-	1.70	0.5	-	-	-	-	4.00	3.40
<b>Elementos estáticos</b>										
Escritorio	1.50	1.50	1.20	2.25	2.00	4.50	6.75	2.84	1.00	9.23
Molino	6.25	3.00	2.10	18.8	2.00	37.5	56.25	23.6	1.00	79.85
Ciclón	1.20	2.10	2.20	2.52	1.00	2.52	5.04	2.12	1.00	7.16
<b>Superficie requerida (m<sup>2</sup>)</b>										99.64

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 59 se muestran los datos necesarios para el cálculo de  $K$ .

**Tabla 59.** Cálculo de  $K$  para la zona de molienda y clasificación.

$H_{em}$ (m)	1.70
$H_{ef}$ (m)	2.02
$K$	0.42

**Fuente:** Elaboración propia.

### Sub-zona de envasado

En la tabla 60 se muestra el cálculo de la superficie requerida para la zona de almacén de materia prima.

**Tabla 60.** Cálculo de la superficie requerida para la zona de envasado.

Elementos	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	$S_s$ (m <sup>2</sup> )	N (unid)	$S_g$ (m <sup>2</sup> )	$S_g + S_s$ (m <sup>2</sup> )	$S_e$ (m <sup>2</sup> )	n (unid)	$S_t$ (m <sup>2</sup> )
<b>Elementos móviles</b>										
Operarios	-	-	1.70	0.5	-	-	-	-	5.00	4.25
Montacarga	1.80	1.50	3.50	2.70	-	-	-	-	1.00	9.45
<b>Elementos estáticos</b>										
Escritorio	1.50	1.50	1.20	2.25	2.00	4.50	6.75	2.13	1.00	8.88
Envasador	1.00	0.80	1.80	0.80	2.00	1.60	2.40	0.77	1.00	3.17
Paletizador	4.20	3.00	4.85	12.6	2.00	25.2	37.8	12.1	1.00	49.9
<b>Superficie requerida (m<sup>2</sup>)</b>										75.65

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 61 se muestran los datos necesarios para el cálculo de  $K$ .

**Tabla 61.** Cálculo de  $K$  para la zona de envasado.

$H_{em}$ (m)	2.63
$H_{ef}$ (m)	4.17
$K$	0.32

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 62 se muestran las sub-zonas que conforman el área total correspondiente a la zona de producción.

**Tabla 62.** Superficies de las sub-zonas de producción.

Sub-zonas	Superficie (m <sup>2</sup> )
Sub-zona de remoción de suciedad	46.02
Sub-zona de lavados	189.78
Sub-zona de calcinación	112.06
Sub-zona de trituración	20.83
Sub-zona de molienda y clasificación	99.64
Sub-zona de envasado	75.65
<b>Total</b>	<b>543.98</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

#### e) Almacén de producto terminado

Para el cálculo de la superficie requerida para el almacén de producto terminado, se toma en cuenta que la capacidad debe ser para una producción acumulada de 3 días. En la tabla 63 se detallan las especificaciones físicas del envase de presentación del producto terminado. Las especificaciones físicas del embalaje se detallan en la tabla 64.

**Tabla 63.** Especificaciones físicas del envase del producto terminado.

Especificaciones	Descripción
Material de envase	Bolsa de Papel Kraft
Dimensiones (m)	0.6 x 0.4 x 0.15
Volumen (m <sup>3</sup> )	0.036
Capacidad neta (kg)	50

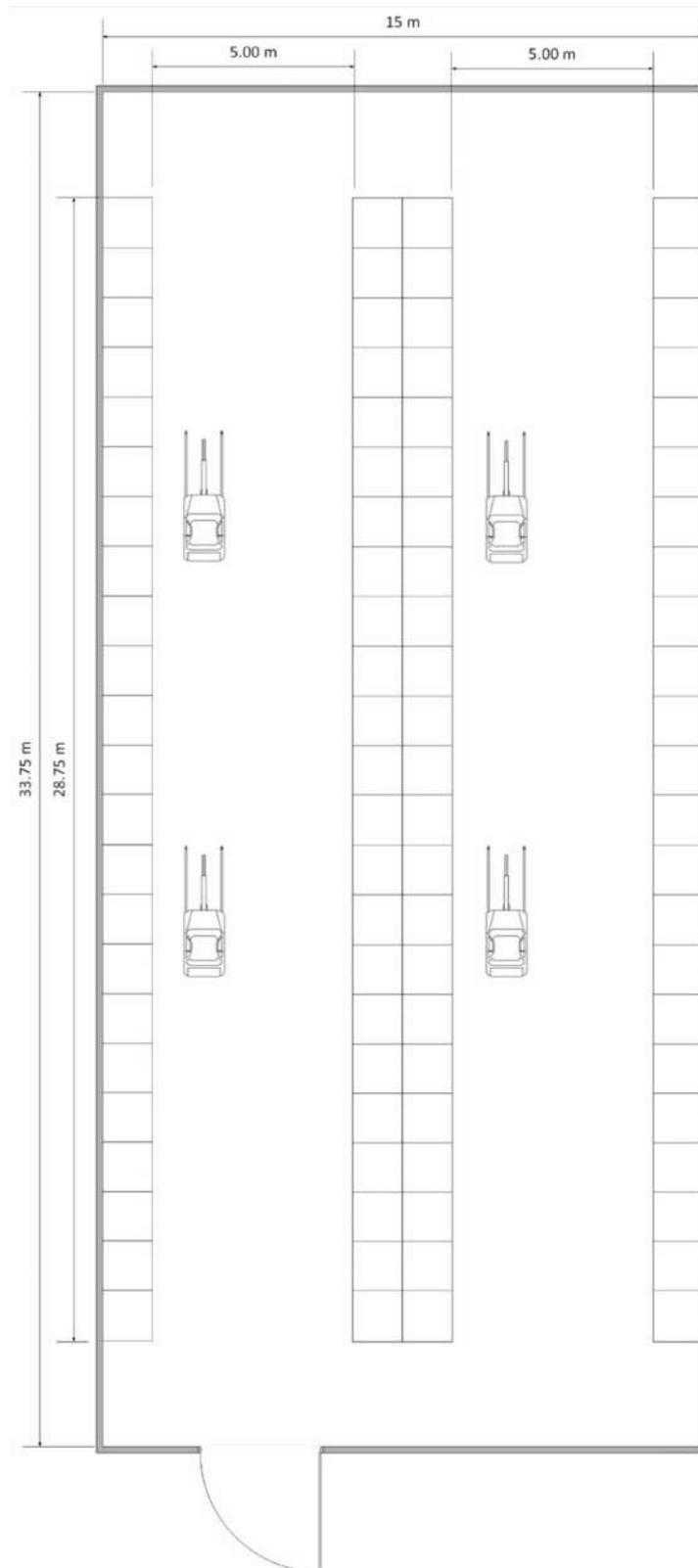
**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 64.** Especificaciones físicas del envase del producto terminado.

Especificaciones	Descripción
Material	Polipropileno Biorientado
Longitud de la cinta (m)	5000
Espesor de la cinta (μm)	50

**Fuente:** Elaboración propia.

La cantidad de “*pallets*” para almacenar es de 89 por cada 3 días (periodo de tiempo especificado). En la figura 38 se muestra la superficie requerida para el almacén.



**Figura 38.** Superficie requerida para almacén de producto terminado.  
**Fuente:** Elaboración propia.

### f) Control de calidad

En la tabla 65 se muestra el cálculo de la superficie requerida para la zona de control de calidad.

**Tabla 65.** Cálculo de la superficie requerida para la zona de control de calidad.

Elementos	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	$S_s$ (m <sup>2</sup> )	N (unid)	$S_g$ (m <sup>2</sup> )	$S_g + S_s$ (m <sup>2</sup> )	$S_e$ (m <sup>2</sup> )	n (unid)	$S_t$ (m <sup>2</sup> )
<b>Elementos móviles</b>										
Trabajador	-	-	1.70	0.5	-	-	-	-	2.00	1.70
<b>Elementos estáticos</b>										
Escritorio	1.50	1.50	1.20	2.25	2.00	4.50	6.75	4.46	1.00	11.21
Mesa	2.00	2.00	1.20	4.00	2.00	8.00	12.00	7.92	1.00	19.92
Estante	1.50	0.80	1.80	1.20	1.00	1.20	2.40	1.58	1.00	3.98
<b>Superficie requerida (m<sup>2</sup>)</b>										36.81

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 66 se muestran los datos necesarios para el cálculo de  $K$ .

**Tabla 66.** Cálculo de  $K$  para la zona de control de calidad.

$H_{em}$ (m)	1.70
$H_{ef}$ (m)	1.30
$K$	0.66

**Fuente:** Elaboración propia.

### g) Despacho

En la tabla 67 se muestra el cálculo de la superficie requerida para la zona de despacho.

**Tabla 67.** Cálculo de la superficie requerida para la zona de despacho.

Elementos	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	$S_s$ (m <sup>2</sup> )	N (unid)	$S_g$ (m <sup>2</sup> )	$S_g + S_s$ (m <sup>2</sup> )	$S_e$ (m <sup>2</sup> )	n (unid)	$S_t$ (m <sup>2</sup> )
<b>Elementos móviles</b>										
Operario	-	-	1.70	0.5	-	-	-	-	2.00	1.70
Montacarga	1.80	1.50	3.50	2.70	-	-	-	-	2.00	18.90
Camión	8.56	2.48	3.20	21.2	-	-	-	-	2.00	135.7
<b>Elementos estáticos</b>										
Escritorio	1.50	1.50	1.20	2.25	2.00	4.50	6.75	9.65	1.00	16.4
<b>Superficie requerida (m<sup>2</sup>)</b>										172.7

**Fuente:** Elaboración propia.

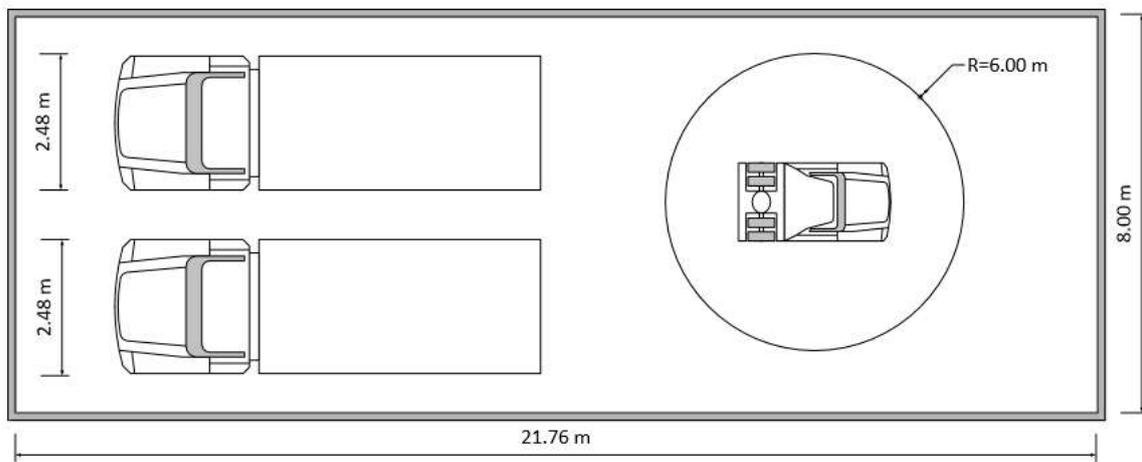
En la tabla 68 se muestran los datos necesarios para el cálculo de  $K$ .

**Tabla 68.** Cálculo de  $K$  para la zona de despacho.

$H_{em}$ (m)	3.43
$H_{ef}$ (m)	1.20
$K$	1.43

**Fuente:** Elaboración propia.

La superficie mínima es de  $172.7 \text{ m}^2$  para el despacho, pero es necesario añadir un patio de maniobras para la circulación de la maquinaria pesada. En la figura 39 se muestra el patio de maniobras a escala (1:50), el cual tiene una superficie total igual a  $174.08 \text{ m}^2$ , por lo tanto, la superficie total requerida es igual a  $346.78 \text{ m}^2$ . El radio de giro del excavador es igual a  $6.00 \text{ m}$ .

**Figura 39.** Patio de maniobras.

**Fuente:** Elaboración propia.

#### h) Seguridad

Para la caseta de vigilancia se asumirá una superficie de  $10 \text{ m}^2$ . Se asume esta superficie debido a que no se dispone de una estandarización para este tipo de estructuras. Esta área está considerada dentro del patio de maniobras correspondiente a la recepción y al despacho.

#### i) Servicios higiénicos y vestidores

Para las edificaciones industriales se tiene en cuenta el número de trabajadores para la instalación de los servicios higiénicos. En la tabla 69 se especifica el número lavatorios (L), urinarios (u) e inodoros (I) para los servicios higiénicos, tanto para hombres como para mujeres (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

**Tabla 69.** Número de trabajadores para servicios higiénicos.

Número de trabajadores	Hombres	Mujeres
De 0 a 15	1L, 1u, 1I	1L, 1I
De 16 a 50	2L, 2u, 2I	2L, 2I
De 51 a 100	3L, 3u, 3I	3L, 3I
De 101 a 200	4L, 4u, 4I	4L, 4I
Por cada 100 adicionales	1L, 1u, 1I	1L, 1I

**Fuente:** Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006.

Las edificaciones industriales deben tener una ducha cada 10 trabajadores y un área de vestuarios a razón de 1.50 m<sup>2</sup> por trabajador por turno. En la tabla 70 se especifica la superficie total necesaria para los servicios higiénicos y vestidores.

**Tabla 70.** Superficie requerida para servicios higiénicos y vestidores.

Superficie requerida	Hombres	Mujeres
	30 m <sup>2</sup>	30 m <sup>2</sup>

**Fuente:** Elaboración propia.

#### j) Oficinas

El número de trabajadores administrativos en una edificación de oficinas se calculará a razón de una persona cada 9.5 m<sup>2</sup> como mínimo (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006). La tabla 71 muestra las superficies requeridas para cada empleado.

**Tabla 71.** Superficie requerida para las oficinas administrativas.

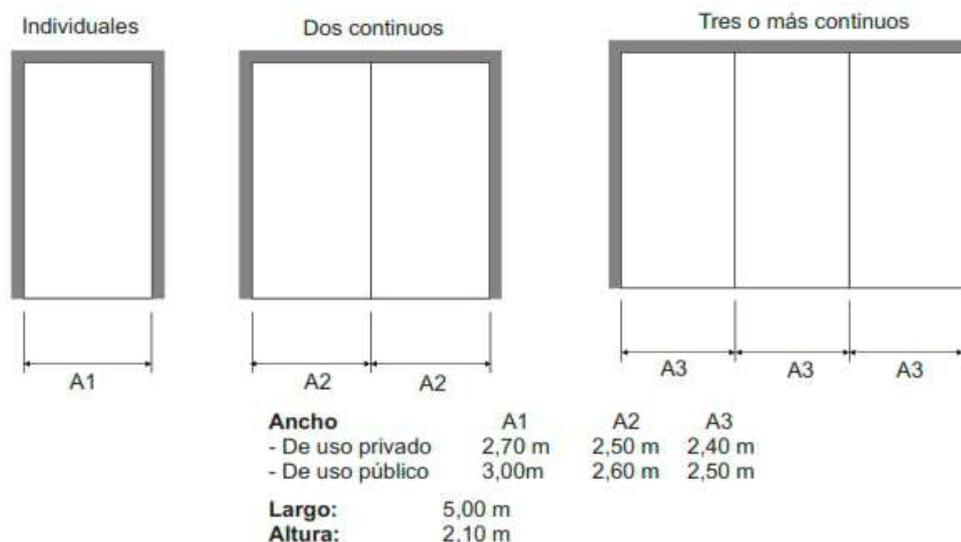
	Superficie requerida (m <sup>2</sup> )
Gerente General	30
Asistente de gerencia	10
Secretaria	10
Producción	15
Marketing	15
Finanzas	15
Servicios internos	15
Total	110

**Fuente:** Elaboración propia.

#### k) Estacionamiento

Se optará por un estacionamiento privado, el cual debe tener como mínimo 2.10 metros de ancho por 5 metros de largo. Los estacionamientos apropiados para fábricas se muestran en la figura 40,

por lo tanto, la superficie requerida incluyendo las vías de desplazamiento será de 180 m<sup>2</sup>.



**Figura 40.** Dimensiones mínimas del estacionamiento.

**Fuente:** Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006.

#### l) Mantenimiento

El área correspondiente a mantenimiento será de 20 m<sup>2</sup>. En esta área se encontrarán las herramientas, equipos y repuestos (piezas o partes de las máquinas más propensas a fallar); necesarios para realizar las reparaciones de los equipos y de los sistemas eléctricos, electrónicos y/o mecánicos, más urgentes que se presente durante el transcurso de la jornada laboral. Las paradas por mantenimiento programadas en el año, se realizarán a través de un concurso entre varias empresas, de las cuales el ganador brindará el servicio de mantenimiento general en la empresa.

#### m) Comedor

En el comedor se tendrá 40 trabajadores como máximo en el área de producción, cada mesa puede albergar a 4 comensales, por lo que el comedor deberá tener un mínimo de 10 mesas. El área correspondiente será de 100 m<sup>2</sup>.

#### n) Tratamiento de agua

En la tabla 72 se muestra el caculo de la superficie requerida para la zona de control de calidad.

**Tabla 72.** Cálculo de la superficie requerida para la zona de tratamiento de agua.

Elementos	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	$S_s$ (m <sup>2</sup> )	N (unid)	$S_g$ (m <sup>2</sup> )	$S_g + S_s$ (m <sup>2</sup> )	$S_e$ (m <sup>2</sup> )	n (unid)	$S_t$ (m <sup>2</sup> )
<b>Elementos móviles</b>										
Operario	-	-	1.70	0.5	-	-	-	-	2.00	1.70
<b>Elementos estáticos</b>										
Escritorio	1.50	1.50	1.20	2.25	2.00	4.50	6.75	3.47	1.00	10.22
Mesa	2.00	2.00	1.20	4.00	2.00	8.00	12.00	6.17	1.00	18.17
Filtradora	1.60	1.30	1.80	2.08	2.00	4.16	6.24	3.21	1.00	9.45
Filtro de pH	1.45	1.45	2.85	2.10	2.00	4.21	6.31	3.25	1.00	9.56
<b>Superficie requerida (m<sup>2</sup>)</b>										49.1

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 73 se muestran los datos necesarios para el cálculo de  $K$ .

**Tabla 73.** Cálculo de  $K$  para la zona de tratamiento de agua.

$H_{em}$ (m)	1.70
$H_{ef}$ (m)	1.65
$K$	0.51

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 74 se presenta un resumen de superficies requeridas.

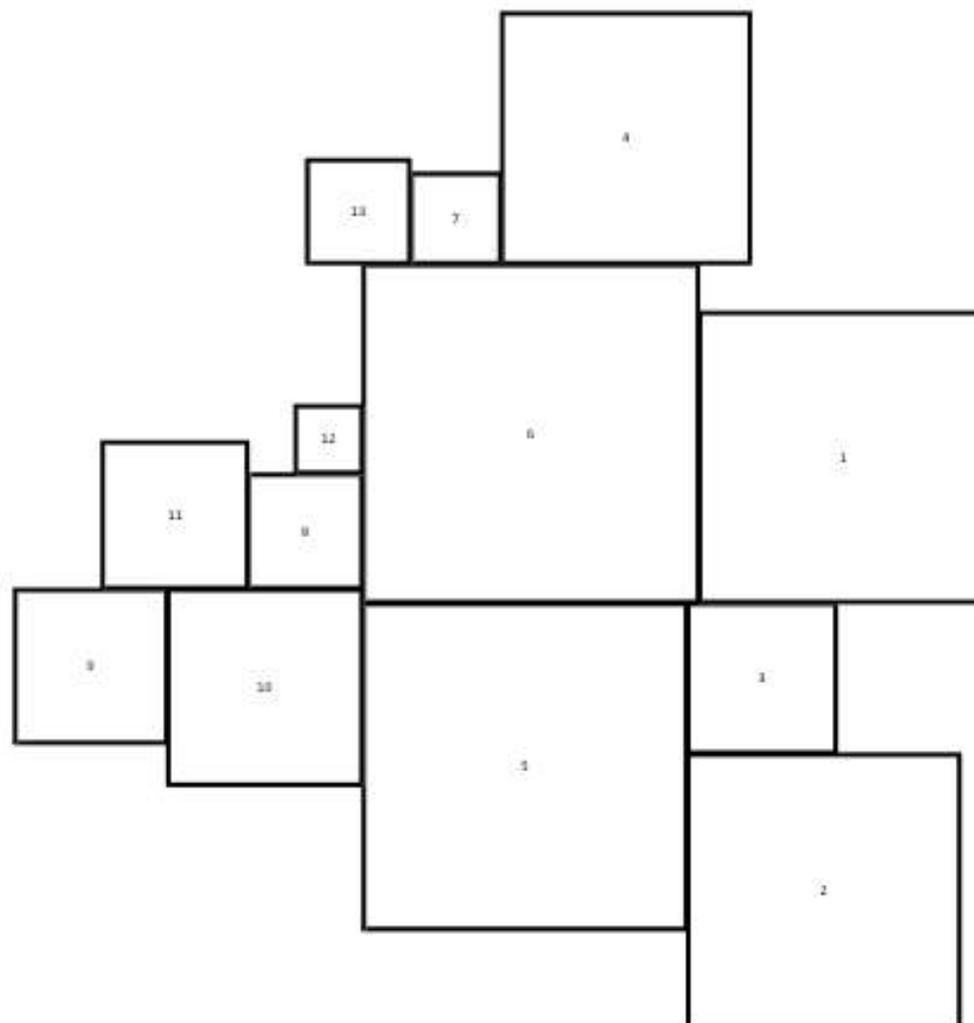
**Tabla 74.** Superficies calculadas y redondeadas de la fábrica.

Área	Superficie calculada (m <sup>2</sup> )	Superficie redondeada (m <sup>2</sup> )
Recepción	389.57	400.00
Almacén de materia prima	104.00	104.00
Almacén de insumos	297.51	298.00
Almacén de producto terminado	506.25	507.00
Producción	543.98	544.00
Control de calidad	36.81	37.00
Despacho	346.78	357.00
Servicios higiénicos y vestidores	60.00	60.00
Oficinas	110.00	110.00
Estacionamiento	180.00	180.00
Mantenimiento	20.00	20.00
Comedor	100.00	100.00
Tratamiento de agua	49.10	50.00

Fuente: Elaboración propia.

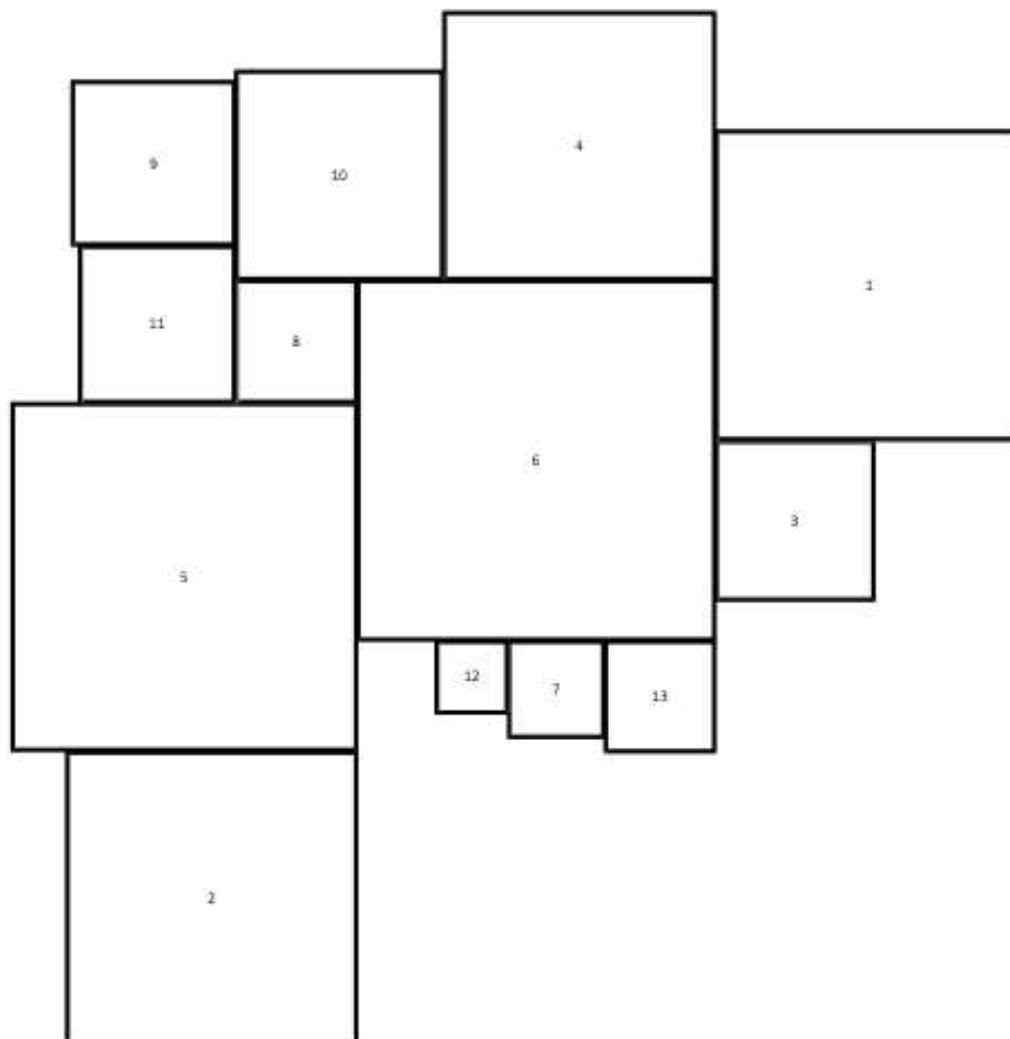
Las figuras 41, 42 y 43 muestran los diagramas de bloques respectivos a cada alternativa de diagrama de interrelación propuesta.

### 3.8.4. Diagrama de bloques



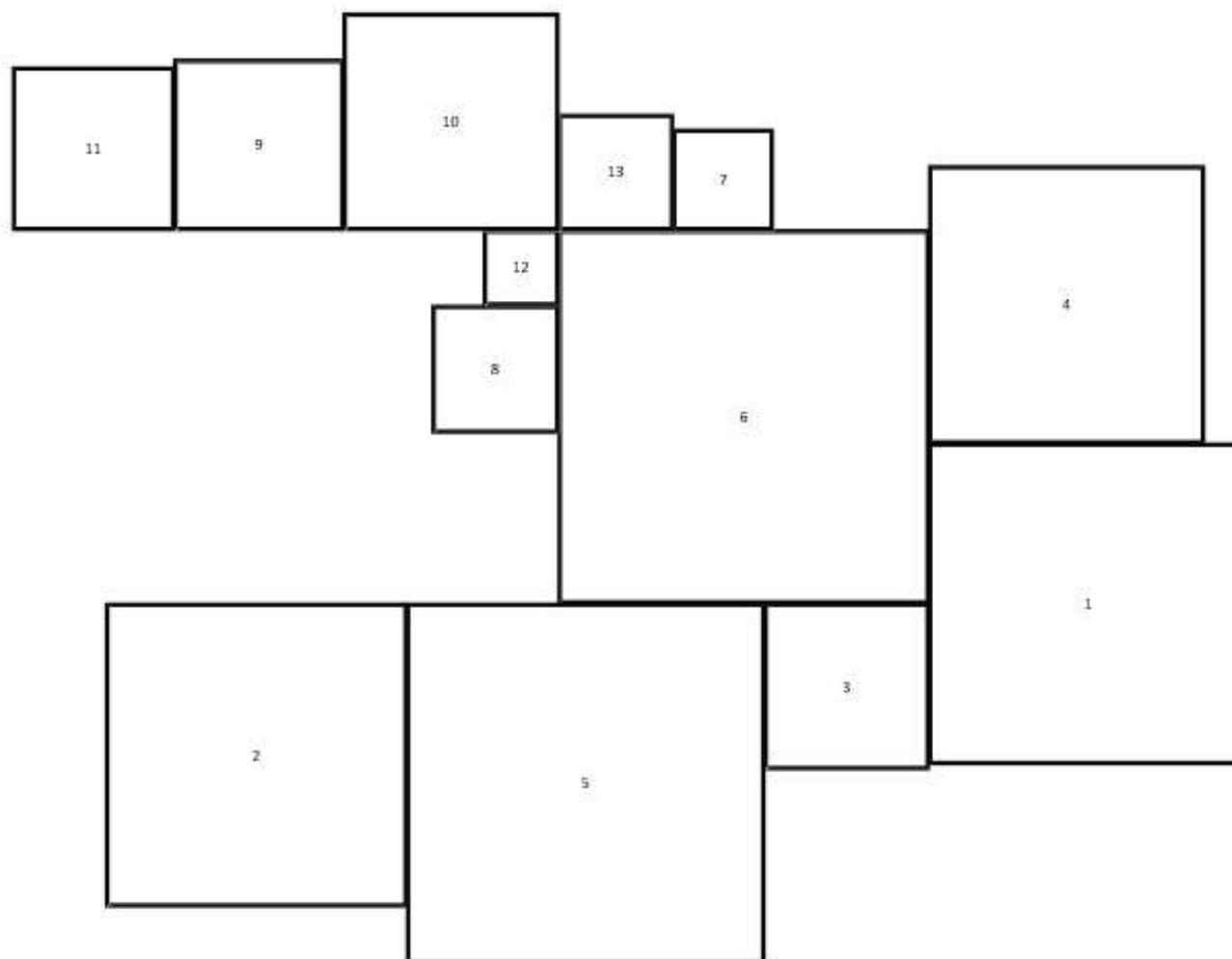
**Figura 41.** Diagrama de bloques de la alternativa I.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 42.** Diagrama de bloques de la alternativa II.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 43.** Diagrama de bloques de la alternativa III.

**Fuente:** Elaboración propia.

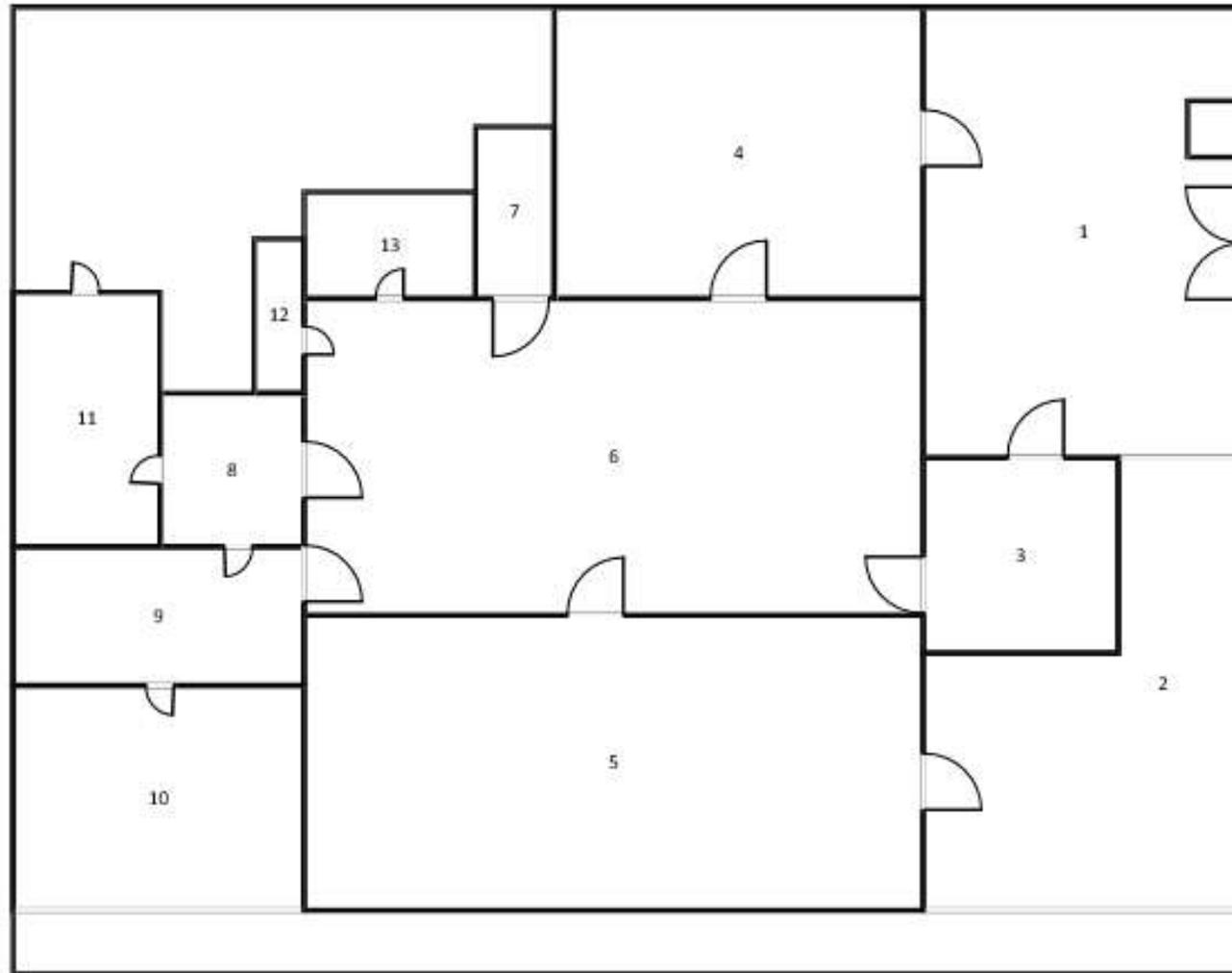
### 3.8.5. Modificaciones prácticas

Para afinar el diseño de las alternativas propuestas, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Se debe tomar en cuenta un espacio dedicado a almacenar el equipo de limpieza.
- Se debe considerar un espacio razonable para permitir la circulación del personal.
- Se aumentará el estacionamiento, para que no solamente sea para autos propios y pequeños, sino también para la maquinaria pesada que ingrese a la fábrica.
- El área no utilizada servirá para futuras ampliaciones de la planta.

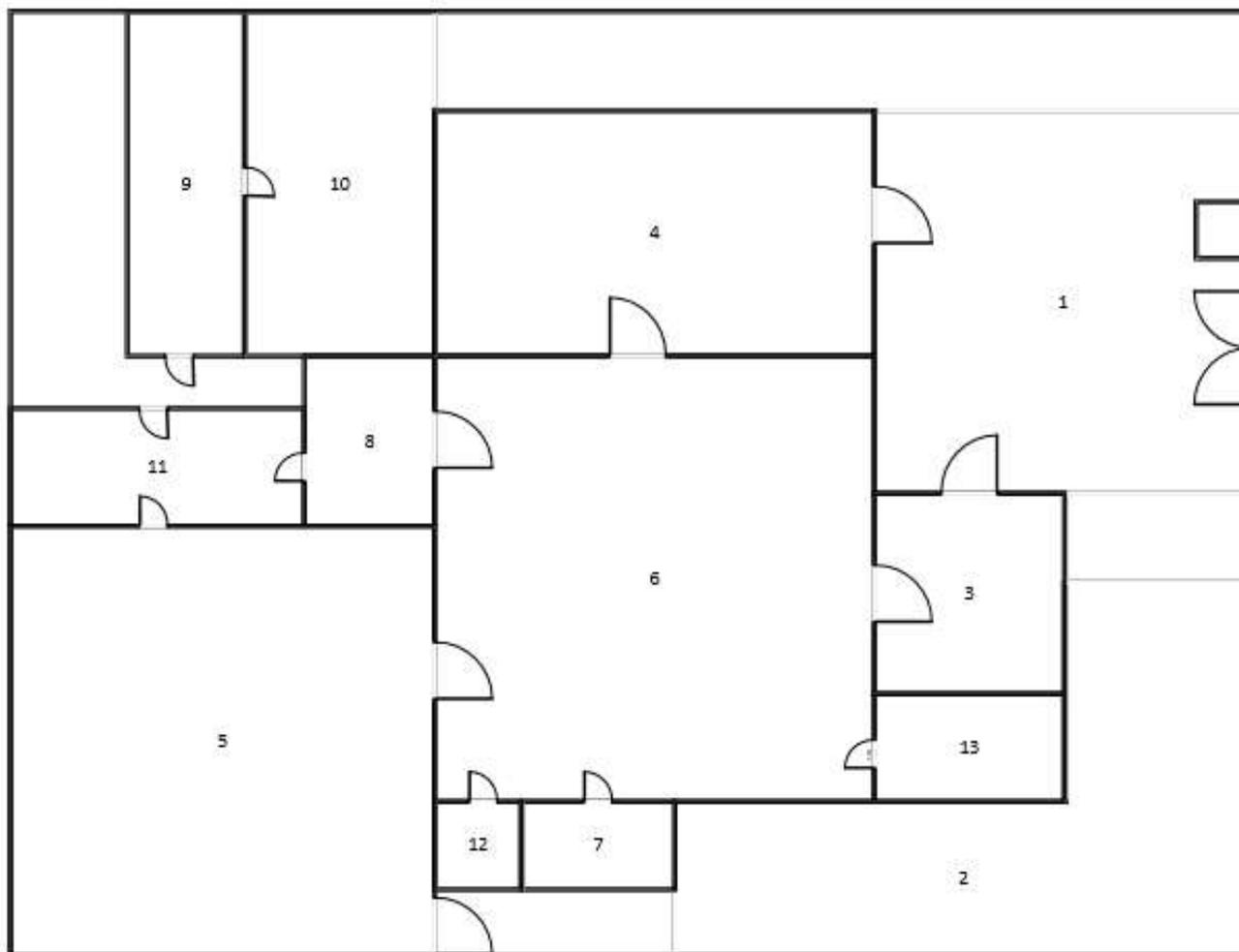
Las figuras 44, 45 y 46 muestran las tres alternativas propuestas para el diagrama relacional de espacios.

### 3.8.6. Layout



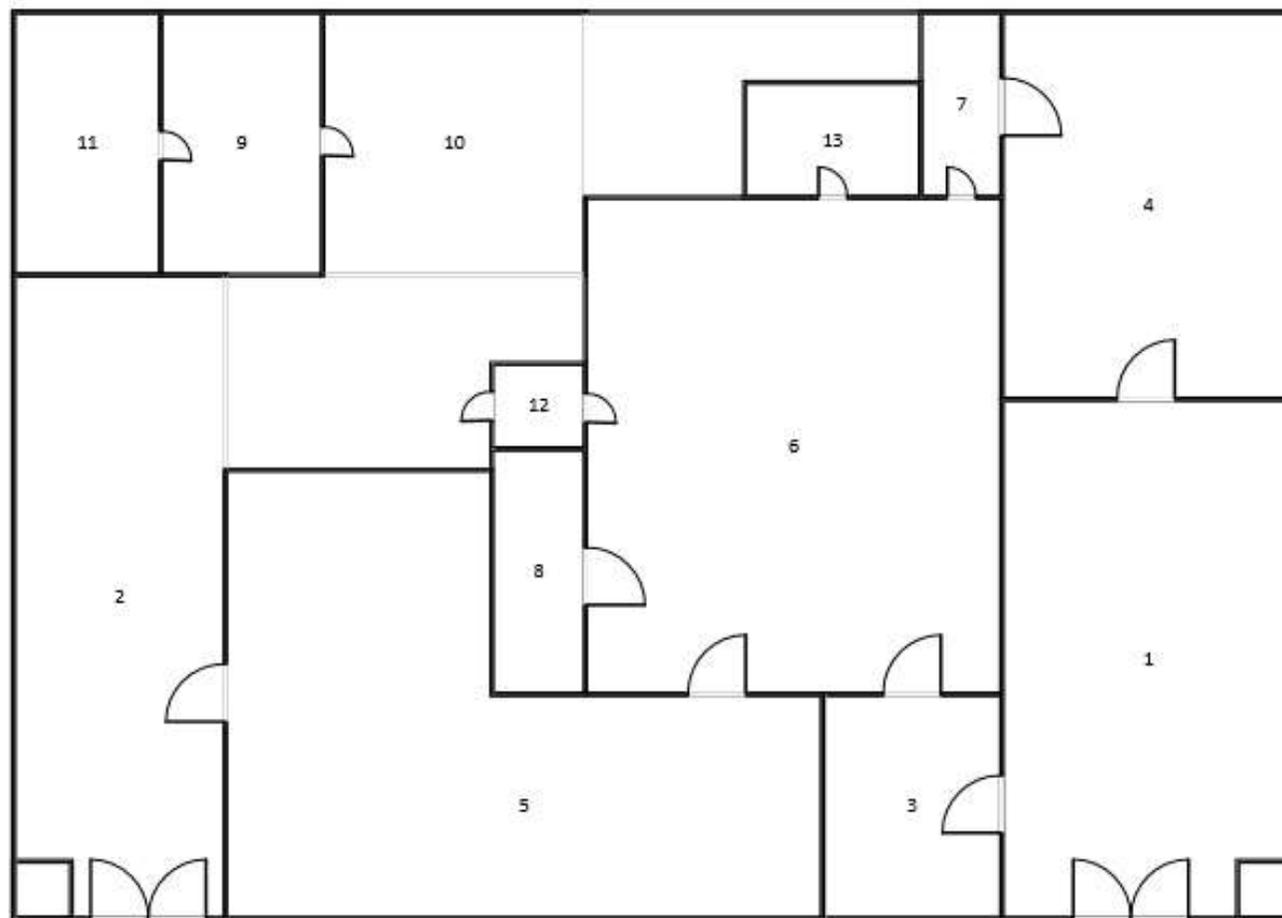
**Figura 44.** Alternativa I diagrama relacional de espacios.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 45.** Alternativa II diagrama relacional de espacios.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 46.** Alternativa III diagrama relacional de espacios.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.8.7. Evaluación y selección

La evaluación y selección de la mejor alternativa de diseño de planta se puede realizar mediante dos métodos (Krajewski, Ritzman, & Malohtra, 2008):

#### a. Método del balance de las ventajas y desventajas

Este método consiste en hacer una relación de las ventajas y desventajas correspondientes a cada alternativa propuesta.

##### **Alternativa I**

Ventaja:

- Es la única alternativa que posee puerta única donde se producen las entradas y salidas como también el acceso al estacionamiento mediante una pista auxiliar.

Desventajas:

- La caseta de seguridad se encuentra más alejada del estacionamiento con respecto a las otras alternativas.

##### **Alternativa II**

Ventajas:

- El almacén de insumos se encuentra más cerca del área de producción respecto a la alternativa I.

Desventajas:

- Se necesitan dos casetas de seguridad, a diferencia de la alternativa I que solamente se necesita una.
- El almacén de producto terminado se encuentra más cerca (no están juntos) del área del comedor, con respecto a las otras alternativas.

##### **Alternativa III**

Ventajas:

- Producción se encuentra más lejos del área del comedor respecto a la alternativa II.

Desventajas:

- El área del comedor se encuentra más alejada del área de los servicios higiénicos.

## b. Método de análisis de factores

Este método se basa en identificar los factores más relevantes para cada alternativa. El procedimiento general se describe a continuación:

- Identificar las alternativas de decisión.
- Determinar una lista de factores relevantes.
- Asignar un peso a cada factor que refleje su importancia relativa.
- Valorar cada factor por cada alternativa propuesta.
- Multiplicar las valoraciones por sus respectivos pesos y sumar los productos para obtener el total correspondiente a cada alternativa propuesta.

Los pesos van en tanto por ciento, de manera que el total sea 100; y los valores irán de 1 a 5, siendo 1 el valor más bajo (peor) y 5 el más alto (mejor).

En la tabla 75 se muestra la evaluación de análisis de factores para las alternativas propuestas.

**Tabla 75.** Evaluación de análisis de factores.

Factores	Peso	Alternativas		
		I	II	III
Acarreo de materiales	15%	3	5	5
Incremento de producción	20%	3	3	5
Seguridad y vigilancia	10%	3	5	5
Control de calidad	10%	3	3	3
Mínima distancia recorrida	20%	1	3	3
Facilidad de supervisión y control	15%	3	3	3
Condiciones de trabajo	10%	3	3	3
<b>Totales</b>	<b>100%</b>	<b>2.6</b>	<b>3.5</b>	<b>3.9</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

La tabla 76 muestra la superficie total para cada alternativa:

**Tabla 76.** Superficie total para cada alternativa.

Alternativa	Superficie total (m <sup>2</sup> )
I	3 328.72
II	3 280.06
III	3 079.75

**Fuente:** Elaboración propia.

Según la evaluación de análisis de factores la alternativa III es la mejor alternativa para la disposición de planta, además es la que tiene la menor superficie requerida que las demás.

## Capítulo 4 Organización de la empresa

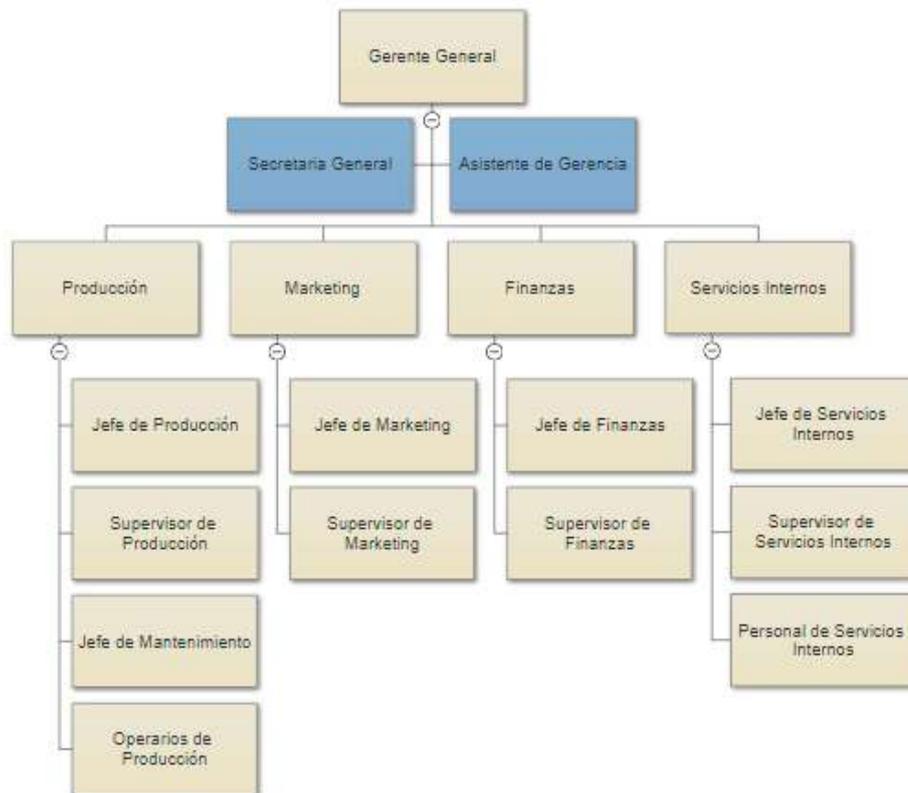
### 4.1. Organigrama

La figura 47 muestra una forma de estructuración funcional que es de las más sencillas y utilizadas en la organización de empresas. La división funcional es muy frecuente en las pymes, debido a los posibles problemas de competencia en las divisiones. La tabla 77 muestra las áreas funcionales básicas con sus actividades.

**Tabla 77.** Áreas funcionales básicas.

Áreas funcionales	Actividades
Producción	<ul style="list-style-type: none"><li>- Compras a proveedores</li><li>- Gestión de almacenes</li><li>- Fabricación o producción</li><li>- Envasado o transporte</li><li>- Mantenimiento</li></ul>
Finanzas	<ul style="list-style-type: none"><li>- Contabilidad</li><li>- Tesorería</li><li>- Créditos</li></ul>
Marketing	<ul style="list-style-type: none"><li>- Publicidad</li><li>- Promoción</li><li>- Precio</li><li>- Ventas</li></ul>
Servicios internos	<ul style="list-style-type: none"><li>- Asesoría</li><li>- Informática</li><li>- Seguridad</li><li>- Limpieza</li><li>- Comedores</li><li>- Recursos humanos</li></ul>

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 47.** Organigrama.

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.2. Necesidad de personal

En la tabla 78 se muestra la necesidad de personal con el perfil requerido para cada puesto, siendo la más remunerada la mano de obra profesional (MOP).

**Tabla 78.** Necesidad de personal.

<b>Personal requerido</b>	<b>MOP</b>	<b>MOC</b>	<b>MONC</b>
Gerente general	1	-	-
Asistente de gerencia	1	-	-
Recepcionista	1	-	-
Jefe de producción	1	-	-
Jefe de finanzas	1	-	-
Jefe de marketing	1	-	-
Jefe de servicios internos	1	-	-
Jefe de mantenimiento	1	-	-
Supervisor de producción	1	-	-
Supervisor de finanzas	1	-	-
Supervisor de marketing	1	-	-
Supervisor de servicios internos	2	-	-
Operarios de producción	-	18	22
Personal de servicios internos	-	-	5
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>27</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 79 se muestra la remuneración inicial para cada puesto laboral.

**Tabla 79.** Remuneración inicial.

<b>Personal requerido</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Sueldos (S/)</b>
Gerente general	1	15 000
Asistente de gerencia	1	2 500
Recepcionista	1	1 200
Jefe de producción	1	9 000
Jefe de finanzas	1	6 000
Jefe de marketing	1	5 000
Jefe de servicios internos	1	5 000
Jefe de mantenimiento	1	5 000
Supervisor de producción	1	4 800
Supervisor de finanzas	1	3 800
Supervisor de marketing	1	2 800
Supervisor de servicios internos	2	2 800
Operarios de producción calificados	18	2 000
Operarios de producción no calificados	22	1 200
Operarios de servicios internos	5	1 200

**Fuente:** Elaboración propia.

### 4.3. Funciones del personal

#### a. Gerente General

Se encarga de planificar los objetivos generales y específicos de la empresa a corto y largo plazo. Debe ser un líder dentro de la empresa para dirigir la empresa al tomar las decisiones más importantes.

Tiene la función de administrar (planificar, organizar, dirigir y controlar) la empresa y de representar a la empresa ante organismos externos gubernamentales o no gubernamentales.

#### b. Jefe de Finanzas

Se encarga de la planificación y control de las actividades financieras de la empresa tales como la elaboración y control de los presupuestos, revisión y emisión de los cheques emitidos por la empresa para realizar pagos, elaborar los informes correspondientes sobre los estados financieros para facilitar las decisiones de la Gerencia General. Además, debe dirigir y controlar la contabilidad de la empresa.

#### c. Jefe de Marketing

Se encarga de desarrollar estrategias de marketing a mediano y largo plazo para la empresa. También le concierne realizar las actividades publicitarias y de

promoción necesarias para el progreso de la empresa y, labores de relaciones públicas según sea necesario por la Gerencia General. Tiene la función de negociar ante los clientes.

**d. Jefe de Producción**

Es el responsable de la planificación y control de la producción y de la logística de materiales de la empresa para proporcionar la cantidad necesaria de producto terminado según las previsiones de la demanda. Hacer esto le ayuda a la empresa a mantener una oferta suficiente para satisfacer a los consumidores.

También se encarga de planificar y dirigir las funciones del personal de: compras (manteniendo las relaciones adecuadas con los proveedores), almacenes y mantenimiento.

Además, se encarga de realizar seguimiento a las entregas (despachos de productos terminados).

**e. Jefe de Servicios Internos**

Es el encargado de la administración de recursos humanos de la empresa, realizando el proceso de reclutamiento y selección de personal no calificado, técnico y profesional; además realiza el seguimiento a lo largo de su permanencia en la empresa, su capacitación, vacaciones, etc.

También dirige las labores de asesoría jurídica, informática, servicio médico, seguridad, limpieza y comedor.

**f. Jefe de Mantenimiento**

Suministra al personal operario los materiales y equipos necesarios para realizar las reparaciones; Planifica, coordina y controla el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos y de los sistemas eléctricos, electrónicos y/o mecánicos.

## **Capítulo 5**

### **Costos de producción**

Los costos serán calculados en dólares americanos (US\$), y se realizará el tipo de cambio correspondiente a S/ 3.24 vigente al mes de noviembre de 2017.

#### **5.1. Costos directos**

Son aquellos que se pueden identificar directamente al proceso de producción, están compuestos por:

##### **a. Costos de materia prima**

Los costos de materia prima son nulos, debido a que se explotarán los residuos de concha de abanico provenientes de las plantas procesadoras y también lo existente en los botaderos municipales de la provincia de Sechura.

##### **b. Costos de insumos**

Como insumos se considera la electricidad utilizada por la maquinaria y equipo de producción, los envases tipo bolsas de papel Kraft, el embalaje correspondiente a bolsas de polipropileno biorientado, y el hidróxido de sodio y ácido clorhídrico necesarios para los lavados de materia prima.

En la tabla 80 se detallan el consumo de energía de la maquinaria y el gasto en US\$ en un año. En el Perú, el costo es de 6.4 centavos de dólar por kilovatio/hora (kWh).

**Tabla 80.** Consumo y costo anual de energía de la maquinaria y equipo.

Maquinaria y equipo	Cantidad	kW	Kwh/día	US\$/día	US\$/año
Tolva húmeda	4	5.00	320	20.48	6 758.40
Faja vibratoria	1	4.00	64	4.10	1 351.68
Lavadora rotatoria	1	18.50	296	18.94	6 251.52
Paletizador	1	2.00	32	2.05	675.84
Horno rotatorio	1	60.00	960	61.44	20 275.20
Envasadora	1	2.00	32	2.05	675.84
Ventilador	6	0.75	72	4.61	1 520.64
Ciclón	1	5.50	88	5.63	1 858.56
Molino micronizador	1	15.00	240	15.36	5 068.80
Molino de bolas	1	55.00	880	56.32	18 585.60
Filtro de agua giratorio	1	1.50	24	1.54	506.88
Filtro neutralizador	1	1.50	24	1.54	506.88
Total (US\$)					64 035.84
Total (S/.)					207 476.12

**Fuente:** Elaboración propia.

Se necesitarán 2 861.47 bolsas por día según la capacidad teórica de la fábrica. Entonces, en un año se utilizarán 944 286 bolsas de papel Kraft de 50 kilogramos cada una, considerando el precio de US\$ 0.30, al costo anual de bolsas será de US\$ 283 285.80 o S/ 917 845.99.

Se producirán 1 4307.35 *pallets* en el primer año, por lo que se utilizarán 80 cintas de embalaje de polipropileno biorientado, considerando el precio US\$ 2.00 cada una, el costo anual de cintas de embalaje será de US\$ 160.00 o S/ 518.40.

El ácido clorhídrico se puede conseguir:

- Técnico, pureza 33% que cuesta S/ 87.60 por galón de 20 litros.
- Analítico, pureza de 36.5 a 38% que cuesta S/ 236.00 por botella de 2.5 litros.

El hidróxido de sodio, conocido comercialmente como soda cáustica, tiene dos presentaciones en el mercado: en lentejas y perlas. El costo por kilogramo es de US\$ 2.01 o S/ 6.50. Cuenta con una pureza entre 49.0 y 50.5%.

Para hallar el costo de insumos se tomó como referencia las pruebas de laboratorio realizadas, se ha considerado un rendimiento mayor del efecto de lavado para ambas soluciones (5 lavados extras).

En la tabla 81 se presenta el resumen de los costos de insumos:

**Tabla 81.** Costos anuales de insumos.

Insumo	Monto en US\$
Energía eléctrica	64 035.84
Bolsas de papel Kraft	283 285.80
Cintas de embalaje	160.00
Hidróxido de sodio	506 294.89
Ácido clorhídrico	745 460.32
Total	1 599 236.85

**Fuente:** Elaboración propia.

### c. Costos de mano de obra directa

Se ha tenido en cuenta los operarios calificados y no calificados, a los cuales corresponderán sueldos de S/ 2 000.00 y S/ 1 200.00<sup>7</sup> respectivamente.

En la tabla 82 se detallan los montos totales de mano de obra directa, considerando los beneficios adicionales al sueldo básico como: gratificación (16.67%), CTS (8.33%) y ESSALUD (9%).

**Tabla 82.** Costo de mano de obra directa.

Mano de obra directa	Cantidad	Sueldo básico mensual (S/)	Sueldo total mensual (S/)	Monto total anual (S/)
Operarios no calificados	22	1 200	1 608	424 512.00
Operarios calificados	18	2 000	2 680	578 880.00
Total (S/.)				1 003 392.00
Total (US\$)				309 688.89

**Fuente:** Elaboración propia.

## 5.2. Costos indirectos

Los costos indirectos son aquellos que no se les puede asignar o cuantificar directamente al proceso productivo. Están compuestos por:

<sup>7</sup> Se ha considerado una remuneración mayor a la RMV vigente igual a S/ 850.00.

### a. Mano de obra indirecta

En la tabla 83 se detallan los montos totales de mano de obra indirecta, considerando los beneficios adicionales al sueldo básico como: gratificación (16.67%), CTS (8.33%) y ESSALUD (9%).

**Tabla 83.** Costo de mano de obra indirecta.

<b>Puesto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Sueldo básico mensual (S/)</b>	<b>Sueldo total mensual (S/)</b>	<b>Monto total anual (S/)</b>
Gerente general	1	15 000	20 100	241 200.00
Asistente de gerencia	1	2 500	3 350	40 200.00
Secretaria de gerencia	1	1 200	1 608	19 296.00
Jefe de producción	1	9 000	12 060	144 720.00
Jefe de finanzas	1	6 000	8 040	96 480.00
Jefe de marketing	1	5 000	6 700	80 400.00
Jefe de servicios internos	1	5 000	6 700	80 400.00
Jefe de mantenimiento	1	5 000	6 700	80 400.00
Supervisor de producción	1	4 800	6 432	77 184.00
Supervisor de finanzas	1	3 800	5 092	61 104.00
Supervisor de marketing	1	2 800	3 752	45 024.00
Supervisor de servicios internos	2	2 800	3 752	90 048.00
Personal de servicios internos	5	1 200	1 608	96 480.00
Total (S/.)				1 152 936.00
Total (US\$)				355 844.44

**Fuente:** Elaboración propia.

### b. Costos de maquinaria y equipo

Se considera la depreciación de la maquinaria y equipo en 10 años, monto total de mantenimiento anual de US\$ 5 000.00. La tabla 84 muestra el detalle de los costos.

**Tabla 84.** Costos de maquinaria y equipo.

<b>Maquinaria y equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario (US\$)</b>	<b>Costo total (US\$)</b>	<b>Valor anual (US\$)</b>
Tolva húmeda	4	3 000	12 000	1 200
Faja vibratoria	1	500	500	50
Lavadora rotatoria	1	8 000	8 000	800
Paletizador	1	5 000	5 000	500
Horno rotatorio	1	10 000	10 000	1 000
Envasadora	1	3 000	3 000	300
Ventilador	6	720	4 320	432
Ciclón	1	65 000	65 000	6 500
Molino micronizador	1	2 000	2 000	200
Molino de bolas	1	5 000	5 000	500
Filtro de agua giratorio	1	6 000	6 000	600
Filtro neutralizador	1	2 000	2 000	200
Total (US\$)			122 820	12 282 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Valor anual a considerar por depreciación.

**Fuente:** Elaboración propia.

Considerando un seguro anual del 5% resulta US\$ 6 141.00, entonces el costo total de maquinaria y equipo es US\$ 23 423.00 o S/ 75 890.52.

### c. Depreciación de las edificaciones

Se debe tener en cuenta que las edificaciones y terrenos son activos separados que, aunque hayan sido adquiridos de manera conjunta no se pueden tratar de la misma manera. Los terrenos no están sujetos a depreciación, mientras que las edificaciones sí.

La disminución del valor de las edificaciones se estima en un periodo de 30 años, un seguro de fábrica del 3% anual. La tabla 85 detalla los costos por depreciación de las edificaciones.

El costo total de edificaciones es de US\$ 365 900.00 más el terreno asciende a US\$ 827 900.00. La depreciación es US\$ 12 196.67 y el seguro es US\$ 10 977.00.

**Tabla 85.** Depreciación anual de las edificaciones.

Área	Superficie (m <sup>2</sup> )	Costo (US\$/m <sup>2</sup> )	Costo total (US\$)
Terreno	3080	150	462 000.00
Recepción	400	125	50 000.00
Almacén de materia prima	104	125	13 000.00
Almacén de insumos	298	125	37 250.00
Almacén de producto terminado	507	125	63 375.00
Producción	544	150	81 600.00
Control de calidad	37	150	5 550.00
Despacho	357	125	44 625.00
Servicios higiénicos y vestidores	60	125	7 500.00
Oficinas	110	150	16 500.00
Estacionamiento	180	130	23 400.00
Mantenimiento	20	130	2 600.00
Comedor	100	130	13 000.00
Tratamiento de agua	50	150	7 500.00

**Fuente:** Elaboración propia.

El costo anual es US\$ 23 173.67 o S/ 75 082.69.

#### d. Depreciación de los útiles de oficina y mobiliario

Para estos cálculos se considera una vida útil de 5 años para los equipos de oficina y de 10 años para el mobiliario, un seguro de 2% anual. La tabla 86 muestra el detalle de la depreciación de los útiles de oficina y mobiliario.

**Tabla 86.** Depreciación anual de los útiles de oficina y mobiliario.

Área	Escritorio	Silla	Mesa	Estante	PC	Impreso
Recepción	1	1	-	-	-	-
Almacenes	3	3	-	-	-	-
Producción	-	6	6	-	-	-
Control de calidad	1	1	1	1	-	-
Despacho	1	1	-	-	-	-
Seguridad	-	1	1	-	-	-
Oficinas	10	10	10	10	10	10
Tratamiento de agua	1	1	1	1	1	1
Total	17	24	19	12	11	11
Costo unitario (US\$)	100	30	80	120	600	300
Subtotal	1 700	720	1 520	1 440	6600	3 300

**Fuente:** Elaboración propia.

El total de equipos de oficina es US\$ 9 900.00 y de mobiliario es US\$ 5 380.00; la depreciación de equipos de oficina es US\$ 1 980.00 y del mobiliario es US\$ 1 076.00; el seguro es US\$ 305.60.

Por lo tanto, el costo anual es US\$ 3 361.60 o S/ 10 891.58.

#### e. Gastos generales

##### - Gastos pre-operativos

Son aquellos que se realizan antes del inicio de las operaciones de la fábrica. Los gastos son: trámites legales para la constitución como entidad jurídica, solicitud de permisos para laborar en un terreno específico. Se estima que estos gastos son US\$ 10 000.00 o S/ 32 400.00.

##### - Estudio de impacto ambiental

Es un gasto pre-operativo estimado en US\$ 7 000.00 o S/ 22 680.00

##### - Gastos en servicios

Incluye el gasto de energía eléctrica para el alumbrado interno de la planta y de los equipos eléctricos del personal administrativo. Se considera que el monto ascenderá a US\$ 20 000.00 o S/ 64 800.00.

##### - Otros gastos

En este apartado se consideran otros gastos correspondientes a materiales de escritorio, limpieza, seguridad, etc. El monto total asciende a US\$ 8 000.00 o S/ 25 920.00.

### 5.3. Costos totales y costo unitario

El costo total para el año 2018 resulta de la suma de los costos directos y los costos indirectos. En la tabla 87 se muestra el resumen de los costos totales.

**Tabla 87.** Cuadro resumen para costos del año 2018.

Costos	US\$	S/	%
Costos directos	1 908 925.74	6 184 919.39	19.10
Costos indirectos	450 802.71	1 460 600.79	80.90
Total	2 359 728.45	7 645 520.18	100.00

**Fuente:** Elaboración propia.

Se obtendrá una cantidad de producto terminado igual a 32 105.7 toneladas para el año 2018, entonces se obtiene el costo unitario por tonelada será:

$$\frac{\text{US\$ 2 359 728.45}}{32\ 105.7 \text{ toneladas}} = \text{US\$ 73.50}$$

## **Capítulo 6**

### **Estudio económico y financiero**

En este capítulo se realizará el estudio económico y financiero, el cual consiste en las inversiones estimadas para el proyecto, el financiamiento, el flujo de caja económico y, por último, se estimará el estudio económico y financiero, es decir, se analizará la rentabilidad del proyecto mediante el cálculo de dos indicadores básicos: Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR).

#### **6.1. Inversión**

La tabla 88 se muestran las cuentas y montos de dinero a tener en cuenta en la inversión. La inversión del año “cero”<sup>8</sup> está compuesta por tres grandes cuentas:

- a. Gastos pre-operativos (GPO):** compuesto por la obtención de licencia y permisos necesarios para empezar la construcción de la fábrica.
- b. Activo fijo:** compuesto por maquinaria y mobiliario que serán comprados por la empresa y que permita el inicio de las operaciones de producción y administrativa, asumiendo la depreciación correspondiente a cada uno de ellos.
- c. Capital de trabajo:** para los proyectos nuevos (como es el caso), el capital de trabajo es el monto de dinero necesario para iniciar las labores de producción y venta, hasta el momento de que la empresa sea capaz de generar ingresos que cubran el total de sus costos y gastos. El capital de trabajo se compone de efectivo, que sirve para cubrir inventarios de materias primas, productos en proceso y productos terminados.

---

<sup>8</sup> Año “cero”: es el periodo de tiempo previo al inicio de operaciones de producción.

**Tabla 88.** Inversión para año cero (en soles).

<b>GPO</b>	
Licencia	32 400.00
Estudio de impacto ambiental	22 680.00
<b>Total</b>	<b>55 080.00</b>
<b>Adquisición de activo fijo</b>	
Terreno	1 496 880.00
Construcción	2 500 000.00
Tolva húmeda	38 880.00
Faja vibratoria	1 620.00
Lavadora rotatoria	25 920.00
Paletizador	16 200.00
Horno rotatorio	32 400.00
Envasadora	9 720.00
Ventilador	13 996.80
Ciclón	210 600.00
Molino micronizador	6 480.00
Molino de bolas	16 200.00
Filtro de agua giratorio	19 440.00
Filtro neutralizador	6 480.00
Mobiliario y oficina	49 507.20
Equipo auxiliar	97 200.00
Transporte y flete de maquinaria	64 800.00
<b>Total</b>	<b>4 606 324.00</b>
<b>Capital de trabajo</b>	<b>1 177 833.83</b>
<b>Total</b>	<b>5 839 237.83</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

El cálculo del capital de trabajo es muy sensible no solamente a la profundidad del estudio del proyecto sino también al tipo de inversión a realizar, es por eso que habrá en los que el capital de trabajo es inexistente y otros donde es un monto muy considerable.

Para el presente proyecto se ha considerado como capital de trabajo el costo de materia prima (inexistente en este caso), energía eléctrica y agua y desagüe; no se han considerado los insumos debido a la posibilidad de obtener crédito de los proveedores ya que se trata de cantidades considerables. En la tabla 89 se detalla los montos estimados de capital de trabajo.

**Tabla 89.** Capital de trabajo (en soles).

Materia prima	0.00
Energía eléctrica	205 833.83
Agua y desagüe	972 000.00
<b>Total</b>	<b>1 177 833.83</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

## 6.2. Financiamiento

La tabla 90 muestra la inversión total para el proyecto, los accionistas aportarán el 30% y la diferencia correspondiente al 70% se obtendrá de un préstamo bancario.

**Tabla 90.** Repartición de la inversión.

<b>Inversión</b>	S/5 839 237.83	100%
Propio	S/1 751 771.35	30%
Externo	S/4 087 466.48	70%

**Fuente:** Elaboración propia.

En la amortización de préstamos bancarios, la cuota es la cantidad a pagar con una periodicidad determinada que puede ser mensual, trimestral o anual.

La cuota incluye parte del monto total a pagar más los intereses correspondientes, existen tres tipos de amortización de préstamos:

- Cuota constante
- Cuota creciente
- Cuota decreciente

Las tablas 91 y 92 muestran la amortización del préstamo, con cuota constante.

**Tabla 91.** Datos de la amortización.

<b>Préstamo</b>	S/4 087 466.48
TEA <sup>9</sup>	19%
Plazo	10 años
Cuota	S/942 043.75

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 92.** Tabla de amortización (en soles).

<b>Año</b>	<b>Saldo al inicio</b>	<b>Principal</b>	<b>Interés</b>	<b>Cuota</b>	<b>Saldo al final</b>
0	4 087 466.48	0.00	0.00	0.00	4 087 466.48
1	4 087 466.48	165 425.12	776 618.63	942 043.75	3 922 041.36
2	3 922 041.36	196 855.89	745 187.86	942 043.75	3 725 185.47
3	3 725 185.47	234 258.51	707 785.24	942 043.75	3 490 926.96
4	3 490 926.96	278 767.63	663 276.12	942 043.75	3 212 159.33
5	3 212 159.33	331 733.48	610 310.27	942 043.75	2 880 425.86
6	2 880 425.86	394 762.84	547 280.91	942 043.75	2 485 663.02
7	2 485 663.02	469 767.78	472 275.97	942 043.75	2 015 895.24
8	2 015 895.24	559 023.65	383 020.10	942 043.75	1 456 871.59
9	1 456 871.59	665 238.15	276 805.60	942 043.75	791 633.44
10	791 633.44	791 633.40	150 410.35	942 043.75	0.00

**Fuente:** Elaboración propia.

<sup>9</sup> TEA: es la tasa de interés efectiva anual. A mayor tasa, mayor será el costo del préstamo.

### 6.3. Flujo de caja económico

#### a. Ingresos

El volumen de ventas del carbonato de calcio micronizado, estará en función del porcentaje que se pretende cubrir de la demanda.

En la tabla 93 se detalla la cantidad de producto terminado a producir durante el periodo de tiempo especificado.

**Tabla 93.** Cantidad de producto terminado a producir.

<b>Cantidad de producto terminado a producir (t/año)</b>					
<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>
45 229.50	47 102.00	48 974.51	50 847.02	52 719.53	54 592.03

**Fuente:** Elaboración propia.

Finalmente, en la tabla 94 se muestran los ingresos para los primeros años de funcionamiento, considerando un precio de venta promedio del carbonato de calcio igual a US\$ 93.96 por tonelada.

**Tabla 94.** Ingresos por ventas de productos terminados (en soles).

<b>Ingresos por ventas de productos terminados.</b>					
<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>
13 769 331.30	14 339 383.50	14 909 435.70	15 479 487.90	16 049 540.20	16 619 592.40

**Fuente:** Elaboración propia.

## b. Egresos

En las tablas 95 y 96 se detallan los egresos por concepto de sueldos, insumos, mantenimiento, seguros contratados, gastos en servicios y adicionales.

**Tabla 95.** Egresos anuales con IGV incluido (en soles).

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Personal directo	1 003 392.00	1 003 392.00	1 003 392.00	1 003 392.00	1 003 392.00	1 003 392.00
Personal indirecto	1 152 936.00	1 152 936.00	1 152 936.00	1 152 936.00	1 152 936.00	1 152 936.00
Insumos	4 055 686.87	4 258 471.21	4 471 394.77	4 694 964.51	4 929 712.74	5 176 198.38
Mantenimiento	16 200.00	16 200.00	16 200.00	16 200.00	16 200.00	16 200.00
Seguro de maquinarias	19 896.84	19 896.84	19 896.84	19 896.84	19 896.84	19 896.84
Depreciación	89 212.32	89 212.32	89 212.32	89 212.32	89 212.32	89 212.32
Gastos en servicios	64 800.00	64 800.00	64 800.00	64 800.00	64 800.00	64 800.00
Gastos adicionales	25 920.00	25 920.00	25 920.00	25 920.00	25 920.00	25 920.00
Total	6 428 044.03	6 630 828.37	6 843 751.93	7 067 321.67	7 302 069.90	7 548 555.54

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 96.** Egresos anuales sin IGV incluido (en soles).

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Personal directo	850 332.20	850 332.20	850 332.20	850 332.20	850 332.20	850 332.20
Personal indirecto	977 064.41	977 064.41	977 064.41	977 064.41	977 064.41	977 064.41
Insumos	3 437 022.77	3 608 873.91	3 789 317.61	3 978 783.49	4 177 722.66	4 386 608.79
Mantenimiento	13 728.81	13 728.81	13 728.81	13 728.81	13 728.81	13 728.81
Seguro de maquinarias	16 861.73	16 861.73	16 861.73	16 861.73	16 861.73	16 861.73
Depreciación	75 603.66	75 603.66	75 603.66	75 603.66	75 603.66	75 603.66
Gastos en servicios	54 915.25	54 915.25	54 915.25	54 915.25	54 915.25	54 915.25
Gastos adicionales	21 966.10	21 966.10	21 966.10	21 966.10	21 966.10	21 966.10
Total	5 447 494.94	5 619 346.08	5 799 789.77	5 989 255.65	6 188 194.83	6 397 080.96

**Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 97 se detalla el monto de IGV como crédito fiscal.

**Tabla 97.** IGV como crédito fiscal (en soles).

	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>
IGV	980 549.09	1 011 482.29	1 043 962.16	1 078 066.02	1 113 875.07	1 151 474.57

**Fuente:** Elaboración propia.

### c. Módulo de impuesto a la renta

En la tabla 98 se detalla los montos correspondientes al impuesto a la renta (IR).

**Tabla 98.** Módulo de impuesto a la renta (en soles).

	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>
Ventas	13 769 331.29	14 339 383.50	14 909 435.71	15 479 487.98	16 049 540.19	16 619 592.40
Egresos	5 447 494.94	5 619 346.08	5 799 789.77	5 989 255.65	6 188 194.83	6 397 080.96
UAIT	8 321 836.35	8 720 037.42	9 109 645.94	9 490 232.32	9 861 345.36	10 222 511.44
Base imponible	8 321 836.35	8 720 037.42	9 109 645.94	9 490 232.32	9 861 345.36	10 222 511.44
<b>IR (30%)</b>	<b>2 496 550.90</b>	<b>2 616 011.23</b>	<b>2 732 893.78</b>	<b>2 847 069.70</b>	<b>2 958 403.61</b>	<b>3 066 753.43</b>
Utilidad neta (UN)	5 825 285.44	6 104 026.19	6 376 752.16	6 643 162.62	6 902 941.75	7 155 758.01

**Fuente:** Elaboración propia.

## 6.4. Indicadores financieros de evaluación: VAN y TIR

### a. Flujo de caja económico

El flujo de caja económico (FCE) es una herramienta que permite estimar el grado de liquidez de la empresa, ya que se usa para proyectar los ingresos y egresos de dinero durante un periodo de tiempo determinado por el proyecto.

En la tabla 99 se detalla el flujo de caja económico de los primeros seis años de funcionamiento.

**Tabla 99.** Flujo de caja económico (en soles).

Periodo	0	1	2	3	4	5	6
GPO	-55 080.00						
Activo fijo	-4 606 324.00						
Capital de trabajo	-1 177 833.83						
Ingresos		13 769 331.29	14 339 383.50	14 909 435.71	15 479 487.98	16 049 540.19	16 619 592.40
Egresos		-6 428 044.03	-6 630 828.37	-6 843 751.93	-7 067 321.67	-7 302 069.90	-7 548 555.54
IR		-2 929 593.74	-3 068 635.30	-3 206 078.14	-3 341 842.37	-3 475 844.00	-3 607 994.93
FCE	-5 839 237.83	4 411 693.51	4 639 919.83	4 859 605.63	5 070 323.94	5 271 626.29	5 463 041.93
Perpetuidad							55 723 027.69
<b>FCE final</b>	<b>-5 839 237.83</b>	<b>4 411 693.51</b>	<b>4 639 919.83</b>	<b>4 859 605.63</b>	<b>5 070 323.94</b>	<b>5 271 626.29</b>	<b>61 186 069.62</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 100.** Análisis horizontal del flujo de caja económico I (en soles).

Periodo	1	2	3	4	5	6	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6
Ingresos	13 769 331.29	14 339 383.50	14 909 435.71	15 479 487.98	16 049 540.19	16 619 592.40	4.1%	8.3%	12.4%	16.6%	20.7%
Egresos	-6 428 044.03	-6 630 828.37	-6 843 751.93	-7 067 321.67	-7 302 069.90	-7 548 555.54	3.2%	6.5%	9.9%	13.6%	17.4%
IR	-2 496 550.90	-2 616 011.23	-2 732 893.78	-2 847 069.70	-2 958 403.61	-3 066 753.43	4.8%	9.5%	14.0%	18.5%	22.8%
UN	4 844 736.35	5 092 543.90	5 332 790.00	5 565 096.61	5 789 066.68	6 004 283.44	5.1%	10.1%	14.9%	19.5%	23.9%

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 101.** Análisis horizontal del flujo de caja económico II (en soles).

Periodo	1	2	3	4	5	6	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6
Ingresos	13 769 331.29	14 339 383.50	14 909 435.71	15 479 487.98	16 049 540.19	16 619 592.40	4.1%	4.0%	3.8%	3.7%	3.6%
Egresos	-6 428 044.03	-6 630 828.37	-6 843 751.93	-7 067 321.67	-7 302 069.90	-7 548 555.54	2.6%	3.2%	3.3%	3.3%	3.4%
IR	-2 496 550.90	-2 616 011.23	-2 732 893.78	-2 847 069.70	-2 958 403.61	-3 066 753.43	4.7%	4.5%	4.2%	3.9%	3.7%
UN	4 844 736.35	5 092 543.90	5 332 790.00	5 565 096.61	5 789 066.68	6 004 283.44	5.1%	4.7%	4.4%	4.0%	3.7%

Fuente: Elaboración propia.

El análisis horizontal es un método dinámico que consiste en comparar estados financieros homogéneos determinando aumentos y disminuciones de las cuentas en periodos determinados.

En la tabla 100 se puede observar que los ingresos por ventas aumentan en el cuarto año de producción más del 12% con respecto al primer año. En la tabla 101 se puede observar que la utilidad neta (UN) se incrementará un 5.1% en el segundo año de producción.

Los flujos de caja económicos se proponen dar cuenta de lo que realmente ingresa y egresa de la empresa, la importancia del flujo de caja radica en la información que nos brinda para la toma de decisiones tales como: si comprar al crédito o al contado, podemos refinanciar deudas, invertir el excedente en otros rubros, etc.

Los flujos de caja económicos son positivos en todos los años, lo que significa que la empresa tiene una liquidez muy buena; y también es creciente lo que significa que permitiría una inversión del excedente para mejorar la infraestructura de la fábrica.

El valor de la perpetuidad representará la liquidez a futuro, considerando que la empresa seguirá operando después de 6 años. A continuación, en la tabla 102 se presentan los datos necesarios para el cálculo de la perpetuidad, asumiendo una tasa de crecimiento constante del 2%.

**Tabla 102.** Cálculo de perpetuidad.

Flujos de caja	6
Tasa de descuento	12%
Último flujo	S/5 463 041.93
Ritmo crecimiento	2%
<b>Perpetuidad</b>	<b>S/55 723 027.69</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

## **b. Indicadores financieros**

Los indicadores generales más importantes para la evaluación de un proyecto de inversión son el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). El VAN indica el valor agregado económico después de realizar la inversión; mientras que el TIR se puede interpretar como la tasa de inversión que hace el VAN nulo, es decir, que el beneficio neto actual (obtenido del FCE) sea igual a la inversión. Para el cálculo de estos indicadores se ha tomado en cuenta el concepto de perpetuidad como se muestra en la tabla 103.

**Tabla 103.** Cálculo del VAN y TIR.

Tasa de descuento	12%
VAN sin perpetuidad	S/14 238 953.13
VAN con perpetuidad	S/42 469 973.13
TIR sin perpetuidad	77%
TIR con perpetuidad	94%

**Fuente:** Elaboración propia.



## **Capítulo 7**

### **Estudio de la viabilidad**

#### **7.1. Viabilidad legal**

No existe legislación que se oponga al funcionamiento de una planta productora de carbonato de calcio dentro de la zona industrial de una ciudad, pero cabe recalcar que se deben realizar los trámites necesarios para la puesta en marcha de su operación, estos se mencionarán a continuación:

##### **a. Creación de la empresa como persona jurídica (trámite de RUC):**

Se escoge el tipo de sociedad y el régimen, en nuestro caso será Sociedad Anónima Cerrada y un régimen general. Luego ante la notaría autorizada se tramitará la minuta, la que será elevada a escritura pública en Registros Públicos. Una vez que ha sido elevada a escritura pública, nos dirigimos a SUNAT y los pasos son los siguientes: el representante legal de la persona jurídica y otros tipos de contribuyentes deben acudir a cualquier Centro de Servicios al Contribuyente cercano a su domicilio fiscal y deberán exhibir el original y presentar fotocopia de los siguientes documentos:

- Documento de identidad del representante legal.
- Uno de los siguientes documentos del local donde realizará sus actividades:
  - Recibo de agua, luz, telefonía fija o televisión por cable cuya fecha de vencimiento de pago se encuentre comprendida en los 2 últimos meses.
  - Ficha registral o partida electrónica con la fecha de inscripción en los Registros Públicos.
  - Escritura Pública de la propiedad inscrita en los Registros Públicos.

- Contrato de compra-venta del inmueble o título de propiedad emitido por COFOPRI.

#### **b. Licencia de funcionamiento municipal**

Este trámite se realiza en la Municipalidad de Sechura.

Denominación del procedimiento:

Licencia de funcionamiento definitiva o temporal - CATEGORIA "C"

Establecimientos con más de 500 m<sup>2</sup>.

Base Legal:

- Constitución Política del Perú
- Ley N° 27444
- Ley N° 27972
- Ley N° 28976
- Ley N° 29060
- Decreto Supremo N° 066-2007

PCM:

- Decreto Supremo N° 096 - 2007 – PCM
- Decreto Supremo N° 062 - 2009 – PCM
- Decreto Supremo N° 025

2010 – PCM:

- Decreto Supremo N° 064 - 2010 – PCM
- Res. Ministerial N°228- 2010 – PCM
- Decreto Supremo N° 007 - 2011 – PCM

Requisitos:

- 1 Formato de solicitud de declaración jurada de licencia de funcionamiento que incluya:
  - N° de RUC y N° de DNI o carné de extranjería del solicitante.
  - N° de DNI o carné de extranjería del representante cuando actúen mediante representación (persona natural) o del Representante Legal (persona jurídica).
- Carta poder del representante con firma legalizada (persona natural) o vigencia de poder del representante legal (persona jurídica), de ser el caso.

- Pago por derecho de tramitación.
- Requisito específico según el área del establecimiento.
- Certificado de Inspección Técnica de Seguridad en Defensa
- Civil de Detalle o Multidisciplinaria.

Derecho de tramitación: El pago que se realiza es de 1.11% de una UIT<sup>10</sup>, que es igual a S/. 46.07.

Plazo para resolver: Es de 7 días hábiles.

### c. Control de bienes fiscalizados

Los reactivos químicos como el hidróxido de sodio y el ácido clorhídrico usados como insumos en el proceso para la obtención del carbonato de calcio son considerados por el estado como bienes fiscalizados, ya que estos son utilizados para producir y o sintetizar drogas que son ilegales en el país. Por tal motivo, para poder utilizarlos como insumos en la planta industrial se necesitan cumplir varios requisitos. Para más detalle ver el anexo E, que detalla la descripción de las condiciones y requisitos necesarios para la utilización de insumos químicos y bienes fiscalizados en una planta industrial. El anexo F corresponde a un cuadro de inventario de insumos químicos y productos fiscalizados para precisar la cantidad utilizada.

### d. Ley N° 27314: Ley General de Residuos Sólidos

De acuerdo a los lineamientos de política pertenecientes al Artículo 4 de la Ley General de Residuos Sólidos, se explica la gestión y manejo de residuos sólidos regidos por algunos lineamientos, que podrán ser exigibles de acuerdo a las condiciones técnicas y económicas para alcanzar los objetivos del proyecto.

Por lo dicho anteriormente, se pretende cumplir con dichos lineamientos políticos para el mejoramiento de la calidad ambiental de la provincia de Sechura, para que de esta manera las empresas desvalvadoras de esta provincia tomen conciencia del impacto ambiental que genera el botadero de estas especies marinas, y por ello tomen en cuenta minimizar los desechos que producen.

El proyecto también se enfoca en el cumplimiento de los siguientes artículos de la Ley General de Residuos Sólidos:

- Artículo 13.- Disposición general de manejo: “El manejo de los residuos sólidos realizado por cualquier persona natural o jurídica deberá ser sanitaria y ambientalmente adecuada”. Esto implica que el manejo de los

---

<sup>10</sup> El valor de la Unidad Impositiva Tributaria (UIT) ascendió en 2018 a S/. 4 150.00

residuos sólidos de las conchas de abanico debe realizarse de manera que no se produzcan ningún impacto ambiental.

- Artículo 19.- Comercialización de residuos sólidos: “La comercialización de residuos sólidos que van a ser objeto de reindustrialización para la obtención de productos de consumo humano directo o indirecto será efectuada exclusivamente por empresas debidamente registradas en el Ministerio de Salud”.

## **7.2. Viabilidad social**

Se denomina impacto socioeconómico a todo cambio que varíe el nivel de vida de ciertos grupos, especialmente de las personas con menos recursos económicos, relacionados con las condiciones de vida.

En el caso de la planta, se generará un impacto socioeconómico positivo debido a que se crearán nuevos puestos de empleo para trabajadores de la región, con lo que se mejorarán sus condiciones de vida, así como la agilización de la economía al producir intercambio de productos y dinero.

## **7.3. Viabilidad ambiental**

Para evaluar los impactos potenciales que podrían ocurrir en el medio ambiente se consideraron los siguientes indicadores clave:

### **a. Degradación de la tierra**

Respecto a este factor, como nuestra planta se localizará en un terreno ya determinado para aplicaciones industriales (zona industrial), no tendría un impacto significativo.

La empresa se encargará de ir limpiando toda la contaminación originada por los botaderos de residuos de concha de abanico.

### **b. Contaminación del agua**

Esta puede ser producto del vertimiento descontrolado de efluentes industriales y de aguas residuales. En el caso de nuestra planta se utilizará agua de mar para realizar los lavados de la materia prima, también se utilizarán reactivos químicos como el ácido clorhídrico y el hidróxido de sodio que serán necesarios para un eficiente lavado de la materia prima. Sin embargo, las aguas residuales serán neutralizadas antes de verterlas en el mar. Este efluente no generará una contaminación mayor, también puede ser tratados y reutilizados en otros procesos de nuestra planta.

**c. Contaminación del aire**

Esta puede ser causada por las emisiones industriales rutinarias, escapes catastróficos de gases, o como consecuencia de actividades secundarias como del transporte vehicular. Dada la constitución de nuestra planta, respecto al aire si se tendrá un impacto medio-significativo; las principales fuentes de la contaminación del aire serán los vehículos utilizados para llevar la materia prima hacia la planta y para llevar los productos terminados desde la planta, además el uso del caldero no tendrá emisiones significativas debido a que es a gas y no a petróleo.

**d. Eliminación de desechos**

Los desechos que tendremos en nuestra planta serán los residuos de nuestra materia prima, se tendrá un cuidado especial para trasladarlos hacia el lugar más adecuado (relleno sanitario), o para darle un tratamiento especial para poder aprovecharlo, en este caso como abono.

**e. Daños a la vida silvestre, hábitat y biodiversidad**

Como el terreno donde se construirá la planta, es un terreno destinado para uso industrial (zona industrial), el daño que se pueda dar a plantas y animales es mínimo, dado su ausencia en la zona.

**f. Daños culturales, históricos y científicos**

Como el terreno donde se construirá la planta, es un terreno destinado para uso industrial (zona industrial), el daño que se pueda dar a centros culturales, históricos y científicos es nulo.

**g. Aspectos beneficiosos**

Para ver si nuestra planta generará aspectos beneficiosos, se deberán hacer las siguientes preguntas con el fin de caracterizar los impactos identificados:

- a. ¿El impacto es básicamente benigno o dañino?  
Básicamente benigno.
- b. ¿Cuál es la escala del impacto, en términos de área afectada local, regional o nacional, y el número de personas o animales?  
Ninguna
- c. ¿Cuál es la esperada intensidad o magnitud del impacto?  
Insignificante: ningún impacto medible.

- d. ¿Cuál será la duración/frecuencia del impacto? (Sucesos por mes, por año o intervalos más prolongados).  
Los impactos positivos son la creación de puestos de trabajo durarán a lo largo del funcionamiento de la planta. La limpieza originada por los botaderos de la zona. durará a lo largo del funcionamiento de la planta.
- e. ¿Habrá efectos retardados?  
No.
- f. ¿Contribuirá el impacto a un efecto acumulativo?  
No hay impactos acumulativos.
- g. ¿Cabe la posibilidad de que los efectos sean irreversibles?  
No.
- h. ¿Es o no importante el efecto residual sobre el ambiente?  
No, no es importante, debido a que existe un buen manejo de desechos.
- i. ¿Se infringirá alguna ley, reglamento o directiva?  
No, ninguna.

## Conclusiones

1. El presente estudio propone una alternativa para la utilización de los residuos de concha de abanico, con el fin de erradicar la contaminación producida por dichos residuos y aprovechar este recurso para obtener carbonato de calcio en la ciudad de Sechura.
2. La determinación de la capacidad del proceso se basa en la tecnología existente, los costos unitarios de producción de cada una, la disponibilidad de materia prima y su costo, el mercado potencial, la mano de obra disponible, etc.
3. Las variables que podemos controlar en el producto final son la pureza del carbonato de calcio y el tamaño de partícula; ya que la blancura del producto solo la podemos controlar en cierta medida con el horno.
4. Se concluye que, si le aplicamos a los residuos de concha de abanico el lavado con hidróxido de sodio, el lavado del ácido clorhídrico y la exposición en un horno a temperaturas en 180 y 220 °C obtendremos una pureza mayor o igual a 98 % de carbonato de calcio; resultando así un producto de muy alta pureza.
5. Si comparamos el carbonato de calcio extraído de una cantera, este estará limitado por la pureza y el color de la fuente de carbonato de calcio en dicha cantera, por lo tanto, solo podrá manejar una sola variable en la presentación del carbonato de calcio, la cual será el tamaño de partícula; mientras que bajo nuestro proceso propuesto tendremos bajo control la pureza del carbonato de calcio, el tamaño de partícula y parcialmente la blancura.
6. Después de someter el proyecto a una evaluación financiera, concluimos que éste es rentable, debido a que dio como resultado un TIR = 94% y un VAN = S/.42 469 973.13.
7. En el diseño de la planta se ha previsto que no contamine el medio ambiente mediante el filtrado y neutralizado de los líquidos residuales.



## **Recomendaciones**

1. Basados en la evaluación económica financiera, la planta tendrá utilidad desde el primer año de funcionamiento, lo cual le permitirá utilizar parte de lo generado en la diversificación de sus productos; para ello tendrá que habilitar nuevas instalaciones que permitan producir otros productos como óxido de calcio y el hidróxido de calcio.
2. Se recomienda medir la blancura del producto final (en la etapa de experimentación), para poder realizar una mejor comparación con los productos que se venden actualmente en el mercado.
3. Se recomienda evaluar las diferentes aplicaciones industriales del producto, con la finalidad de detectar las posibles limitaciones que este puede presentar.
4. Se recomienda investigar de qué manera podemos controlar y mejorar la blancura del carbonato de calcio, ya sea hallando una temperatura específica en el horno o algún proceso de reacción química que mejore la blancura del carbonato de calcio.



## Bibliografía

- American Chemistry Council. (2017). *Hidróxido de sodio*. Obtenido de <https://www.chemicalsafetyfacts.org/es/hidroxido-de-sodio/>
- Baqueiro, E., & Aldana, D. (1995). *Mecanismo de formación de conchas de moluscos*. Obtenido de [http://www.mda.cinvestav.mx/recmar/draaldana\\_cv/Mecanismo%20%20de%20formacion%20de%20conchas%20de%20moluscos%201995.pdf](http://www.mda.cinvestav.mx/recmar/draaldana_cv/Mecanismo%20%20de%20formacion%20de%20conchas%20de%20moluscos%201995.pdf)
- Calvo Carbonell, J. (2009). *Pinturas y recubrimientos: introducción a su tecnología*. Editorial Díaz Santos.
- Cámara de Comercio Lima. (28 de Marzo de 2017). *Perú dejaría de exportar hasta 3 000 toneladas de conchas de abanico*. Obtenido de <http://www.camaralima.org.pe/principal/noticias/noticia/peru-dejaria-de-exportar-hasta-3-000-toneladas-de-conchas-de-abanico/729>
- Chain, N. S., & Chain, R. S. (2008). *Preparación y evaluación de proyectos*. McGraw-Hill.
- Chen, X., Qian, X., & An, X. (2011). Using calcium carbonate whiskers as papermaking filler.
- Cubero, N., Monferrer, A., & Villalta, J. (2002). En *Aditivos alimentarios* (págs. 45-46). Mundi-Prensa Libros.
- Denios. (s.f.). *Almacenamiento de productos químicos*. Recuperado el 2018, de [https://www.denios.es/epaper/glt\\_es\\_01-2013/epaper/Almacenamiento\\_de\\_productos\\_qu.pdf](https://www.denios.es/epaper/glt_es_01-2013/epaper/Almacenamiento_de_productos_qu.pdf)
- Díaz, A., & Ramírez, J. (2009). *Compendio de Rocas y Minerales Industriales en el Perú*. Lima: INGEMMET.
- Domínguez Machuca, J. A. (1995). *Dirección de operaciones*. Madrid: McGraw-Hill.
- El Regional Piura*. (11 de Agosto de 2014). Obtenido de *Mañana se reúnen para tratar solución a residuos sólidos de concha de abanico*: <http://www.elregionalpiura.com.pe/~elreg896/index.php/regionales/150-piura/3691-manana-se-reunen-para-tratar-solucion-a-residuos-solidos-de-concha-de-abanico>
- Fernández Navarro, J. M. (2003). *El vidrio*. Madrid: CSIC.

- Griem, W. (2017). *Geología General*. Recuperado el 03 de Mayo de 2017, de <http://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap05c-3.htm>
- Gruber Hermanos. (s.f.). *Molino micronizadores*. Obtenido de [https://www.gruberhermanos.com/productos\\_m\\_micronizacion.html](https://www.gruberhermanos.com/productos_m_micronizacion.html)
- Hidro Water. (s.f.). *Equipo de neutralización de pH*. Obtenido de <http://hidro-water.com/product-category/industrial/equipo-de-neutralizacion-de-ph/>
- International Plant Nutrition Institute. (2016). *Fuentes de nutrientes*. Obtenido de Carbonato de calcio (cal): [http://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/0248CCB8DFC442E985257BBA0059D03A/\\$FILE/NSS-ES-18.pdf](http://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/0248CCB8DFC442E985257BBA0059D03A/$FILE/NSS-ES-18.pdf)
- Jinpeng Maquinaria. (s.f.). *Molinos*. Obtenido de [http://jinpengmaquinaria.com/product/lists/Molino-150.html?tracking=search&device=c&campaign=molino\\_de\\_bola&group=precio\\_de\\_molino\\_de\\_bola&keyword=molino%20de%20bola&matchtype=p&adposition=1t1&creative=228531253673&gclid=Cj0KCQjwv73VBRCdARIsAOnG8u1D8GkZi7](http://jinpengmaquinaria.com/product/lists/Molino-150.html?tracking=search&device=c&campaign=molino_de_bola&group=precio_de_molino_de_bola&keyword=molino%20de%20bola&matchtype=p&adposition=1t1&creative=228531253673&gclid=Cj0KCQjwv73VBRCdARIsAOnG8u1D8GkZi7)
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malohtra, M. (2008). Administración de operaciones. En *Procesos y cadenas de valor* (págs. 419-460). México: Pearson Editorial.
- Martins Silva, L., Öchsner, A., & Adams, R. (2011). En *Handbook of adhesion technology* (págs. 301-302). Ed. Springer Heidelberg.
- Maximixe Consult. (2011). *Concha de abanico*. Recuperado el 10 de Mayo de 2017, de [http://oneproceso.webcindario.com/Perfil\\_mercado\\_abanico.pdf](http://oneproceso.webcindario.com/Perfil_mercado_abanico.pdf)
- Mineral Resources. (2017). *Mineral Information of Peru*. Obtenido de <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/country/sa.html#pe>
- Ministerio de la Producción. (Octubre de 2015). *Anuario estadístico pesquero y acuícola 2014*. Obtenido de <http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-pesca-2014.pdf>
- Ministerio de la Producción. (Octubre de 2016). *Anuario estadístico pesquero y acuícola 2015*. Obtenido de <http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-pesca-2015.pdf>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Obtenido de <http://www.urbanistasperu.org/rne/pdf/Reglamento%20Nacional%20de%20Edificaciones.pdf>
- Muther, R. (1970). *Distribución en planta*. New York: McGraw Hill.
- Paz, H., Lozano, E., Ortiz, S., Valverde, J., & Cortés, H. (2005). *Obtención de carbonato de calcio a partir de conchas de piangua*. Obtenido de [https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/117/254](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/117/254)
- Placido, M. (2008). *Biometría y composición proximal de la concha de abanico*. Obtenido de Instituto Pesquero Tecnológico del Perú: [https://www.researchgate.net/publication/303964617\\_BIOMETRIA\\_Y\\_COMPOSICION\\_PROXIMAL\\_DE\\_LA\\_CONCHA\\_DE\\_ABANICO\\_Argopecten\\_purpuratus\\_DURANTE\\_FEBRERO\\_A\\_NOVIEMBRE\\_DEL\\_2004\\_y\\_DE\\_OCTUBRE\\_DEL](https://www.researchgate.net/publication/303964617_BIOMETRIA_Y_COMPOSICION_PROXIMAL_DE_LA_CONCHA_DE_ABANICO_Argopecten_purpuratus_DURANTE_FEBRERO_A_NOVIEMBRE_DEL_2004_y_DE_OCTUBRE_DEL)

2007\_AOCTUBRE\_DEL\_2008\_BIOMETRY\_AND\_PROXIMAL\_COMPOSITION\_OF\_PERUVIA

- Proyectos Peruanos*. (28 de Septiembre de 2016). Obtenido de Concha de abanico: [http://proyectosperuanos.com/conchas\\_de\\_abanico/](http://proyectosperuanos.com/conchas_de_abanico/)
- Santander, M., Valderrama, L., Guzmán, D., Guevara, M., Ossadón, J., & Munita, C. (2013). *Desarrollo de tecnologías para la producción de carbonato de calcio precipitado a partir de minerales existentes en la región de Atacama*. Obtenido de Universidad de Atacama: [https://goreatacama.gob.cl/wp-content/uploads/08-10-2013\\_17-43-56\\_79099576.pdf](https://goreatacama.gob.cl/wp-content/uploads/08-10-2013_17-43-56_79099576.pdf)
- Schweigger, E. (2005). *Manual de pinturas y recubrimientos plásticos*. Heidelberg: Ediciones Días de Santos.
- Secretaría de Economía de México. (2013). *Perfil de mercado de la caliza*.
- SUNAT. (2017). *Operatividad Aduanera*. Obtenido de <http://www.aduanet.gob.pe/aduanas/informae/aepartmen.htm>
- SUNAT. (2017). *Procedimiento de inscripción*. Obtenido de Bienes fiscalizados: <http://orientacion.sunat.gob.pe/index.php/empresas-menu/insumos-quimicos/inscripcion-registro-insumos-quimicos/6235-03-procedimientos-de-inscripcion>
- Suñé, A., Gil, F., & Arcusa, I. (2004). *Manual práctico de diseño de sistemas productivos*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A.
- Symach. (s.f.). *Palletizers*. Obtenido de <https://www.symach.nl/es/>
- WBM. (s.f.). *Wet & Dry Hoopers*. Obtenido de <https://www.weeningbrothers.com/products.html>
- Wikipedia, E. L. (15 de Mayo de 2017). *Caliza*. Recuperado el 06 de Mayo de 2017, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Caliza>
- Wikipedia, E. L. (16 de Mayo de 2017). *Carbonato de calcio*. Recuperado el 1 de Junio de 2017, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Carbonato\\_de\\_calcio](https://es.wikipedia.org/wiki/Carbonato_de_calcio)
- Wolfgang Tegethoff, F. (2012). En *Calcium Carbonate: From the Cretaceous Period into the 21st Century* (págs. 8-35). Springer International Publishing AG.
- Xanthos, M. (2006). *Functional fillers for plastics*. Wiley-VCH.
- Yoon, G.-L., Kim, B.-T., Kim, B.-O., & Han, S.-H. (2003). *Chemical-mechanical characteristics of crushed oyster-shell*. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X02001599>



## Anexo A

### Determinación de pureza de conchas de abanico sin lavar



LQ-7575

#### INFORME DE ENSAYO

**Solicitante:** Luis Guevara Alburqueque - Gianfranco Castro Olaya  
**Tipo de ensayo:** Determinación de pureza y residuo insoluble en 01 (una) muestra de concha de abanico triturada.  
**Fecha:** 24/07/2017

#### RESULTADOS

Ensayo	Q-343/17
Pureza <sup>1</sup> (CaCO <sub>3</sub> %)	95,06
Residuo insoluble <sup>2</sup> (%)	3,64

Resultados expresados en muestra seca.  
**Métodos:** <sup>1</sup> Volumetría <sup>2</sup> Gravimetría

**Descripción de la muestra:** la muestra fue alcanzada por el solicitante con la siguiente descripción:

**Q-343/17:** "Masa de conchas sin lavado // Peso inicial: 478 g // Después de la molienda: 411 g // 23/05/2017"



Dr. Ing. José Luis Barranzuela Q.

Av. Ramón Mugica 131 – Urb. San Eduardo  
Teléfono: (51-73) 284500 Fax (51-73) 284510  
Apartado postal 353  
web: <http://www.udep.edu.pe>

**Laboratorio:**  
Teléfono: (51-73)284500 – Anexo: 3378  
Celular: 969526927 RPM: #288447  
e-mail: [quimica@udep.pe](mailto:quimica@udep.pe)

**Figura A1.** Determinación de pureza de conchas de abanico sin lavar.  
**Fuente:** Laboratorio de Química de la UDEP, 2017.

## Anexo B

### Determinación de pureza de conchas de abanico lavadas con HCl.



LQ-7576

#### INFORME DE ENSAYO

**Solicitante:** Luis Guevara Alburqueque - Gianfranco Castro Olaya  
**Tipo de ensayo:** Determinación de pureza y residuo insoluble en 01 (una) muestra de concha de abanico triturada.  
**Fecha:** 24/07/2017

#### RESULTADOS

Ensayo	Q-344/17
Pureza <sup>1</sup> (CaCO <sub>3</sub> %)	96,42
Residuo insoluble <sup>2</sup> (%)	0,52

Resultados expresados en muestra seca.

**Métodos:** <sup>1</sup> Volumetría <sup>2</sup> Gravimetría

**Descripción de la muestra:** la muestra fue alcanzada por el solicitante con la siguiente descripción:

**Q-344/17:** "Masa de conchas lavado con HCL // Peso: 286,5 g"



Ing. José Luis Barranzuela Q.

Av. Ramón Mugica 131 – Urb. San Eduardo  
 Teléfono: (51-73) 284500 Fax (51-73) 284510  
 Apartado postal 353  
 web: <http://www.udep.edu.pe>

**Laboratorio:**  
 Teléfono: (51-73)284500 – Anexo: 3378  
 Celular: 969526927 RPM: #298447  
 e-mail: [quimica@udep.pe](mailto:quimica@udep.pe)

**Figura B1.** Determinación de pureza de conchas de abanico lavadas con HCl.

**Fuente:** Laboratorio de Química de la UDEP, 2017.

## Anexo C

### Determinación de pureza de conchas de abanico lavadas con NaOH



LQ-7577

#### INFORME DE ENSAYO

**Solicitante:** Luis Guevara Alburqueque - Gianfranco Castro Olaya  
**Tipo de ensayo:** Determinación de pureza y residuo insoluble en 01 (una) muestra de concha de abanico.  
**Fecha:** 24/07/2017

#### RESULTADOS

Ensayo	Q-345/17
Pureza <sup>1</sup> (CaCO <sub>3</sub> %)	97,59
Residuo insoluble <sup>2</sup> (%)	0,05

Resultados expresados en muestra seca.  
**Métodos:** <sup>1</sup> Volumetría <sup>2</sup> Gravimetría

**Descripción de la muestra:** la muestra fue alcanzada por el solicitante con la siguiente descripción:

**Q-345/17:** "Concha de abanico lavado con HCl y pasadas por horno casero"



Dr. Ing. José Luis Barranzuela Q.

Av. Ramón Mugica 131 – Urb. San Eduardo  
 Teléfono: (51-73) 284500 Fax (51-73) 284510  
 Apartado postal 353  
 web: <http://www.udep.edu.pe>

**Laboratorio:**  
 Teléfono: (51-73)284500 – Anexo: 3378  
 Celular: 969526927 RPM: #288447  
 e-mail: [quimica@udep.pe](mailto:quimica@udep.pe)

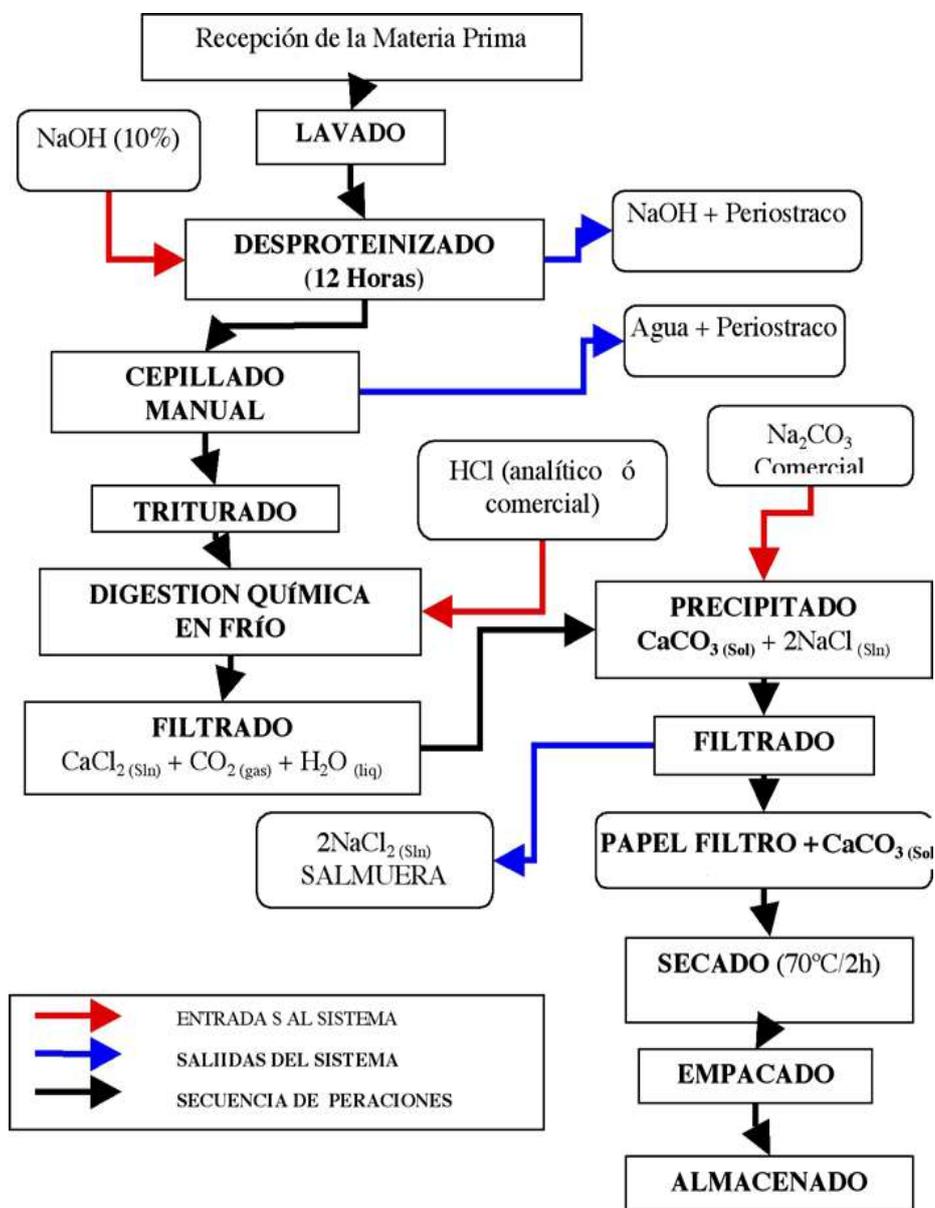
**Figura C1.** Determinación de pureza de conchas de abanico lavadas con NaOH.  
**Fuente:** Laboratorio de Química de la UDEP, 2017.

## Anexo D

### Obtención de carbonato de calcio a partir de las conchas de piangua (Paz et al. 2005)

Las conchas de piangua, recolectadas en un manglar de la bahía de Buenaventura en Colombia, se sometieron a la digestión en frío con ácido clorhídrico analítico al 37% (Tratamiento A) o ácido clorhídrico comercial al 27% (Tratamiento B). El rendimiento de carbonato de calcio fue 82.48% y 77.21% respectivamente. El tamaño de partícula fue de 0.438  $\mu\text{m}$  en un 80% del total.

La figura D1 se muestran las operaciones unitarias para el proceso de obtención de carbonato de calcio a partir de las conchas de piangua.



**Figura D1.** Obtención de carbonato de calcio a partir de conchas de piangua.  
Fuente: Paz et al, 2005.

Se realizaron dos tratamientos y cinco ensayos por cada uno sin repeticiones. El diseño experimental fue al azar, con cuatro variables de respuesta:

- Masa final seca (g)
- Gasto de reactivo (ml)
- Gasto de energía de secado (W/h)
- Absorción atómica

En la tabla D1 se muestran los resultados de la experimentación realizada, en la cual se utilizó como patrón la estequiometría de la reacción para determinar los consumos teóricos de reactivo.

**Tabla D1.** Rendimiento de carbonato de calcio en los tratamientos.

Ensayo	Conchas trituradas (g)	Tratamiento A			Tratamiento B		
		Producto obtenido	Humedad final	Rendimiento (%) CaCO <sub>3</sub> por TA	Producto obtenido	Humedad final	Rendimiento (%) CaCO <sub>3</sub> por TB
1	4	34	0.07	83.25	2.7	0.06	66
2	5	4.6	0.22	87.6	4	0.08	7.5
3	6	5	0.10	81.66	5	0.10	81.6
4	8	7.7	0.55	89.37	6.5	0.13	79.63
5	10	7.2	0.15	70.5	8.2	0.16	80.5
$\bar{X}$				82.4%			77.21%

**Fuente:** Paz et al. 2005

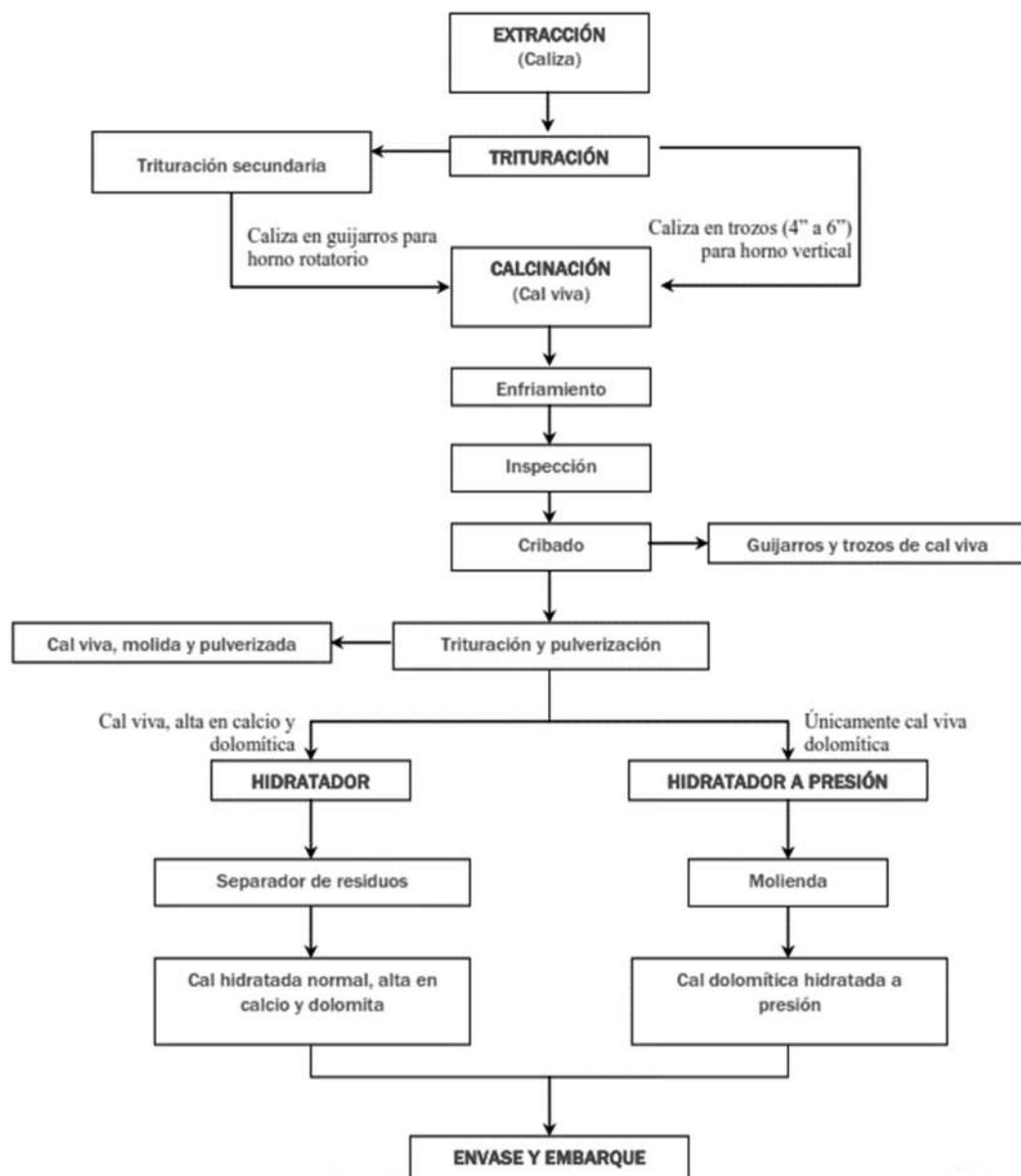
El menor rendimiento lo registraron en el primer ensayo en el tratamiento B, de menor gasto volumétrico de reactivo; al ser completa la dilución de las conchas trituradas no se tiene certeza de que las impurezas del ácido comercial hayan generado reacciones colaterales, pero presente la ventaja del ahorro de dinero en el caso de que se quiera utilizar.

## Anexo E

### Otros productos con procesos de producción similares

La fabricación de cal engloba los productos como cal viva (óxido de calcio) y cal hidratada (hidróxido de calcio) y cal dolomítica (dolomía calcinada). La figura E1 muestra el diagrama del proceso de obtención de cal.

- a. **Cal viva:** material obtenido de la calcinación de la caliza que, al desprender anhídrido carbónico, se transforma en óxido de calcio.
- b. **Cal hidratada:** es el nombre comercial del hidróxido de calcio, la cual es una base fuerte formada por el metal calcio junto con dos grupos hidróxidos.



**Figura E1.** Proceso de obtención de cal en sus diferentes modalidades.

**Fuente:** (Secretaría de Economía de México, 2013).

- **Extracción**

Se desmonta el área a trabajar y se lleva a cabo el descapote, posteriormente se realiza la carga de explosivos y se procede al acarreo de la materia prima.

- **Trituración**

Se somete a la materia prima a un proceso de trituración que arrojará como productos trozos de menor tamaño que normalmente son de 4 a 6 pulgadas.

- **Calcinación**

La cal es producida por la calcinación de la caliza y dolomía triturada por exposición directa al fuego de los hornos. Es importante que el tamaño de la piedra caliza sea lo más homogéneo posible para que la calcinación se realice de forma efectiva.

- **Enfriamiento**

Posteriormente la cal es sometida a un proceso de enfriamiento para que pueda ser manejada y los gases calientes regresen al horno como reflujo.

- **Cribado**

Se somete a cribado separando la cal viva en trozos y en guijarros.

- **Trituración y pulverización**

Este paso se realiza con el objetivo de reducir más el tamaño y obtener cal viva molida y pulverizada.

- **Hidratación**

Consiste en agregar agua a la cal viva para obtener cal hidratada. A la cal viva dolomítica y alta en calcio se le agrega agua y es sometida a un separador de residuos para obtener cal hidratada dolomítica y alta en calcio (suele ser en mayor cantidad).

- **Envase y embarque**

La cal se lleva a una tolva de envase donde es introducida en sacos y transportada a través de bandas hasta el medio de transporte hacia el cliente.

## Anexo F

### Almacenamiento de insumos químicos

En el área de almacén de insumos existe la opción de adquirir almacenes para insumos químicos o sustancias peligrosas. La figura F1 muestra la gama de productos para almacenar insumos químicos que, se deberá escoger dependiendo de la cantidad de insumos, tipos de recipiente, peligros de las sustancias y temperaturas de almacenamiento. GRGs significa “cubiconteiner” de 1 000 litros (podría ampliarse la capacidad o adquirir varios).

		Ventilación			Aislamiento térmico		Resistencia al fuego
		Sin ventilación	Ventilación natural	Ventilación forzada	Sin aislamiento térmico	Con aislamiento térmico	
<b>Almacenes para palets y GRGs</b>							
Basic-Store			Basic-Store		Basic-Store		
System-Container			System-Container	System-Container	System-Container	System-Container	
		System-Container ISO		System-Container ISO			
<b>Almacenes para palets y GRGs con resistencia al fuego</b>							
BMC-S		BMC-S		BMC-S		BMC-S	BMC-S
FBM		FBM base		FBM base		FBM base	FBM base
		FBM plus		FBM plus		FBM plus	FBM plus
<b>Almacenes transitables</b>							
MC-Vario		MC-Vario		MC-Vario	MC-Vario		
			MC-Vario S		MC-Vario S		
		MC-Vario ISO		MC-Vario ISO		MC-Vario ISO	
WHG		WHG		WHG	WHG		
			WHG S		WHG S		
		WHG ISO		WHG ISO		WHG ISO	
<b>Almacenes transitables con resistencia al fuego</b>							
BMC		BMC		BMC		BMC	BMC
EFP		EFP		EFP		EFP	EFP

**Figura F1.** Almacenamiento de insumos químicos.

**Fuente:** (Denios, s.f.).

System-Container tipo P: Almacenamiento de bidones sobre europalets o palets para productos químicos												
Tipo	Estructura	Volumen de retención* [l]	Capacidad				Dimensiones exteriores** L x A x H [mm]	Dimensiones de los estantes L x A x H [mm]	Tipo de puerta			Peso en vacío [kg]
			GRG	PQ	EP	Bidón			Puertas batientes	Puertas correderas	Persiana	
1P 414		1.100	3	3	4	12	4.020 x 1.640 x 3.020	3.900 x 1.310 x 2.640	•	–	•	1.100
2P 414		1.100	–	6	8	24	4.020 x 1.640 x 3.020	3.900 x 1.310 x 1.250	•	–	•	1.550
3P 414***		1.100	–	9	12	36	4.020 x 1.640 x 4.420	3.900 x 1.310 x 1.250	•	–	•	2.150
1P 814		2.100	6	6	8	24	8.040 x 1.640 x 3.020	3.900 x 1.310 x 2.640	–	•	•	2.400
1P 826		3.700	12	12	16	48	8.040 x 2.840 x 3.020	3.900 x 1.270 x 2.640	–	•	•	4.400
2P 814		2.100	–	12	16	48	8.040 x 1.640 x 3.020	3.900 x 1.310 x 1.250	–	•	•	2.850
2P 826		3.700	–	24	32	96	8.040 x 2.840 x 3.020	3.900 x 1.270 x 1.250	–	•	•	4.750
3P 814***		2.100	–	18	24	72	8.040 x 1.640 x 4.420	3.900 x 1.310 x 1.250	–	•	•	4.150
1P 1214		3.200	9	9	12	36	12.060 x 1.640 x 3.020	3.900 x 1.310 x 2.640	–	•	•	4.800
2P 1214		3.200	–	18	24	72	12.060 x 1.640 x 3.020	3.900 x 1.310 x 1.250	–	•	•	5.200

Disponibles modelos de doble ancho accesibles por ambos lados

\* Volumen de retención = Volumen total menos 30 mm de vacío de seguridad. \*\* System-Container con aislamiento: Diferentes dimensiones exteriores. \*\*\* Entrega en dos partes, montaje en las instalaciones del cliente.

GRG = Cubiccontainer de 1.000 l · PQ = Palet químico/americano para 4 bidones de 200 l · EP = Europalet para 2 bidones de 200 l · Bidón = Bidones de 200 l directamente sobre la rejilla

**Figura F2.** Almacenamiento de bidones para productos químicos.

**Fuente:** (Denios, s.f.).

**Indicaciones para el almacenamiento del ácido clorhídrico (HCl):**

Almacenarlo en un área fresca, seca y bien ventilada, fuera del alcance directo de la luz solar y alejados de fuentes de calor. Almacénelos lejos de materiales incompatibles como los materiales oxidantes, reductores, bases fuertes, y metales. Utilizar materiales estructurales y sistemas de iluminación y ventilación resistentes a la corrosión en el área de almacenamiento. Utilizar recipientes que estén etiquetados con seguridad y protegidos contra daños. Los tambores de almacenamiento deben estar pintados con un material resistente al ácido. Acero recubierto de hule, PVC/FRP, FRP, Hastelloy C-276, Inconel 625 y tantalio son los materiales de construcción resistentes a la corrosión que se utilizan con mayor frecuencia a temperatura ambiente. Los productos de hule, vidrio, plástico y cerámica también son resistentes a la corrosión. Mantener los recipientes cerrados cuando no estén siendo utilizados. Los tanques deben tener un venteo o algún dispositivo para absorber los gases liberados. Para transportarlo utilice materiales resistentes a la corrosión (mangueras, bombas, acoples). Limitar la cantidad de producto almacenado y restringir el acceso al área de almacenamiento.

La temperatura de almacenamiento ideal es de 10 a 27 °C. No almacenar a temperaturas mayores a los 40 °C.

**Indicaciones para el almacenamiento del hidróxido de sodio (NaOH):**

El hidróxido de sodio debe ser almacenado en un lugar seco, protegido de la humedad, agua, daño físico y alejado de ácidos, metales, disolventes clorados, explosivos, peróxidos orgánicos y materiales que puedan arder fácilmente.

La sosa cáustica se almacena muchas veces en sólido o con soluciones al 50% pero a la hora de trabajar con ella en muchos casos hay que calentarla (se produce calor al diluirlo en agua), así que hay que hacerlo con mucho cuidado:

- Así los bidones y GRG han de estar aislados si se baja de más de 18 °C
- La temperatura de disolución de sosa cáustica debe estar entre 29°C a 38 °C

## **Anexo G**

### **Procedimiento de inscripción para bienes fiscalizados (SUNAT, 2017)**

#### **Condiciones para usuarios obligados a inscribirse en el Registro:**

Las condiciones que deben tener los Usuarios para inscribirse en el Registro para el control de Bienes Fiscalizados son:

- 1.- Tener en estado activo su número de RUC.
- 2.- No haber adquirido la condición de no habido de acuerdo a las normas vigentes.
- 3.- Haber obtenido su Código de Usuario y Clave SOL.
- 4.- Previamente a su inscripción, haber actualizado su información en el RUC.
- 5.- Cumplir con los controles mínimos de seguridad sobre los Bienes Fiscalizados.
- 6.- Los usuarios, sus directores, representantes legales y responsables del manejo de los bienes fiscalizados no deben tener ni deben haber tenido condena firme por tráfico ilícito de drogas o por delitos conexos.
- 7.- Los establecimientos en los que se realiza actividades de bienes fiscalizados deben encontrarse ubicados en zonas que se puedan acceder a través de las vías terrestre, fluvial, lacustre, marítima, y o aéreo reconocidas por las autoridades competentes.
- 8.- Generar y presentar la solicitud de inscripción al registro incluyendo en ella la información de la documentación solicitada en la Resolución de Superintendencia N° 173-2013/SUNAT que establece las normas relativas al registro para el control de los bienes fiscalizados.
- 9.- Permitir la realización de la inspección que realizará la SUNAT.

#### **Pasos a seguir para la inscripción en el Registro**

La inscripción se realiza a solicitud del Usuario; los pasos son:

- 1.- El Usuario deberá ingresar al Portal SUNAT y con su Clave SOL acceder a SUNAT Operaciones en Línea para generar la solicitud de inscripción utilizando el formulario Q-101.
- 2.- La solicitud de inscripción generada tendrá una vigencia de sesenta (60) días calendario computados desde la fecha de su generación.
- 3.- La solicitud generada deberá ser impresa y firmada por el Usuario o representante legal acreditado en el RUC que haya generado la solicitud.
- 4.- El Usuario podrá anular su solicitud generada y generar una nueva solicitud antes de su presentación. En caso la solicitud de inscripción ya haya sido presentada, el Usuario no podrá generar una nueva solicitud de inscripción hasta que se resuelva dicha solicitud.
- 5.- La documentación a presentar deberá estar debidamente foliada, en números arábigos, constituyendo el último folio del expediente el inicio de la foliación.

## Anexo H

### Inventario de insumos químicos y productos fiscalizados

Fecha:	
RUC N°:	
Nombre o Razón Social :	
Denominación del Establecimiento Anexo:	
Dirección del Domicilio Fiscal o Establecimiento Anexo:	

1	6		7	8	9	10	11	12	PROPIEDAD IQPF		15
	Código <small>Ver Tabla IQPF</small>	IQPF	Nombre Comercial del Insumo	Concentración %	Cantidad	Unidad Kg o L	Presentación	Número de Envases	13	14	
									Propio	Terceros	Observaciones
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											

**Figura F1.** Inventario de insumos químicos y productos fiscalizados.

**Fuente:** (SUNAT, 2017).