

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
USFQ**

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Estudio de pre-factilidad de una planta de producción de
Trichoderma spp. microencapsulada como biocontrol de
enfermedades en plantaciones de cacao de la Costa
ecuatoriana.**

**Ana Carolina Yunda Díaz
Ingeniería Química**

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero Químico

Quito, 23 de julio de 2020

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
USFQ**

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Estudio de pre-factibilidad de una planta de producción de
Trichoderma spp. microencapsulada como biocontrol de
enfermedades en plantaciones de cacao de la Costa
ecuatoriana.**

Ana Carolina Yunda Díaz

Nombre del profesor, Título académico

Juan Diego Fonseca, PhD.

José Álvarez, PhD.

Quito, 23 de julio de 2020

DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Nombres y apellidos: Ana Carolina Yunda Díaz

Código: 00132443

Cédula de identidad: 172219310-7

Lugar y fecha: Quito, 23 de julio de 2020

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

Resumen

La *Trichoderma spp.* es un hongo usado para el biocontrol de los hongos *Moniliophthora roreri* y *Moniliophthora perniciosa*. En este trabajo se realiza un estudio de pre-factibilidad de una planta de producción de *Trichoderma spp.* microencapsulada para combatir *Moniliophthora roreri* y *Moniliophthora perniciosa* en plantaciones de cacao de la Costa ecuatoriana. A diferencia de la *Trichoderma spp.* comercial, la *Trichoderma spp.* microencapsulada tiene una mayor eficiencia en el ataque contra hongos fitopatógenos. En este proyecto se encapsula la *Trichoderma spp.* mediante atomización y gelificación. El producto contiene alginato de sodio al 1% m/v, cloruro de calcio al 0.5% m/v, y *Trichoderma spp.* al 1×10^{10} conidias. En la planta se producirán 482 galones por lote en un proceso batch. Mediante los balances de masa y energía, y utilizando metodologías específicas, se realizó el dimensionamiento y selección de los equipos para cada operación unitaria del proceso. Adicionalmente, la inversión inicial es de USD \$ 4,219,752.15 y su TIR mensual es de 14.90%. El TIR es mayor a la tasa de descuento fija anual de 10.21% por lo tanto el proyecto es rentable. El tiempo de recuperación de la planta es de un poco más de 5 meses. La implementación de la planta generará empleo, reducirá el impacto al medio ambiente, e impulsará el mercado de cacao rico de aroma en el Ecuador.

Palabras claves: *Trichoderma spp.*, *Moniliophthora roreri*, *Moniliophthora perniciosa*, microencapsulación, fitopatógeno, atomización, gelificación, estudio de pre-factibilidad.

Abstract

Trichoderma spp. is a fungus used to the biocontrol of *Moniliophthora roreri* and *Moniliophthora perniciosa* fungi, responsible for the cacao diseases. This work describes the pre-feasibility of a plant for the production of microencapsulated *Trichoderma spp.* to fight against *Moniliophthora roreri* and *Moniliophthora perniciosa* in cocoa crops in the Ecuadorian Coast. Unlike commercial *Trichoderma spp.*, microencapsulated *Trichoderma spp.* has greater efficiency for the attack against phytopathogenic fungi. In this project, *Trichoderma spp.* is encapsulated by atomization and cationic gelation of alginate. The product has 1% m/v of sodium alginate, 0.5% m/v of calcium chloride, and 1×10^{10} conidia of *Trichoderma spp.* The plant would produce 482 gallons for a lot from a batch process. Through mass and energy balances and using specific methodologies, the sizing and selection of equipment has been carried out for each unit operation. Furthermore, the initial investment is USD \$ 4,219,752.15 and its monthly IRR is 14.90%. The IRR is greater than the annual discount rate of 10.21% and therefore the project is profitable. The time of return of the plant investment is about 5 months. The implementation of the plant will generate employment, reduce the impact to the environment and boost the market of fine flavour cocoa in Ecuador.

Key words: *Trichoderma spp.*, *Moniliophthora roreri*, *Moniliophthora perniciosa*, microencapsulation, phytopathogenic, atomization, gelation, pre-feasibility study.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1. Antecedentes.....	14
1.1.1. Extensión de los cultivos de cacao en la Costa ecuatoriana.	14
1.1.2. Enfermedades del cacao causadas por los hongos <i>Moniliophthora roreri</i> y <i>Moniliophthora perniciosa</i>	15
1.2. Tratamiento contra los hongos <i>M. roreri</i> y <i>M. perniciosa</i>	16
1.2.1. Tratamientos actuales.	16
1.2.2. <i>Trichoderma spp.</i> como biocontrol de enfermedades del cacao.....	17
1.3. Microencapsulación para protección de la <i>Trichoderma spp.</i>	18
1.3.1. Beneficios de la microencapsulación.	18
1.3.2. Mecanismo de encapsulación.....	18
1.4. Presentación del proyecto	20
1.5. Justificación	20
1.6. Impactos esperados por la implementación del proyecto	21
1.6.1. Impactos en la agroindustria.	21
1.6.2. Impactos al ser humano y al medio ambiente.	21
1.6.3. Impactos socio-económicos.	22
2. BASES DEL DISEÑO	23
2.1. Descripción del producto	23
2.1.1. Determinación del caudal de producción de <i>Trichoderma spp.</i>	23
2.1.2. Definición de la unidad de producción.	23

2.2.	Materias primas.....	23
2.2.1.	Medio de cultivo para el desarrollo de la <i>Trichoderma spp.</i>	23
2.2.2.	Materias primas para la microencapsulación de la <i>Trichoderma spp.</i>	24
2.3.	Normas y legislación	25
2.4.	Ubicación de la planta.....	26
3.	DISEÑO DEL PROCESO.....	27
3.1.	Descripción del proceso definido.....	27
3.1.1.	Selección de tipo de fermentación.	28
3.1.2.	Selección del proceso de microencapsulación.	29
3.2.	Balance de masa y energía del proceso	30
3.3.	Parámetros de la microencapsulación.....	31
4.	DISEÑO DE LA PLANTA	33
4.1.	Selección de equipos.....	33
4.1.1.	Tipos de biorreactores.	33
4.1.2.	Tipos de centrifugadoras.	33
4.1.3.	Tipos de filtros.	34
4.1.4.	Tipos de agitadores.....	34
4.2.	Diseño de los equipos principales.....	34
4.3.	Dimensionamiento de equipos secundarios.....	35
5.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	37
5.1.	Análisis de costos e ingresos del proyecto.....	37
5.2.	Determinación de la rentabilidad del proyecto	39

6. CONCLUSIONES.....	41
7. REFERENCIAS	43
Anexo A: Documentación auxiliar	49
A. 1. Fichas técnicas	49
A. 2. Temperatura de Quevedo.....	67
A. 3. Proveedores y costos de materias primas.	67
A. 4. Marcas y costos de equipos.	68
Anexo B. Metodología.....	69
B. 1. Balance de masa.....	69
B. 2. Balance de energía.....	70
B. 3. Dimensionamiento de equipos y máquinas.	70
B. 4. Costos.....	79
Anexo C: Cálculos	83
C. 1. Balance de masa.....	83
C. 2. Balance de energía	85
C. 3. Dimensionamiento de máquinas y equipos	86
C. 4. Costos.....	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Superficie de plantaciones de cacao según región.	14
Tabla 2. Superficie de plantaciones de cacao según provincia de la región costa.	15
Tabla 3. Proveedores y costos de las materias primas para la producción de un galón de <i>Trichoderma spp.</i>	25
Tabla 4. Comparación de la fermentación líquida y sólida.	29
Tabla 5. Comparación de las dos tecnologías de microencapsulación.....	29
Tabla 6. Balance de masa del proceso.....	30
Tabla 7. Balance de energía del proceso.	31
Tabla 8. Especificaciones de centrifugadora y compresor.	35
Tabla 9. Especificaciones de tanques de mezcla.	36
Tabla 10. Especificaciones de filtros.....	36
Tabla 11. Costos de la planta.....	37
Tabla 12. Inversión de capital fijo.....	38
Tabla 13. Costo de producción.....	38
Tabla 14. Inversión de capital de trabajo.	38
Tabla 15. Estimación de ingresos anual.	39
Tabla 16. Rentabilidad de la planta.	39
Tabla 17. Proveedores y costos de materias primas en Ecuador.	67
Tabla 18. Marcas y costos de equipos.....	68
Tabla 19. Constantes y parámetros para calcular el balance de masa.	83
Tabla 20. Cantidad de compuestos para 482.26 galones.....	83
Tabla 21. Balance de masa por operación unitaria.....	83
Tabla 22. Cálculos de potencia de los agitadores en los tanques de mezcla.	85
Tabla 23. Cálculos de potencia de los filtros de prensa.	86

Tabla 24. Cálculos del biorreactor.	87
Tabla 25. Cálculos de la centrifugadora.	87
Tabla 26. Cálculo del volumen de los tanques de mezcla.	88
Tabla 27. Cálculo de las dimensiones de los tanques de mezcla.	88
Tabla 28. Cálculo del espesor de pared de los tanques de mezcla.	88
Tabla 29. Cálculo de la masa de los tanques de mezcla.	88
Tabla 30. Dimensionamiento del atomizador.	89
Tabla 31. Dimensionamiento del compresor.	89
Tabla 32. Dimensionamiento de los filtros.	90
Tabla 33. Costos de los equipos instalados.	100
Tabla 34. Cálculos y valores de la inversión de capital fijo.	101
Tabla 35. Cálculos y valores de la inversión de capital de trabajo.	102
Tabla 36. Cálculos y valores del costo de producción fijo anual.	102
Tabla 37. Cálculos y valores del costo de materias primas anual.	103
Tabla 38. Cálculos y valores del costo de producción variable anual.	104
Tabla 39. Estimación de ingresos.	104
Tabla 40. Rentabilidad de la planta.	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de la microencapsulación de la <i>Trichoderma spp.</i> en alginato de calcio.....	19
Figura 2. Reacción de reticulación de alginato de sodio con calcio.....	19
Figura 3. Diagrama de bloque preliminar del proceso. Siendo los cuadros verdes las operaciones unitarias por definir entre dos tecnologías.	28
Figura 4. Diagrama de flujo del proceso.	30
Figura 5. Temperatura anual de quevedo.	67
Figura 6. Diagrama del número de potencia.....	72
Figura 7. Diagrama de la velocidad del aire.....	74
Figura 8. Diagrama de la viscosidad absoluta.	75
Figura 9. Diagrama de la tensión superficial.....	75
Figura 10. Diagrama de la presión del aire.	76
Figura 11. Diagrama de la relación en masa del aire con el líquido.....	76
Figura 12. Curva de crecimiento.....	86
Figura 13. Biorreactor.....	90
Figura 14. Descripción del biorreactor.	91
Figura 15. Agitador de turbina.....	91
Figura 16. Descripción del agitador de turbina.....	91
Figura 17. Centrifugadora.....	92
Figura 18. Descripción de la centrifugadora.....	92
Figura 19. Tanque de mezcla (suspensión).....	93
Figura 20. Descripción del tanque de mezcla (suspensión).....	93
Figura 21. Atomizador.....	94
Figura 22. Descripción del atomizador.....	94

Figura 23.	Tanque de gelificación.....	95
Figura 24.	Descripción del tanque de gelificación.....	95
Figura 25.	Compresor.	96
Figura 26.	Descripción del compresor.	96
Figura 27.	Filtro de aire.	96
Figura 28.	Descripción del filtro de aire.	97
Figura 29.	Filtro de prensa 1.	97
Figura 30.	Descripción del filtro de prensa 1.....	98
Figura 31.	Filtro de arena para purificar el agua.....	98
Figura 32.	Descripción del filtro de arena.....	98
Figura 33.	Filtro de prensa 2.	99
Figura 34.	Descripción del filtro de prensa 2.....	99
Figura 35.	Tanque de mezcla (lavado y resuspensión).	99
Figura 36.	Descripción del tanque de mezcla (lavado y resuspensión).	100

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

1.1.1. Extensión de los cultivos de cacao en la Costa ecuatoriana.

Ecuador es un país diverso en la agricultura; ya que posee las condiciones ambientales óptimas para cultivar plantas de banano, cacao; maíz, etc. Principalmente, se cultiva cacao fino de aroma siendo el país que aporta con el 70% de la producción mundial anual con 400 mil toneladas [1]. También exporta este producto a Europa, China, Japón y Estados Unidos. En la actualidad, Ecuador busca duplicar su exportación y así liderar el mercado, por lo cual se deben implementar técnicas modernas que contribuyan con el desarrollo integral y nutricional de las plantaciones de cacao.

Tabla 1. Superficie de plantaciones de cacao según región [2].

Región	Superficie Plantada (ha)
Total nacional	601,954
Región sierra	80,058
Región costa	463,553
Región amazónica	58,343

La región con mayor producción de cacao es la Costa., en donde hay 463,553 hectáreas plantadas de cacao que cumplen con las especificaciones de temperatura para el uso de la *Trichoderma spp.* como biofungicida [2]. La producción de cacao en provincia se da mayormente en monocultivos (ver Tabla 2.), lo que le hace más propensa a enfermedades que puedan afectar el rendimiento [3].

Tabla 2. Superficie de plantaciones de cacao según provincia de la región Costa [2].

Provincias	Superficies plantadas (Ha)	
	El Oro	Monocultivo
Mixto		544
Esmeraldas	Monocultivo	66,924
	Mixto	1,793
Guayas	Monocultivo	120,218
	Mixto	3,739
Los Ríos	Monocultivo	112,019
	Mixto	15,900
Manabí	Monocultivo	110,319
	Mixto	20,625
Santa Elena	Monocultivo	667
	Mixto	34

1.1.2. Enfermedades del cacao causadas por los hongos *Moniliophthora roreri* y *Moniliophthora perniciosa*.

Las plantaciones de cacao sufren pérdidas desde el 2% hasta el 80% en masa de grano fermentado y seco debido a los hongos *Moniliophthora roreri* y *Moniliophthora perniciosa* (en adelante se llamarán *M. roreri* y *M. perniciosa*, respectivamente) [3]. El hongo *M. roreri* causa moniliasis y el *M. perniciosa* causa “escoba de bruja”, las cuales afectan al desarrollo de la planta causando frutos de menor tamaño y hasta su muerte prematura.

La moniliasis es una enfermedad que afecta a los frutos debido a la producción de esporas que son transportadas por el viento, lluvia y el hombre. La infección ocurre principalmente en los primeros estados de crecimiento. La susceptibilidad de los frutos es inversamente proporcional a su edad; es decir, a mayor edad los frutos tienen menor susceptibilidad. En los frutos jóvenes se observan anomalías como protuberancias sobre la superficie del fruto [4].

La “escoba de bruja” es una enfermedad que afecta a los cojinetes florales, los frutos, y las partes vegetativas en crecimiento activo. El hongo *M. roleri* penetra el tejido a través de las estomas en 3 a 5 horas. Cuando el hongo patógeno infecta los frutos durante las primeras semanas de edad, se detiene su crecimiento causando la muerte prematura. En frutos de entre 1 a 4 meses de edad, se presentan deformaciones, hinchazón, y se ocasiona una pudrición acuosa y pérdida total de las semillas [5].

La moniliasis y la “escoba de bruja” reducen la cantidad de mazorcas para la venta debido a que se evidencia la enfermedad por medio de manchas negras o marrones que aparecen después de 40 a 84 días, ocasionando que las mazorcas infectadas y aledañas se desechen [6]. Para combatir a la *M. roleri* y *M. perniciosa* se han empleado agroquímicos, pero éstos terminan afectando al hombre y al medio ambiente a largo plazo.

1.2. Tratamiento contra los hongos *M. roleri* y *M. perniciosa*

1.2.1. Tratamientos actuales.

Para tratar las enfermedades producidas por hongos se recomienda el uso de fungicidas cúpricos con concentraciones del 2%, aplicando aspersiones cada 20 o 30 días, además de podar el cacao y la revisión de las plantaciones de forma permanente. También, se debe quemar las ramas y brotes afectados por la “escoba de bruja”. El uso de fungicidas químicos es arriesgado ya que el fungicida cúprico es tóxico y puede afectar la salud de las personas a largo plazo [7]. Además, las normas orgánicas prohíben el uso de agroquímicos tóxicos antes, durante o después del ciclo de producción [8]. Estas recomendaciones requieren de mucho esfuerzo, tiempo y dinero, y no permiten la obtención de la certificación orgánica.

1.2.2. *Trichoderma spp.* como biocontrol de enfermedades del cacao.

La *Trichoderma* es un hongo filamentosos que se encuentra en los suelos agrícolas y produce esporas asexualmente. El uso de este hongo ayudará en la protección de las semillas, disminuirá la dependencia a los agroquímicos, y promoverá el crecimiento de las raíces mediante la movilización de nutrientes y la aceleración de la descomposición de materia orgánica. Por otra parte, la *Trichoderma spp.* tiene un desarrollo de 9 días y no altera significativamente al medio ambiente o a las personas ya que sólo ataca o parasita a hongos patógenos debido a sus 3 mecanismos antagónicos: antibiosis, competencia, y micoparasitismo [9].

La antibiosis es una interacción biológica que consiste en la imposibilidad de un organismo a vivir con otros organismos ya que uno de ellos reduce el crecimiento y las actividades metabólicas del otro [10]. Las especies de *Trichoderma* son capaces de producir compuestos tanto volátiles como no volátiles que inhiben el crecimiento micelial del hongo fitopatógeno. Además, la competencia es un mecanismo donde la interacción entre organismos causa beneficio para uno y escasez para el otro, ya sea de alimento, espacio vital o luz solar. Existen algunos componentes importantes para la competencia tales como compuestos orgánicos solubles, nitrógeno, y hierro [11]. El micoparasitismo, por otro lado, es un ataque directo donde un organismo degrada la pared celular del otro. Para que ocurra el micoparasitismo se producen enzimas que causan debilitamiento de las paredes celulares de los fitopatógenos actuando sinérgicamente [12]. La *Trichoderma spp.* tiene la capacidad de percibir el hongo fitopatógeno y dirigir su crecimiento para atacarlo por medio de los tres mecanismos descritos [13]. Debido a las cualidades que presenta la *Trichoderma spp.* se la comercializa a nivel nacional.

Muchas de las presentaciones comerciales de *Trichoderma* son suspensiones de esporas que son propensas a contaminación con otros microorganismos y falta de

efectividad por exposición a los elementos ambientales en el momento de la aplicación [3]. De esta forma resulta que no es eficiente para el combate contra los hongos patógenos en las plantaciones de cacao u otras plantaciones en las que se utiliza. La mejor opción para proteger a la *Trichoderma spp.* es la microencapsulación.

1.3. Microencapsulación para protección de la *Trichoderma spp.*

1.3.1. Beneficios de la microencapsulación.

La microencapsulación es un proceso en el cual sustancias bioactivas, o microorganismos, son cubiertas para protegerlas del ambiente (calor, aire, luz y humedad), y factores bióticos y abióticos [14]. La microencapsulación de la *Trichoderma spp.* se realiza para extender su tiempo de vida o almacenamiento, permite conservar su potencial antagónico y además controlar la liberación del hongo, en el momento de aplicarla sobre las plantaciones [15].

1.3.2. Mecanismo de encapsulación.

La microencapsulación se fundamenta en la incorporación del hongo dentro de una matriz polimérica, la cual forma un ambiente capaz de controlar su interacción con el exterior. El alginato de sodio es un biopolímero utilizado para la producción de microcápsulas debido a su composición y estructura secuencial por medio de la cual es capaz de formar una red tridimensional en presencia de cationes divalentes como el calcio proveniente del cloruro de calcio [15]. Para obtener estabilidad se utiliza una gelificación catiónica, que se da desde la parte externa hacia el interior de gotas atomizadas por una boquilla neumática, formando microcápsulas con una membrana sólida semi-permeable (Figura 1). En el presente proyecto, la formación de micropartículas se basa en la gelificación por medio de iones de calcio, como se muestra en la Figura 2.

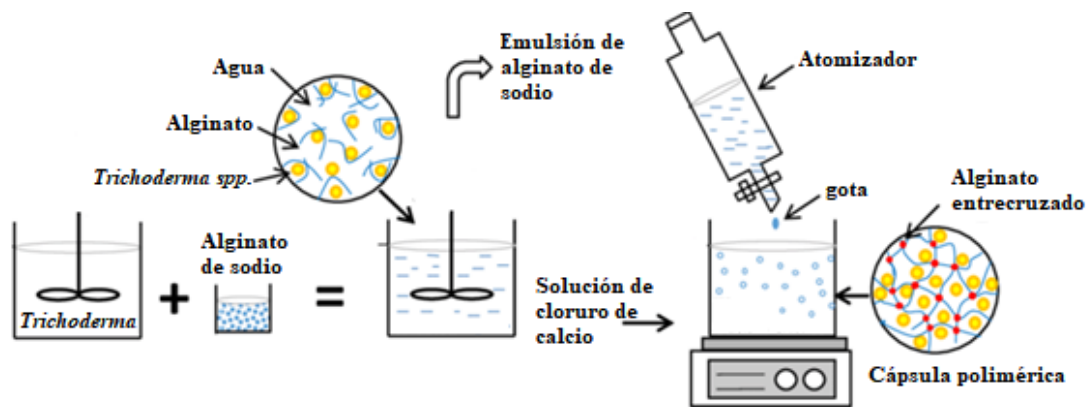


Figura 1. Esquema de la microencapsulación de la *Trichoderma spp.* en alginato de calcio [16].

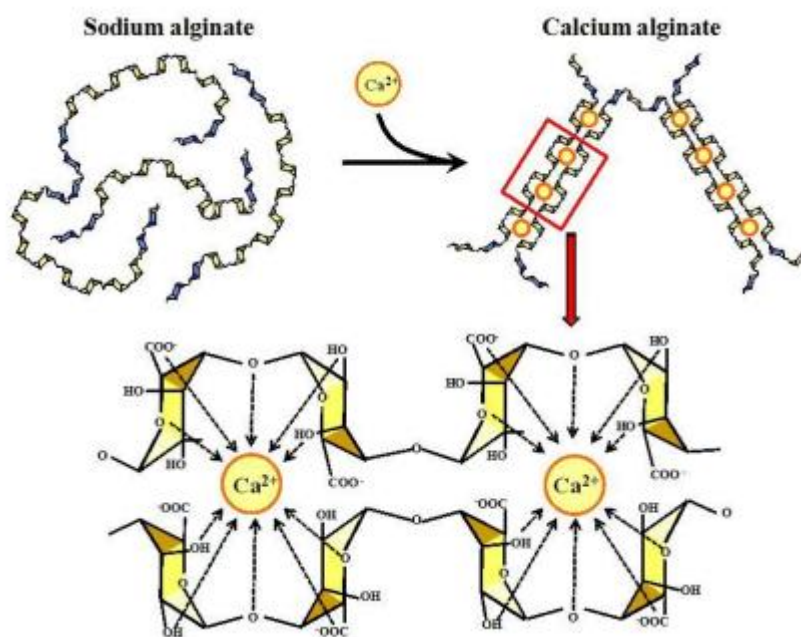


Figura 2. Reacción de reticulación de alginato de sodio con calcio [17].

1.4. Presentación del proyecto

El proyecto consiste en realizar un estudio de pre-factibilidad de una planta de producción de *Trichoderma spp.* microencapsulada en alginato sódico para la creación de un bioproducto que ayude a combatir *M. roleri* y *M. pernicioso* en plantaciones de cacao de la Costa ecuatoriana.

Objetivos específicos:

- Definir el proceso de microencapsulación de la *Trichoderma spp.*
- Diseñar la planta de microencapsulación de la *Trichoderma spp.*
- Determinar la factibilidad económica de la planta.

Estos objetivos se plantearon para determinar si el proyecto es factible y rentable. Cada uno de los objetivos tiene su complejidad y ayuda a determinar si a largo o corto plazo se va a tener una ganancia. También se consideran las consecuencias que tendría la implementación de la planta en la sociedad, la industria y la economía del Ecuador.

1.5. Justificación

La principal justificación del proyecto se encuentra en el incremento de eficiencia que atribuye la encapsulación a la *Trichoderma spp.* como agente de control biológico. Se pueden incrementar los beneficios económicos si se usa la *Trichoderma spp.* encapsulada ya que se requiere una menor cantidad por hectárea comparada con la no encapsulada. El producto encapsulado contribuye al ahorro de materiales y tiene una mayor eficiencia fungicida. La eficiencia de la *Trichoderma spp.* encapsulada aplicada sobre los cultivos de cacao es de entre 40% y 50% en inhibir el crecimiento del hongo patógeno; en cambio, la eficiencia de la *Trichoderma spp.* sin encapsular es de entre 17% y 39% en inhibir el hongo [13].

El costo de producción de una unidad de producto suficiente para cubrir una hectárea es de USD \$4.68. Considerando que el precio actual en el mercado de *Trichoderma spp.* sin encapsular es de USD \$15 por hectárea, la ganancia es de USD \$10.31 por hectárea. De esta manera, se estima un margen bruto del 68.7% de ganancia.

1.6. Impactos esperados por la implementación del proyecto

1.6.1. Impactos en la agroindustria.

El principal impacto que tendría la planta de producción de *Trichoderma spp.* es el aumento en el rendimiento de las plantaciones de cacao debido a tener un mayor número de mazorcas por hectárea. Además, se puede expandir para ofrecerla a otro tipo de plantaciones como rosas y plátano, y para atender mercados internacionales. La producción de biopesticidas permite obtener un alimento orgánico y mejorar las plantaciones al ayudar en el crecimiento de las raíces [18]. La *Trichoderma spp.* favorece a la producción de cacao rico de aroma debido a que ayuda en el control de enfermedades del fruto, para que así el Ecuador se beneficie del ascenso de posición en la exportación mundial de cacao rico de aroma.

1.6.2. Impactos al ser humano y al medio ambiente.

En estudios realizados, se determinó que la segunda causa de muerte en la provincia del Carchi a finales de la década del 2000 fue por sustancias tóxicas provenientes de agroquímicos [19]. Según la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), la *Trichoderma spp.* no presenta ningún daño hacia las personas ni animales, de manera que el proyecto protegerá la salud de los agricultores y del medio ambiente [20].

1.6.3. Impactos socio-económicos.

La mayor producción de cacao permitirá desarrollar emprendimientos locales de producción de chocolate y así se generará empleo. Habrá mayores ingresos para el agricultor y para el país en general, trayendo así mayores beneficios sociales. El riesgo de pérdida de una plantación a la cual se aplica la *Trichoderma spp.* encapsulada es menor, y por tanto se fomentará la inversión en esta industria.

2. BASES DEL DISEÑO

2.1. Descripción del producto

2.1.1. Determinación del caudal de producción de *Trichoderma spp.*

En la Costa ecuatoriana hay 463,553 hectáreas de plantaciones de cacao. La unidad de producción es un galón que contiene 1×10^{10} conidias para dos hectáreas; esto se basa en productos existentes en el mercado (sin encapsular) que reportan el uso de 5×10^9 conidias por hectárea [21]. En base a esto, el caudal de producción se definió como 3,367 metros cúbicos al año, correspondiendo a los períodos de aplicación del producto: cuatro veces al año en los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre [7].

2.1.2. Definición de la unidad de producción.

El producto se venderá en una presentación de un galón que contiene 1×10^{10} conidias, a un costo de USD \$4.66 y se transportará a temperatura ambiente. La unidad de producción es un galón que contiene 99.76% de agua, 0.02% de conidias de *Trichoderma spp.*, 0.03% de alginato de sodio, y 0.19% de cloruro de calcio.

2.2. Materias primas

2.2.1. Medio de cultivo para el desarrollo de la *Trichoderma spp.*

El medio de cultivo más apropiado y económico para el crecimiento de *Trichoderma spp.* es un microorganismo que necesita de un medio de cultivo para su desarrollo. El medio de cultivo consta de un jugo de vegetales (fuente de vitaminas), sacarosa (fuente de azúcares), y nitrato de amonio (fuente de minerales). El jugo comercial de vegetales es una mezcla de tomate, zanahoria, lechuga, remolacha, espinaca, apio, perejil y berro [22]. El nitrato de amonio se debe almacenar separado de sustancias combustibles y reductoras; y se transporta siguiendo la norma de las Naciones

Unidas- 1942 [23]. En cambio, la sacarosa se almacena a una temperatura inferior de 23 °C y se transporta con etiquetado blanco y negro, con el número 9 de misceláneo [24].

2.2.2. Materias primas para la microencapsulación de la *Trichoderma spp.*

En este proceso de microencapsulación se necesita formar una cápsula que cubra a la *Trichoderma spp.*, por lo cual se usan alginato de sodio y cloruro de calcio. El alginato de sodio es un polímero biodegradable y biocompatible que se obtiene de las algas pardas; éste forma una red tridimensional con iones divalentes [25]. El cloruro de calcio es un compuesto químico inorgánico que se obtiene como un subproducto del proceso Solvay para la producción del carbonato de sodio; se emplea para la reticulación del alginato [26]. El cloruro de calcio es un compuesto regulado por el Ministerio de Gobierno de Ecuador, por lo tanto, se debe obtener un permiso para la obtención del mismo. Además, se almacena a temperatura ambiente y se etiqueta como misceláneo [27]. El alginato de sodio se almacena separado de agentes oxidantes y materiales fuertemente ácidos o alcalinos [28].

Tabla 3. Proveedores y costos de las materias primas para la producción de un galón de *Trichoderma spp.*

<i>Materias primas</i>	<i>Costo del mercado (USD \$)</i>	<i>Cantidad de adquisición</i>	<i>Empresa</i>	<i>Cantidad por galón (g)</i>	<i>Precio para 1 galón (USD \$)</i>
<i>Trichoderma spp.</i>	15	500 g	Agroorganic	0.63	0.019
<i>Alginato de sodio</i>	17.5	1000 g	Ing. Cornejo	1.00	0.018
<i>Cloruro de calcio</i>	30	1000 g	Novachem	7.36	0.221
<i>Agua</i>	3.5	3785 g	Novachem	3777.00	3.493
<i>Nitrato de amonio</i>	152.31	2500 g	Novachem	0.77	0.047
<i>Sacarosa</i>	55	1000 g	Novachem	0.61	0.034
<i>V8</i>	1.8	350 ml	Supermaxi	11.82	0.061
<i>Envase</i>	0.80	1 unidad	Megamaxi	1	0.800
<i>Total</i>					4.691

2.3. Normas y legislación

Las normas o permisos necesarios para la implementación de la planta son los siguientes:

- **FAO**-Guía de manejo, control y distribución de pesticidas.
- Disposiciones legales emitidas por el **Ministerio de Gobierno** para sustancias sujetas a fiscalización.
- Designación oficial de transporte de las **Naciones Unidas-1942**.
- Obtención de RUC para cumplimiento tributario con el **SRI**.
- Registro de la empresa en la **Superintendencia de Compañías**.
- Obtención de permisos de funcionamiento **municipales**, y de las **agencias de control**.

- Obtención de la licencia ambiental **del Ministerio de Ambiente.**
- Obtención del permiso del **Cuerpo de Bomberos.**

La limitación principal con respecto a la ubicación de la planta es la temperatura ambiental; la *Trichoderma spp.* vive anaerobiamente a temperaturas de 7.7 °C a 40 °C, aunque la temperatura óptima de crecimiento es de 25 °C a 30 °C [13].

2.4. Ubicación de la planta

La planta se situará en la provincia de Los Ríos porque es la segunda provincia con mayor cantidad de plantaciones de cacao. Se elige el cantón Quevedo, debido a que su temperatura está entre 22 °C a 30 °C durante todo el año (Ver anexo A-2) [29]. Asimismo, el cantón Quevedo tiene vías de acceso en buen estado y medios de transporte disponibles hacia el resto de provincias de la Costa. Geográficamente, está ubicada en el medio de la región Costa, donde hay la mayor densidad de plantaciones agrícolas. No obstante, su agua potable es de baja calidad, por lo que se plantea integrar un filtro de arena para el pre-tratamiento del agua.

3. DISEÑO DEL PROCESO

3.1. Descripción del proceso definido

En este capítulo se definen las operaciones unitarias para la microencapsulación de la *Trichoderma spp.* El proceso global se basa en operaciones unitarias que consisten en expandir la *Trichoderma spp.* (Ver Figura 3 y 4), en un biorreactor, para conseguir un número suficiente de conidias y luego encapsularlas. En el biorreactor se encuentra el medio de cultivo, con los nutrientes necesarios para el crecimiento de la *Trichoderma spp.* Luego de esa operación unitaria, se separa el medio de cultivo mediante la centrifugación.

Para la microencapsulación, primero, se mezcla, en un tanque, la *Trichoderma spp.* con una solución de 1% m/v alginato de sodio. Segundo, la solución pasa a un equipo de atomización para luego gelificar las microgotas resultantes en un tanque que contiene 0.5% m/v de CaCl_2 . Tercero, mediante filtración se separa, de la corriente principal, el CaCl_2 en exceso. Cuarto, en un tanque de mezcla, se lava y se resuspende con 0.2% m/v CaCl_2 para la conservación de la encapsulación de la *Trichoderma spp.* En el tanque de lavado, hay una corriente de salida que pasa a un filtro para separar el CaCl_2 de la solución y luego recircular de regreso (Ver Tabla 6 y 7).

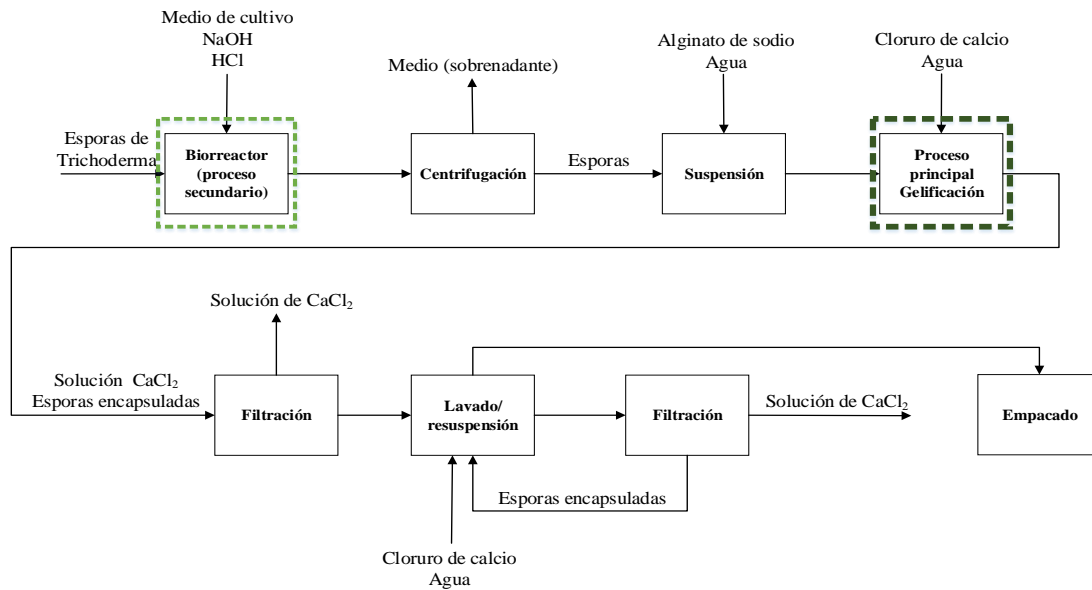


Figura 3. Diagrama de bloque preliminar del proceso. Siendo los cuadros verdes las operaciones unitarias por definir entre dos tecnologías.

3.1.1. Selección de tipo de fermentación.

Para el desarrollo de la *Trichoderma spp.* en un biorreactor, existe dos tipos de fermentación: líquida y sólida (Ver Tabla 4). La fermentación líquida permite un mezclado homogéneo, es fácil de manejar y su medio de cultivo es de fácil adquisición; su costo es elevado; pero permite controlar a los contaminantes y es un proceso que se puede escalar a nivel industrial [30]. La fermentación sólida permite un mezclado heterogéneo, tiempo de producción largo y medio de cultivo procedente de residuos agrícolas. La temperatura es la principal variable en la producción de la *Trichoderma* y en este proceso es difícil controlarla [30]. Se seleccionó la fermentación líquida, ya que se puede controlar mejor el mezclado y sus condiciones de operación.

Tabla 4. Comparación de la fermentación líquida y sólida. Siendo 1: No favorable, 2: Menos favorable, 3: Relativamente favorable, 4: Favorable y 5: Muy favorable.

	Sólida	Líquida
Productividad	3	5
Condiciones de operación	3	5
Medio de cultivo	3	5
Escalamiento	1	5
Costo	4	2
Total	14	22

3.1.2. Selección del proceso de microencapsulación.

En la microencapsulación existen dos tecnologías que son la extrusión y la atomización. Ambas tecnologías cumplen la función de pulverizar sustancias activas para ser encapsuladas en un tanque de gelificación. La atomización es una operación unitaria que tiene una eficiencia de 96% a 100% al encapsular la *Trichoderma spp*, produciendo gran cantidad de micropartículas de tamaño uniforme y reproducible [31]. La extrusión tiene dificultades para implementación a nivel industrial debido a que forma las micropartículas una por una, causando que se requieran largos tiempos para la posterior gelificación [31]. Se eligió la atomización por ser un proceso simple, escalable y económico.

Tabla 5. Comparación de las dos tecnologías de microencapsulación.

Siendo 1: No favorable, 2: Menos favorable, 3: Relativamente favorable, 4: Favorable y 5: Muy favorable.

	Extrusión	Atomización
Productividad	3	5
Eficiencia	4	5
Tamaño de la micropartícula	1	5
Costo	2	5
Total	10	20

3.2. Balance de masa y energía del proceso

Se realizaron los balances de masa para el proceso batch considerando que se realiza un ciclo de producción de 4h30 y un ciclo de limpieza de 3h30 por día (ver Anexo B y C).

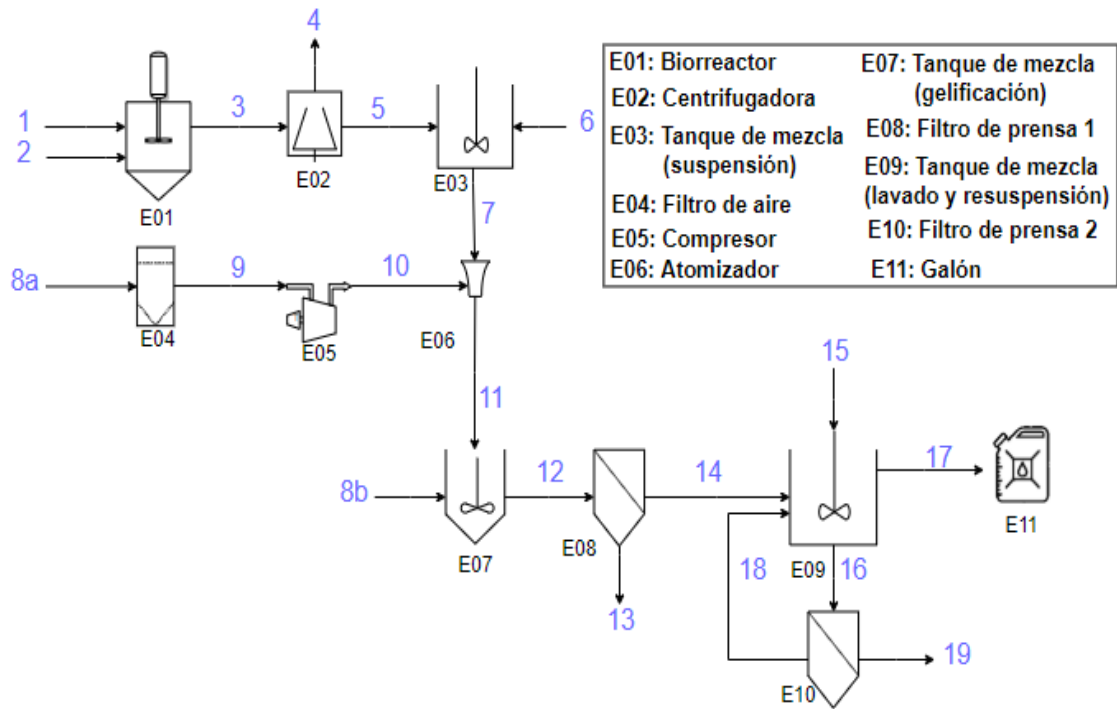


Figura 4. Diagrama de flujo del proceso.

Tabla 6. Balance de masa del proceso.

Cantidad (kg)	1	2	3	4	5	6	7
<i>Trichoderma spp.</i>	0.356	-	0.377	0.004	0.358	-	0.358
Alginato de sodio	-	-	-	-	-	0.034	0.034
Agua	-	-	-	-	-	3.374	3.374
Medio de cultivo	-	6.364	0.636	0.605	0.006	-	-
Total	0.356	6.364	1.014	0.608	0.365	3.408	3.766
Cantidad (kg)	8a	8b	9	10	11	12	13
<i>Trichoderma spp.</i>	-	-	-	-	0.358	0.344	-
Alginato de sodio	-	-	-	-	0.034	0.033	-
Agua	-	9.428	-	-	3.374	12.290	8.598
Cloruro de calcio	-	0.047	-	-	-	0.045	0.029
Aire	0.016	-	0.015	0.015	-	-	-
Total (kg)	0.016	9.475	0.015	0.015	3.766	12.712	8.627

Cantidad (kg)	14	15	16	17	18	19
<i>Trichoderma spp.</i>	0.327	-	0.320	0.301	0.308	-
Alginato de sodio	0.031	-	0.513	0.482	0.492	-
Agua	3.168	1,815.101	58.942	1,821.356	48.900	6.396
Cloruro de calcio	-	3.623	0.013	3.550	-	0.013
Total (kg)	3.525	1,818.724	59.788	1,825.689	49.699	6.409

Tabla 7. Balance de energía del proceso.

Equipos	Potencia (kW)	Potencia a la semana (kW)
Filtro de prensa 1	1.25	22.50
Filtro de prensa 2	3.19	153.12
Centrifugadora	5.58	133.92
Compresor	5.79	173.70
Tanque suspensión	0.001	0.05
Tanque lavado y resuspensión	8.43	455.22
Tanque gelificación	0.002	0.10
Biorreactor	0.001	0.04
Total	24.24	938.65

3.3. Parámetros de la microencapsulación

La microencapsulación es el proceso principal de la planta, por lo cual los parámetros de operación para esta operación unitaria son primordiales. Los parámetros que se toman en cuenta son la temperatura óptima de crecimiento del microorganismo, la concentración del alginato de sodio y del cloruro de calcio que hacen la reacción de reticulación, y la presión de aire que se necesita para que ocurra la aspersion. La temperatura a la que vive el hongo *Trichoderma spp.* es de 7.7 °C a 40 °C [13]. La concentración del alginato de sodio es de 1% m/v y la del cloruro de calcio de 0.5% m/v, para que exista un desarrollo óptimo del hongo [32]. La presión de aire comprimido calculado para la atomización es de 8.5 atm o 125 psi.

Se logró cumplir con el objetivo de definir las operaciones unitarias para el desarrollo y la microencapsulación de la *Trichoderma spp.* junto con su balance de masa y energía. También, se define las concentraciones y parámetros para la microencapsulación. Se obtuvieron las concentraciones óptimas de 0.5% m/v cloruro de calcio y 1% m/v alginato de sodio para obtener la microencapsulación. La mayor cantidad de masa en el producto final proviene del agua, ya que la *Trichoderma spp.* se encuentra encapsulada en suspensión acuosa. En el balance de energía se calculó la potencia de los agitadores, bomba para los filtros de prensa, y el compresor.

4. DISEÑO DE LA PLANTA

4.1. Selección de equipos

Se seleccionaron y dimensionaron los equipos para la instalación de la planta en el cantón Quevedo, Provincia de Los Ríos. Los equipos se diseñaron mediante el cálculo de su volumen, diámetro, altura, tipo de agitador, y la potencia de motor requerida.

4.1.1. Tipos de biorreactores.

Un biorreactor es un recipiente que mantiene un ambiente biológicamente activo mediante el control de pH, temperatura, presión, etc. [33]. Se clasifican en biorreactores de tanque agitado, de lecho fijo, y con air lift. El biorreactor de tanque agitado es el más utilizado; tiene un agitador mecánico de turbina o disco y logra una mezcla homogénea. Por su parte, el biorreactor de lecho fijo inmoviliza los microorganismos en matrices. Por último, el biorreactor de air lift tiene una alimentación de gas para las operaciones que requieren y para la mejor circulación del líquido [34]. Se eligió el biorreactor de tanque agitado debido al mezclado homogéneo y su simplicidad de mantenimiento.

4.1.2. Tipos de centrifugadoras.

La centrifuga se usa para aumentar la concentración del microorganismo y separarlo del medio de cultivo. Existe dos tipos de centrífugas usadas a nivel industrial. La centrifuga tubular es un tubo vertical que gira a altas velocidades debido a un motor eléctrico. Este equipo puede separar partículas de hasta 0.1 μm . y tiene una capacidad de 500 a 3500 L/h. Se recomienda su uso en separaciones que requieren una gran fuerza centrífuga [35]. La centrifuga de discos es un grupo de discos que giran sobre un eje vertical. Entre los discos y el cuerpo del equipo existe un espacio que permite la acumulación de sólidos. Este equipo opera desde los 5,000 a 15,000 G y tiene una capacidad de 4 a 1,500 L/min [35]. Se eligió la centrifuga de discos debido a su capacidad y velocidad.

4.1.3. Tipos de filtros.

Los filtros son equipos que separan sólidos suspendidos y se clasifican de acuerdo a la torta o el filtrado. El lecho de filtración se usa para separar pequeñas cantidades de sólidos suspendidos. Sin embargo, las partículas filtradas obstruyen el lecho de arena por lo que la velocidad de flujo baja [36]. El filtro prensa tiene unas placas alternadas con una tela filtrante a cada lado de éstas; por lo tanto, su manejo y mantenimiento es sencillo. También se recomienda el uso de estos filtros en procesos batch, ya que son versátiles y de operación flexible [36]. Se eligió un filtro prensa debido a que su manejo y mantenimiento es sencillo, es decir que se mantendrá estéril y tendrá un tiempo de vida más largo que otros filtros.

4.1.4. Tipos de agitadores.

Los agitadores son equipos para la mezcla de sustancias en tanques y existen varios tipos según su velocidad, o su uso. El agitador de tres aspas va de 400 a 1750 rpm; en cambio, el de paletas va de 20 a 200 rpm. El agitador de turbina se usa para sólidos en suspensión, ya que las corrientes fluyen hacia abajo y luego levantan los sólidos depositados. Por otro lado, el agitador de banda helicoidal se usa para soluciones viscosas y en régimen laminar [36]. Se eligió el agitador de turbina debido a que la solución tiene sólidos suspendidos.

4.2. Diseño de los equipos principales

Para la primera operación unitaria, se diseñó un biorreactor de tanque agitado y fed-batch que permite un contacto óptimo del hongo y el sustrato, para cumplir con la producción de 0.30 kg de conidias de *Trichoderma spp.* que se desea obtener diariamente; en este equipo el hongo se desarrolla debido a que está presente su alimento (medio de cultivo) (ver Anexo B-3.1 y C-3.1). Este biorreactor tiene un volumen de 65 litros, un

diámetro y altura de 0.38 m y 0.57 m respectivamente. Debido a que es un biorreactor de tanque agitado, se necesita un agitador de turbina para un mezclado homogéneo. Se determinó una velocidad de 100 rpm y una potencia de 0.89 W. Además, este biorreactor opera a una temperatura de 25 °C, 1 atm y pH entre 6.5 y 7.

El atomizador pulveriza la solución del hongo *Trichoderma spp.* con alginato de sodio al 1% m/v (ver Anexo B-3.4 y C-3.4). El volumen del atomizador es 31.4 l, diámetro de 0.27 m y la altura es de 0.54 m. El atomizador es un equipo de pulverización que está compuesto de una boquilla de 2.7 mm de diámetro, a una altura del tanque de 16 cm y tiene un ángulo de aspersion de 29°.

4.3. Dimensionamiento de equipos secundarios.

Los equipos secundarios son los tanques de mezcla, filtros, compresor y centrifugadora. En los tanques de mezcla se usan agitadores de turbina. (ver Anexo B-3 y C-3).

Tabla 8. Especificaciones de centrifugadora y compresor.

	Centrifugadora	Compresor
Volumen o caudal	9 L	0.66 m ³ /min
Velocidad (rpm)	5,000	-
Potencia (kW)	5.58	5.79
Modelo	AC 1500	ERC-504
Tamaño (mm)	1,500 x 1,700 x 2,400	960 x 430 x 648
Peso (kg)	1,150	110

Tabla 9. Especificaciones de tanques de mezcla.

	Suspensión	Lavado y resuspensión	Gelificación
Volumen (L)	8.56	2,800	22.74
Diámetro (m)	0.18	1.21	0.27
Altura (m)	0.35	2.43	0.40
Espesor de pared (mm)	4.54	31.29	6.89
Masa del Tanque (kg)	1.02	290.13	3.75
Velocidad (rpm)	400	250	250
Potencia (kW)	0.0011	8.43	2.37

Tabla 10. Especificaciones de filtros.

	Filtro de prensa 1	Filtro de prensa 2	Filtro de aire
Tamaño de malla (mm)	0.5	0.5	0.25
Tamaño de partícula (μm)	30	30	2.5
Caudal (l/min)	12.5	59.84	620
Altura manométrica (mca)	7.64	4.07	-
Potencia (kW)	1.25	3.19	-
Modelo	FPSA 47	FPA 47	FA401
Tamaño (mm)	1300 x 1120 x 1270	1470 x 1170 x 1370	76 x 172 x 53
Peso (kg)	630	750	0.55

La planta es técnicamente factible, ya que se seleccionó y dimensionó los equipos para que entreguen la capacidad requerida para cada operación unitaria. También, se consideró las condiciones de operación de cada equipo principalmente del biorreactor. Se logró diseñar la planta en base a los cálculos realizados en el diseño del proceso.

5. ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1. Análisis de costos e ingresos del proyecto

Se requiere determinar la rentabilidad del proyecto para conocer si el proyecto traerá beneficio económico. Se utilizó el método del factor detallado para obtener una mejor estimación del costo de la planta en base a la cotización de los equipos (Ver Anexo B-4 y C-4). Se cotizaron los equipos en una plataforma online y se tomó en cuenta un incremento adicional del 40% relacionado a los costos de importación. Se presenta a continuación un resumen de costos de los equipos en la Tabla 11.

Tabla 11. Costos de la planta.

Cantidad	Equipo	Factor de instalación	Ced (USD \$)
4	Biorreactor	3.20	204,270.00 [37]
2	Agitador	3.20	8,332.80 [38]
2	Centrifugadora	3.20	313,600.00 [39]
2	Tanque suspensión	3.20	31,360.00 [40]
2	Agitador	3.20	8,332.80 [38]
2	Atomizador	3.20	224,000.00 [41]
2	Tanque gelificación	3.20	22,400.00 [42]
2	Agitador	3.20	8,332.80 [38]
2	Compresor	3.20	10,142.72 [43]
2	Filtro de aire	3.20	17,920.00 [44]
2	Filtro de prensa 1	3.20	8,960.00 [45]
2	Filtro de arena	3.20	41,216.00 [46]
2	Filtro de prensa 2	3.20	13,440.00 [47]
2	Tanque lavado	3.20	268,800.00 [48]
2	Agitador	3.20	8,332.80 [38]
Total (USD \$)			1,189,440.00

Se calculó el capital fijo, que representa el costo total del diseño, construcción, instalación de la planta, más costos de modificación del lugar. Se determinó el valor de capital fijo mediante el costo ISBL obtenido de las cotizaciones de los equipos [49].

Tabla 12. Inversión de capital fijo.

	Valor (USD \$)
ISBL	1,189,440.00
OSBL	475,776.00
Costo ingeniería	249,782.40
Gastos por imprevistos	166,521.60
TOTAL	2,081,520.00

El costo de producción es una variedad de costos definidos mediante el proceso del producto; y, por eso incluye los salarios de los operadores, materias primas, transporte, mantenimiento y servicios básicos. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 13. Costo de producción.

Costos	Valor (USD \$)
Variables	4,432,030.35
Fijos	286,236.00
Total	4,718,266.35

El capital de trabajo es el rubro adicional a la construcción de la planta, es decir, los costos de inversión al poner en marcha la planta y hasta empezar a generar ingresos. El resultado de cada uno de los seis componentes se muestra en la siguiente tabla [49]:

Tabla 14. Inversión de capital de trabajo.

Costos	Valor (USD \$)
Valor materias primas	180,518.89
Valor de producto	361,037.79
Efectivo en caja	180,518.89
Cuentas a cobrar	722,075.58
Créditos cuentas pendientes	361,037.79
Inventario repuestos	333,043.20
TOTAL	2,138,232.15

Los ingresos son principalmente obtenidos por la venta de productos. Se calculó el margen bruto que es la diferencia de la venta del producto y el costo de materias primas. El beneficio bruto es la diferencia de los ingresos por venta menos el costo de producción. El beneficio neto es la diferencia del beneficio bruto y los impuestos. Se detallan los valores en la siguiente tabla [49]:

Tabla 15. Estimación de ingresos anual.

	Valor (USD \$)
Margen bruto	14,922,895.30
Costo de producción	4,718,266.35
Beneficio bruto	14,537,082.41
Beneficio neto	12,792,632.52

5.2. Determinación de la rentabilidad del proyecto

Se determinó la rentabilidad del proyecto mediante el cálculo del valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y el tiempo de recuperación de la inversión. El VAN indica la cantidad que el inversionista gana versus el haber invertido. El TIR es el interés al cual el VAN es cero, es decir, el nivel mínimo que permite la viabilidad del proyecto. Para determinar si el proyecto es rentable se debe comparar el TIR con la tasa de interés, es decir, si el TIR es mayor que la tasa de interés, el proyecto es rentable. Se usó una tasa de interés del 10.21% y se obtuvo los siguientes resultados (ver Tabla 16) [50].

Tabla 16. Rentabilidad de la planta.

Tasa de interés anual (%)	10.21
TIR mensual (%)	14.90
VAN (USD \$)	4,590,579.34
Tiempo de retorno (meses)	5.10

Se concluye que el proyecto es económicamente rentable puesto que el tiempo de recuperación de la inversión inicial es de 5.10 meses y a futuro se observan ganancias, con las cuales se podría extender esta producción hacia otros mercados.

6. CONCLUSIONES

En este proyecto se logró realizar un estudio de factibilidad de la implementación de una planta de producción de *Trichoderma spp.* microencapsulada para combatir *Moniliophthora roreri* y *Moniliophthora perniciosa* en plantaciones de cacao de la Costa ecuatoriana. La planta tendría una producción de 292 m³/mes de *Trichoderma spp.* microencapsulada.

Se escaló el método de microencapsulación con alginato de sodio y cloruro de calcio realizado experimentalmente en el laboratorio de ingeniería química de la USFQ. Este proceso consiste en la microencapsulación y reproducción de la *Trichoderma spp.* Además, se plantea implementar varias operaciones unitarias como filtración, centrifugación y mezclado para optimizar el proceso. Se establecieron condiciones de fermentación líquida con un medio de cultivo vegetal que logra un desarrollo de la *Trichoderma spp.* en 9 días. Se logró seleccionar y dimensionar los equipos como los tanques de mezcla, filtros, centrifugadora, compresor y biorreactor, mediante balances de masa y las metodologías correspondientes. Se obtuvieron datos necesarios para el cálculo energético por medio del balance de masa apoyado en documentación auxiliar como catálogos y gráficas.

Se realizó el análisis económico basado en costos disponibles por medio de cotizaciones obtenidas del mercado. Se utilizaron las capacidades de los equipos, costo de materias primas, costo de venta del producto y los ingresos de la planta para obtener un estimado de 5.10 meses de recuperación de la inversión respectivamente, lo que demuestra que el proyecto es rentable a corto plazo.

Se cumplió con lo propuesto inicialmente ya que la metodología aplicada fue precisa y se concluyó que el proyecto es viable en cuanto a la implementación, operación y construcción de la planta. Se debe considerar que el proyecto puede escalarse para

abarcando la demanda de controladores biológicos fungicidas para plantaciones de otros productos agrícolas, por lo que su factibilidad puede ser incluso mayor a lo estimado con las limitaciones definidas para este proyecto. Se recomienda implementar un filtro de arena debido a la baja calidad del agua en el cantón Quevedo para asegurar una calidad consistente en el producto final.

Se concluye que el proyecto es factible técnica y económicamente para la microencapsulación de *Trichoderma spp.* como biocontrol de enfermedades de las plantaciones de cacao de la Costa ecuatoriana.

7. REFERENCIAS

- [1] Publicafm, “El mundo se deleita con el cacao fino ecuatoriano,” 13-Feb-2019.
- [2] ESPAC, “Superficie, según producción y ventas de cacao,” 2019. (Online). Available: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>.
- [3] D. Bazante, “Diseño de un dispositivo de microencapsulación de esporas de *Trichoderma reesei* para la producción en masa de agentes de biocontrol de hongos patógenos de cacao,” Universidad San Francisco de Quito, 2018.
- [4] W. Phillips and F. Amores, “Moniliasis del cacao,” 2012. (Online). Available: <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/moniliasis-del-cacao>.
- [5] L. Vicente, “*Moniliophthora roreri* H.C. Evans et al. y *Moniliophthora perniciosa* (Stahel) Aime: impacto, síntomas, diagnóstico, epidemiología y manejo,” 2018.
- [6] R. Osorio, “Estudio del efecto de *Trichoderma harzianum* en el control de *Moniliophthora roreri* en plantas de *Theobroma cacao* en la Provincia de Esmeraldas”, 2010.
- [7] R. Gómez, R. García, F. Tong, and C. González, “Paquete tecnológico del cultivo del cacao fino de aroma”, Ecuador, 2014.
- [8] G. Soto, *Certificación orgánica*, No. 506, 2011.
- [9] M. González AH and Q. Vicente G, “Isolation of *Trichoderma* Spp. from Desert Soil, Biocontrol Potential Evaluation and Liquid Culture Production of *Conidia* Using Agricultural Fertilizers,” *J. Fertil. Pestic.*, vol. 7, no. 1, 2016.
- [10] M. S. P. Castillo, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias Departamento de Agroecología. “Aislamiento y

caracterización del hongo *Trichoderma* spp. en suelos agrícolas de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L .)”, 2018.

[11] C. E. Perdomo, “Desarrollo de cuatro prototipos de bioformulaciones en base a conidias de *Trichoderma asperellum*,” Universidad Central del Ecuador, 2012.

[12] V. Rubio and A. Ferreres, “Control biológico de plagas y enfermedades de los cultivos,” España, 2005.

[13] L. Carrera, “Encapsulación de *Trichoderma asperellum* en partículas biopoliméricas con quitosanos de diferentes pesos moleculares para el control biológico de *Moniliophthora roreri*”, Universidad San Francisco de Quito, 2017.

[14] G. Espinoza, “Microcápsulas magnéticas para la liberación controlada de insulina”, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, 2013.

[15] E. Norambuena, J. Contreras, M. Yalcin, I. Yilmaz, M. Chan, T. A.-M. Al Rashdi, y A. Garcia, “Physical, thermal and mechanical properties of polymeric calcium-alginate capsules for asphalt self-healing”.

[16] F. Sarghini and M. Iasevoli, “Matrix microencapsulation through air extrusion systems”, 2012. (Online). Available: <https://www.slideshare.net/marcoiasevoli/matrix-microencapsulation-through-air-extrusion-systems>.

[17] E. Pérez, “Estudio de la ruta de shikimato en *Trichoderma parareesei*, su papel en el antagonismo del hongo y en las relaciones que establece con la planta”, Universidad de Salamanca, 2014.

[18] Agricultorers, “*Trichoderma*: Control de hongos fitopatógenos”, 2016. [Online]. Available: <https://agricultorers.com/trichoderma-control-hongos-fitopatogenos/>.

- [19] El Universo, “Agricultores, en riesgo por el uso de los agroquímicos”, 10-May-2015.
- [20] EFSA, “Conclusion on the pesticide peer review of the pesticide risk assessment of the active substance *Trichoderma atroviride* strain SC1”, 2015. (Online). Available: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2015.4092>.
- [21] Fenecsa, “Trichoderma”, 2020. (Online). Available: <http://www.fenecsa.com.ec/wp-content/uploads/pdf/TRICHODERMA.pdf>.
- [22] C. Ronquillo and C. Rueda, “Jugo nutritivo”, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2010.
- [23] ETSEIB, “Valoración de amonio de aguas residuales como fertilizante líquido utilizando contactores de membrana de fibra hueca”, 2016.
- [24] R. Muños y J. Rodríguez, “Hoja de seguridad Sacarosa MSDS,” 2016. (Online). Available: http://www.quimica.una.ac.cr/index.php/documentos_electronicos/category/13-hojas-de-seguridad?download=321:sacarosa&start=220.
- [25] J. A. Barreto *et al.*, “Estabilidad e Intercambio de Iones Calcio en Geles de Alginato”, vol. 3, no. C, pp. 1–23, 2009.
- [26] G. Espinoza, “Microcápsulas magnéticas para la liberación controlada de insulina”, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, 2013.
- [27] M. de Gobierno, “Control y administración de sustancias catalogadas sujetas a fiscalización”, 2020. [Online]. Available: <https://www.ministeriodegobierno.gob.ec/control-y-administracion-de-sustancias-catalogadas-sujetas-a-fiscalizacion/>.
- [28] QUIMIPUR, “Sodio alginato: ficha de datos de seguridad”, 2016. [Online]. Available: <https://quimipur.com/pdf/sodio-alginato-rev-2.pdf>.

- [29] Weather Spark, “Clima promedio de Quevedo”, 2019. (Online). Available: <https://es.weatherspark.com/y/19356/Clima-promedio-en-Quevedo-Ecuador-durante-todo-el-año>.
- [30] D. Hernández and R. Ferrera, “Trichoderma: importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial”, *Scielo*, 2019.
- [31] M. Parzanese, “Tecnologías para la Industria Alimentaria Microencapsulación,” pp. 1–12, 2017.
- [32] Y. Torrez, “Aislamiento y caracterización del hongo *Trichoderma* spp. en suelos agrícolas de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.)”, 2018.
- [33] M. Rivera and D. Suárez, “Diseño y construcción de un bioreactor batch aerobio para cultivo de bacterias biodegradadoras de petróleo”, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2010.
- [34] J. Rumaldo, “Producción de sorbitol a partir de cáscara de papaya por fermentación sumergida”, Universidad Nacional Agraria de la Selva, 2003.
- [35] C. Haberland and J. Riquelme, “Estudio de la prefactibilidad técnico-económica de instalar una planta productora de microorganismos para su uso en agricultura en Chile”, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2015.
- [36] C. Geankoplis, *Procesos de transporte y operaciones unitarias*, Tercera. Mexico, 1998.
- [37] Alibaba, “Biorreactor”, 2020. (Online). Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/65l-beer-brewery-equipment-fermentation-tank-ss304-ss316-62201717067.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.54a53f711vnOBr>.


- [38] Alibaba, “Agitador de turbina”, 2020. (Online). Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/industry-disperser-mixer-turbine-agitator-62383195832.html?spm=a2700.8699010.normalList.14.2f3e1ed5ifCKMy>.
- [39] Alibaba, “Centrifugadora”, 2020. (Online). Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/CE-Certified-industrial-scale-centrifuge-with-60669036662.html?spm=a2700.8699010.normalList.2.518666c7nAemNV&s=p>.
- [40] Alibaba, “Tanque de mezcla”, 2020. (Online). Available: <https://spanish.alibaba.com/p-detail/10L-dirección-de-fábrica-venta-small-laboratorio-homogeneizador-mezclador-300007422431.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.643a4ac7qByT6n>.
- [41] Alibaba, “Boquilla” 2020. (Online). Available: https://www.alibaba.com/product-detail/FL-pharmaceuticle-chemical-high-efficient-cocoa_62423508642.html?spm=a2700.7735675.normalList.138.7ee66417qo1sx8&s=p.
- [42] Alibaba, “Tanque de mezcla”, 2020. (Online). Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/50l-stainless-steel-chemical-mixing-reaction-tank-1600062117584.html?spm=a2700.8699010.normalList.35.1ebd289fPCsrxh>.
- [43] Alibaba, “Compresor”, 2020. (Online). Available: https://www.alibaba.com/product-detail/Machinery-Repair-Shops-Air-Compressor-Gas_1600062005649.html?spm=a2700.7735675.normalList.38.58475e6cTKhQO9&s=p.
- [44] Alibaba, “Filtro de aire”, 2020. (Online). Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/45-cfm-high-efficiency-filter-ingersoll-rand-fa75ih-60749084695.html>.

- [45] Alibaba, “Filtro de prensa”, 2020. (Online). Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/DZ-Manual-small-filter-press-for-60829383204.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.6e87167ee2Pm6U&s=p>.
- [46] Alibaba, “Filtro de arena”, 2020. (Online). Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/1000-liters-activated-carbon-filter-quartz-sand-filter-reverse-osmosis-plant-60552823676.html>.
- [47] Alibaba, “Filtro de prensa”, 2020. (Online). Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Mini-Press-Filter-For-Lab-Use-60767626484.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.6e87167ee2Pm6U&s=p>.
- [48] Alibaba, “Tanque de lavado”, 2020. (Online). Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/3000-litre-chemical-mixing-tank-paint-mixing-machine-60271871244.html>.
- [49] G. Towler and R. A. Y. Sinnott, *Chemical Engineering Design*. 2013
- [50] El Universo, “Conozca las tasas de interés de junio que tienen los préstamos en Ecuador,” 2020. (Online). Available: <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/06/03/nota/7860867/tasas-interes-bancos-prestamos-instituciones-financieras-ecuador>.
- [51] METTLER, “Transferencia de masa y velocidad de reacción,” 2020. (Online). Available: https://www.mt.com/mx/es/home/applications/L1_AutoChem_Applications/L2_ProcessDevelopment/Mass-Transfer-and-Reaction-Rate.html.
- [52] A. H. Lefebvre and V. G. McDonnell, *Atomization and Sprays, Second Edition*. 2017.

Anexo A: Documentación auxiliar

A. 1. Fichas técnicas

TRICHODERMA HARZIANUM

DATOS DE IDENTIFICACIÓN	
Nombre químico (IUPAC):	No. CAS: 67892-34-6
Sinónimos: Binab T; <i>Trichoderma</i> ATCC 20476; <i>Trichoderma viride</i>	
Nombre comercial, Formulación (%), Presentación:	
Para uso Agrícola: Phc T22 / Phc Biopack F / Phc Rootshield / Phc Plantshield / Phc Compete Plus / Phc Planterbox / Phc Milstop, 1.150, Polvo Humectable; Trichodex 20 Sp, 20.000, Polvo Soluble; Trichodex Sp, 20.000, Polvo Soluble	
Estructura química:	Fórmula química:
	Peso molecular:
Tipo de plaguicida: Fungicida	Clasificación: Micribial
Uso: Agrícola	
Presentaciones comerciales: <u>Agrícola:</u> Para aplicación al follaje: como polvo soluble en equivalentes en gramos de ingrediente activo (I.A./kg o L) de: 200. Para aplicación al suelo: como polvo humectable en equivalentes en gramos de ingrediente activo (I.A./kg o L) de: 11.5.	
PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	
Es un hongo micoparásito que produce conidios unicelulares de color verde.	
PELIGROSIDAD	
	Salud (Azul): Inflamabilidad (Rojo): Riesgo de Explosión (Amarillo):
DESTINO EN EL AMBIENTE	
Persistencia:	
Es un hongo antagonista de patógenos vegetales (hongos), cosmopolita, presente en todos los suelos. Coloniza las raíces de las plantas con las cuales establece una relación simbiótica.	
TOXICIDAD PARA LOS ORGANISMOS Y EL MEDIO AMBIENTE	
Tipo toxicológico: IV	
Su mecanismo de acción se basa en tres procesos: 1) la competencia con los patógenos vegetales por el espacio y los nutrientes, 2) la producción de metabolitos antifúngicos y enzimas hidrolíticas que llevan a la lisis celular y 3) la parasitosis directa. No afecta a las plantas, por el contrario produce sustancias que promueven su crecimiento.	

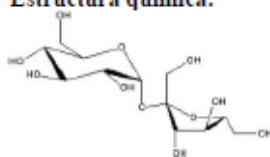


Hoja de seguridad Sacarosa MSDS



Sección 1. Identificación del producto

- **Nombre de la sustancia:** Sacarosa.
- **Número CAS:** 57-50-1
- **RTECS:** WN6500000.
- **Fórmula química:** C₁₂H₂₂O₁₁.
- **Estructura química:**



- **Masa molar:** 342,01g/mol.
- **Sinónimos:** Azúcar blanca. beta-D-Fructofuranosil-alfa-D-glucopiranosil, sucrosa.
- **Usos recomendados:** Preparación de alimentos.
- **Número de atención de emergencias:** TRANSMEDIC 2280-0999 / 2245-3757 (TM 203 503 Campus Omar Dengo, TM 203 504 Campus Benjamín Núñez) 911 Servicio de emergencia, 2261-2198 Bomberos de Heredia.

Sección 2. Identificación del peligro o peligros

Descripción de peligros:



Misceláneo

Información pertinente a los peligros para el hombre y el ambiente:
No presenta mayor peligro.

Sistemas de clasificación:
-NFPA(escala 0-4):



-HMIS(escala 0-4):	SALUD	1
	INFLAMABILIDAD	1
	REACTIVIDAD	0

Consejos de prudencia:

- Aleje de fuentes de ignición.

Sección 3. Composición/información sobre los constituyentes		
Composición		
Número CAS	Componentes peligrosos	% m/m
57-50-1	Sacarosa	99.0 %
Sección 4. Primeros auxilios		
<ul style="list-style-type: none"> - Contacto ocular: Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado. - Contacto dérmico: Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón. - Inhalación: Mantener la víctima en reposo. - Ingestión: Lavar la boca con agua. 		
Efectos por exposición		
<ul style="list-style-type: none"> - Contacto ocular: Enrojecimiento, aspereza. - Contacto dérmico: No representa mayor peligro. - Inhalación: Tos. - Ingestión: No representa mayor peligro. 		
Atención médica		
<ul style="list-style-type: none"> - Tratamiento: No disponible. - Efectos retardados: La sustancia puede afectar a los dientes, dando lugar a caries dental. El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. - Antídotos conocidos: No disponible. 		

Sección 5. Medidas de lucha contra incendios
<ul style="list-style-type: none"> - Agentes extintores: Polvo, espuma resistente al alcohol, pulverización con agua, dióxido de carbono. - Productos peligrosos por combustión: Monóxido de carbono, dióxido de carbono. - Equipo de protección para combatir fuego: Aparato de respiración autónomo con mascarilla facial completa y traje protector completo.

Sección 6. Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental

- **Precauciones personales, equipo protector y procedimiento de emergencia:** Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Trabajar en zona fresca y bien ventilada: puede ser necesaria ventilación artificial. Observar las medidas de protección adecuadas para el manejo de productos químicos. Usar equipo de protección personal. Ventilar el área.
- **Precauciones relativas al medio ambiente:** No representa mayor peligro para el ambiente.
- **Métodos y materiales para la contención y limpieza de vertidos:** Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente; si fuera necesario, humedecer el polvo para evitar su dispersión.

Sección 7. Manipulación y almacenamiento

- **Manipulación de recipientes:** Mantener seco. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, beber, ni comer en el sitio de trabajo. Lavarse las manos después de usar el producto. Usar las menores cantidades posibles. Evitar la creación de polvo. Lavarse las manos antes de las pausas y al finalizar el trabajo.
- **Condiciones de almacenamiento:** El producto debe almacenarse en ambiente seco y si es posible frío con una buena ventilación. Almacenar a una temperatura inferior a 23°C.

Sección 8. Controles de exposición/ protección personal

Parámetros de control (valores límite que requieren monitoreo)

TWA	10 mg/m ³
STEL	No disponible

- **Condiciones de ventilación:** Ventilación local y general.
- **Equipo de protección respiratoria:** Usar mascarilla en atmósfera de polvo.
- **Equipo de protección ocular:** Usar gafas de protección cerradas o pantalla de protección
- **Equipo de protección dérmica:** Guantes de material plástico

Sección 9. Propiedades físicas y químicas

Estado físico	Sólido
Color	Cristales blancos
Olor	Inodoro
Umbral olfativo	No aplica
pH	Cercano a 7
Punto de fusión	186°C
Punto de ebullición	Se descompone
Punto de inflamación	No disponible
Tasa de evaporación	No disponible
Límites de explosión	No disponible
Presión de vapor a 20°C	No disponible

Densidad relativa de vapor (aire=1)	No disponible
Densidad relativa (agua=1)	1,6
Solubilidad en agua a 15°C.	1970 g/l en agua
Solubilidad en otros disolventes	Parcialmente soluble en metanol, insoluble en dietil éter.
Coefficiente de reparto n-octanol/agua (Log pow)	-3,67
Temperatura de autoinflamación	No disponible
Temperatura de descomposición	192 °C
Peligro de explosión	No disponible
Viscosidad	No disponible

Sección 10. Estabilidad y reactividad

- Reactividad: Combustible.
- Estabilidad: Estable bajo condiciones normales.
- Incompatibilidad: Acido sulfúrico, ácido nítrico y oxidantes.
- Productos de polimerización: No disponible.
- Productos peligrosos de la descomposición: CO, CO₂.

Sección 11. Información toxicológica

- Toxicidad agua: Compuesto poco contaminante del agua.
 - Corrosión/irritación cutáneas: No
 - Lesiones oculares graves/irritación ocular: No
 - Sensibilización respiratoria o cutánea: Si.
 - Mutagenicidad en células germinales: Para bacterias y levaduras.
 - Carcinogenicidad: No.
 - Toxicidad para la reproducción: No.
 - Toxicidad sistémica específica de órganos diana: No disponible.
 - Peligro por aspiración: No
 - Posibles vías de exposición: Oral, dermal y respiratoria.
 - Efectos inmediatos: Enrojecimiento
 - Efectos retardados: No disponible.
 - Efectos crónicos por exposición única: No disponible.
 - Efectos crónicos por exposición repetida: La sustancia puede afectar a los dientes, dando lugar a caries dental. El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis.
- LD/LC50:

Oral (LD-50)	29700 mg/kg (rata)
Dermal (LD-50)	No disponible
Inhalativa (LC-50)	No disponible

Sección 12. Información ecotoxicológica

- **Toxicidad Acuática:** No deberían esperarse problemas ecológicos si se manipula el producto de manera apropiada.
- **Persistencia y degradabilidad:** Este compuesto es fácilmente transformado, usándose para la producción de otras sustancias requeridas para el funcionamiento corporal.
- **Potencial de bioacumulación:** No se acumula en el cuerpo, es fácilmente excretado o transformado.
- **Movilidad en el suelo:** No disponible.

Sección 13. Información relativa a la eliminación de los productos

Lo que no se pueda conservar para recuperación o reciclaje debe ser manejado en una instalación de eliminación de residuos adecuadas y aprobadas. El procesamiento, utilización o contaminación de este producto puede cambiar las opciones de gestión de residuos. Eliminar de acuerdo a la normativa vigente.

Sección 14. Información relativa al transporte

- **N° ONU:** No regulado
- **Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:** Etiqueta blanco y negro, con el número 9 de misceláneo.
- **Riesgos ambientales:** No deberían esperarse problemas ecológicos si se manipula el producto de manera apropiada.
- **Precauciones especiales:** No transporte con sustancias explosivas, sólidos que liberan gases inflamables en contacto con el agua, comburentes, peróxidos orgánicos, materiales radiactivos, ni alimentos.

Sección 15. Información sobre la reglamentación

Las sustancias químicas y sus mezclas están reguladas por el Reglamento sobre las características y el listado de los desechos peligrosos industriales (Decreto N°27000-MINAE), el Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales (Decreto N° 27001-MINAE), y el Reglamento de transporte terrestre de productos peligrosos (Decreto 27008-MINAE).

Sección 16. Otras informaciones

Frases R:
No disponible

Frases S:
S24/25- Evitar el contacto con la piel y los ojos.

La información relacionada con este producto puede no ser válida si éste es usado en combinación con otros materiales.

La información de esta Hoja de Seguridad está basada en los conocimientos actuales, en cuanto que las condiciones de trabajo de los usuarios están fuera de nuestro conocimiento y control. El producto no debe utilizarse para fines distintos a aquellos que se especifican, sin tener primero una instrucción por escrito, de su manejo. Es siempre responsabilidad del usuario tomar las medidas oportunas con el fin de cumplir con las exigencias establecidas en las legislaciones.

La información presentada en esta ficha de seguridad fue compilada por Rodrigo Muñoz Arrieta y revisada por José Ángel Rodríguez Corrales como parte del Proyecto de Gestión de Reactivos y Desechos Químicos en los Laboratorios de docencia de la Escuela de Química.

Fecha de preparación de la hoja de seguridad: 25 de julio de 2010.

Versión: 1.1

Modificaciones respecto a versión anterior: 16 de julio del 2013.

Versión: 1.2

Modificaciones respecto a versión anterior: 20 de abril del 2016.

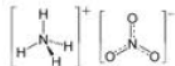


Hoja de seguridad Nitrato de amonio MSDS



Sección 1. Identificación del producto

- **Nombre de la sustancia:** Nitrato de amonio.
- **Número CAS:** 6484-52-2.
- **RTECS:** BR9050000.
- **Fórmula química:** NH_4NO_3 .
- **Estructura química:**



- **Masa molar:** 80,01 g/mol.
- **Sinónimos:** Sal amónica del ácido nítrico.
- **Usos recomendados:** fertilizante.
- **Número de atención de emergencias:** TRANSMEDIC 2280-0999 / 2245-3757 (TM 203 503 Campus Omar Dengo, TM 203 504 Campus Benjamín Núñez) 911 Servicio de emergencia, 2261-2198 Bomberos de Heredia.

Sección 2. Identificación del peligro o peligros

Descripción de peligros:



Sustancia oxidante

Información pertinente a los peligros para el hombre y el ambiente:

La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona con materiales combustibles y reductores.

Sistemas de clasificación:

-NFPA(escala 0-4):



-HMIS(escala 0-4):

SALUD	1
INFLAMABILIDAD	0
REACTIVIDAD	3

Consejos de prudencia:

- Utilice el equipo de protección indicado para resguardar sus vías respiratorias y la piel.
- Alejar de llamas y fuentes de ignición.

Sección 3. Composición/información sobre los constituyentes

Composición

Número CAS	Componentes peligrosos	% m/m
6484-52-2	Nitrato de amonio	99.5 %

Sección 4. Primeros auxilios

- **Información general:** en caso de pérdida del conocimiento, nunca dar a beber ni provocar el vómito.
- **Contacto ocular:** Lavar suavemente con agua corriente durante 15 minutos abriendo ocasionalmente los párpados. Solicitar atención médica de inmediato.
Contacto dérmico: Lavar con agua corriente durante 15 min. al mismo tiempo quitarse la ropa contaminada y calzado. Solicite atención médica
- **Inhalación:** Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. Evitar la reanimación boca a boca. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener la víctima abrigada y en reposo.
- **Ingestión:** De a beber inmediatamente leche o agua. El vomito puede ocurrir espontáneamente pero NO LO INDUZCA, buscar atención médica de inmediato.

Efectos por exposición

- **Contacto ocular:** Enrojecimiento, dolor.
- **Contacto dérmico:** Enrojecimiento.
- **Inhalación:** Tos, dolor de cabeza, dolor de garganta.
- **Ingestión:** Dolor abdominal, labios o uñas azulados, piel azulada, convulsiones.

Atención médica

- **Tratamiento:** No disponible.
- **Efectos retardados:** La sustancia puede causar efectos en la sangre, dando lugar a la formación de metahemoglobina.
- **Antídotos conocidos:** No disponible.

Sección 5. Medidas de lucha contra incendios

- **Agentes extintores:** Use abundante agua. Nunca usar polvos químicos secos, CO₂, Halon o espumas. Extinguir rápidamente el material combustible que está ardiendo y reducir la temperatura del material fertilizante lo más rápido posible. Llame a bomberos. Inunde el área de incendio con agua a distancia máxima y enfríe hasta mucho tiempo después de haber extinguido el fuego. Use ropa de protección total y respirador autónomo. No permita que el fertilizante líquido escurra hacia resumideros. En tal caso avise a las autoridades.
- **Productos peligrosos por combustión:** a más de 130°C se forman gases tóxicos y óxido nítrico. Se forma amonio en contacto con productos alcalinos.
- **Equipo de protección para combatir fuego:** Aparato de respiración autónomo con mascarilla facial completa y traje protector completo.

Sección 6. Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental

- **Precauciones personales, equipo protector y procedimiento de emergencia:** Evacuar o aislar el área de peligro, demarcar las zonas. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Ventilar el área. Eliminar toda fuente de ignición. No inhalar los vapores ni tocar el producto derramado. Usar agua en forma de rocío para reducir las nubes de polvo.
- **Precauciones relativas al medio ambiente:** No permitir que caiga en fuentes de agua y alcantarillas.
- **Métodos y materiales para la contención y limpieza de vertidos:** Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente no combustible, eliminar el residuo con agua abundante

Sección 7. Manipulación y almacenamiento

- **Manipulación de recipientes:** Usar siempre protección personal así sea corta la exposición o la actividad que realice con el producto. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, beber, ni comer en el sitio de trabajo. Lavarse las manos después de usar el producto. Quitarse la ropa y el equipo protector contaminados antes de entrar en los comedores. Usar las menores cantidades posibles. Conocer en donde está el equipo para la atención de emergencias. Lea las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto. Rotular los recipientes adecuadamente. Manipular alejado de fuentes de ignición y calor.
- **Condiciones de almacenamiento:** Medidas para contener el efluente de extinción de incendios. Separado de sustancias combustibles y reductoras. Mantener en lugar seco.

Sección 8. Controles de exposición/ protección personal

Parámetros de control (valores límite que requieren monitoreo)

TWA	10 mg/m ³
STEL	No disponible

- **Condiciones de ventilación:** Ventilación local y general.
- **Equipo de protección respiratoria:** Mascarillas con cartuchos para vapores ácidos y polvos, aprobados por OSHA en 29 CFR 1010.134, o bien utilizar Equipo de respiración autónomo.
- **Equipo de protección ocular:** Gafas de seguridad para químicos a prueba de polvo o salpicaduras con lente de policarbonato y visor contra salpicaduras, o protector facial de 20 cm como mínimo.
Equipo de protección dérmica: Utilizar Guantes de Neopreno, Botas de Hule, Pechera de Vinilo y Goggles.

Sección 9. Propiedades físicas y químicas

Estado físico	Sólido, granos perlados
Color	Blanco marfil
Olor	inodoro
Umbral olfativo	inodoro
pH	4,5 – 6,0
Punto de fusión	170°C
Punto de ebullición	No disponible
Punto de inflamación	No aplica
Tasa de evaporación	No disponible
Límites de explosión	No disponible
Presión de vapor a 20°C	No disponible
Densidad relativa de vapor (aire=1)	No disponible
Densidad relativa (agua=1)	1,7
Solubilidad en agua	miscible
Solubilidad en otros disolventes	Soluble en alcohol, glicerina y éter. Insoluble en sulfuro de carbono.
Coefficiente de reparto n-octanol/agua (Log pow)	No aplica
Temperatura de autoinflamación	No aplica
Temperatura de descomposición	210°C
Peligro de explosión	No aplica
Viscosidad	No aplica

Sección 10. Estabilidad y reactividad

- **Reactividad:** oxidante
- **Estabilidad:** La sustancia se descompone al calentarla intensamente o al arder, produciendo humos tóxicos de óxidos de nitrógeno.
- **Incompatibilidad:** La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona con materiales combustibles y reductores.
- **Productos de polimerización:** No aplica.
- **Productos peligrosos de la descomposición:** óxidos de nitrógeno y amoníaco.

Sección 11. Información toxicológica

- **Toxicidad agua:** compuesto poco contaminante del agua
- **Corrosión/irritación cutáneas:** Sí.
- **Lesiones oculares graves/irritación ocular:** Sí.
- **Sensibilización respiratoria o cutánea:** Sí.
- **Mutagenicidad en células germinales:** No.
- **Carcinogenicidad:** No.

- **Toxicidad para la reproducción:** No.
- **Toxicidad sistémica específica de órganos diana:** No disponible.
- **Peligro por aspiración:** Sí.
- **Posibles vías de exposición:** dermal y respiratoria.
- **Efectos inmediatos:** irritación y corrosión de órganos.
- **Efectos retardados:** no disponible.
- **Efectos crónicos:** efectos en la sangre, dando lugar a la formación de metahemoglobina.
- **LD/LC50:**

Oral (LD-50)	2217 mg/kg (animales)
Dermal (LD-50)	No disponible
Inhalativa (LC-50)	No disponible

Sección 12. Información ecotoxicológica

- **Toxicidad Acuática:** No aplica
- **Persistencia y degradabilidad:** Los productos de degradación son muy tóxicos.
- **Potencial de bioacumulación:** No se acumula en el cuerpo, es fácilmente excretado o transformado.
- **Movilidad en el suelo:** No disponible
- **Otros efectos adversos:** No presenta evidencias de carcinogenicidad, mutagenicidad y teratogenicidad según experimentos con animales.

Sección 13. Información relativa a la eliminación de los productos

Recupere y coloque el material en contenedores adecuados para su uso o desecho. Asegúrese que la disposición como desecho se encuentra en cumplimiento con los requerimientos gubernamentales y las regulaciones locales.

Sección 14. Información relativa al transporte

- **Nº ONU:** 1942
- **Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:** Material Oxidante (5.1).
- **Riesgos ambientales:** el producto es corrosivo por lo que podría generar irritación y quemaduras a los organismos con los que entre en contacto.
- **Precauciones especiales:** No transporte con sustancias explosivas, comburentes, peróxidos orgánicos, materiales radiactivos, ni alimentos.

Sección 15. Información sobre la reglamentación

Regulado por el Reglamento sobre las características y el listado de los desechos peligrosos industriales (Decreto N°27000-MINAE), el Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales (Decreto N° 27001-MINAE), y el Reglamento de transporte terrestre de productos peligrosos (Decreto 27008-MINAE).

Sección 16. Otras informaciones

Frases R:

R 8: Peligro de fuego en contacto con materias combustibles.

Frases S:

S 17: Manténgase lejos de materias combustibles.

La información relacionada con este producto puede no ser válida si éste es usado en combinación con otros materiales.

La información de esta Hoja de Seguridad está basada en los conocimientos actuales, en cuanto que las condiciones de trabajo de los usuarios están fuera de nuestro conocimiento y control. El producto no debe utilizarse para fines distintos a aquellos que se especifican, sin tener primero una instrucción por escrito, de su manejo. Es siempre responsabilidad del usuario tomar las medidas oportunas con el fin de cumplir con las exigencias establecidas en las legislaciones.

La información presentada en esta ficha de seguridad fue compilada por Rodrigo Muñoz Arrieta y revisada por José Ángel Rodríguez Corrales como parte del Proyecto de Gestión de Reactivos y Desechos Químicos en los Laboratorios de docencia de la Escuela de Química.

Fecha de preparación de la hoja de seguridad: 24 de julio de 2011.

Versión: 1.1

Modificaciones respecto a versión anterior: 17 de enero de 2012.

Versión: 1.2

Modificaciones respecto a versión anterior: 20 de abril del 2016.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIALES CLORURO DE CALCIO

SECCIÓN I - INFORMACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑÍA

Nombre Comercial: **CLORURO DE CALCIO.**

Nombre Químico: Cloruro de Calcio di-hidratado. $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

N° CAS: 10035-04-8 / 10043-52-4 (anhidro)

N° EC: 233-140-8

Recomendaciones de Uso: Agricultura: Fertilizante. Industria: Descongelante de caminos, supresor de polvo, acelerador de fraguado de cementos. Otras.

<Nombre de la empresa>

Fabricante: <Dirección><Pcia><CP>

<Teléfono>

Teléfono para emergencias (24 horas): <Teléfono>

SECCIÓN II –IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO

CLASIFICACIÓN (según la Directiva 1272/2008/EC) No es una sustancia o mezcla riesgosa.

Pictograma:



Los fertilizantes son productos inocuos cuando se manejan correctamente. Sin embargo, contemplando buenas prácticas de higiene industrial, la exposición a cualquier químico debe mantenerse al mínimo.

Contacto con la piel: puede causar irritación. Contacto con la vista: Irrita los ojos. Ingestión: Nocivo por ingestión. Grandes cantidades pueden dar lugar a desórdenes gastrointestinales. Inhalación: Altas concentraciones de polvo del material aerotransportado pueden causar irritación de nariz y zona respiratoria superior con síntomas tales como dolor de garganta y tos. A largo plazo no posee ningún efecto nocivo. No se reportan efectos carcinogénicos.

Palabra de advertencia:	PRECAUCION.
Indicaciones de peligro:	No aplica
Consejos de prudencia:	Mantener fuera del alcance de los niños
Prevención	El contacto de este producto puede producir irritación en los ojos, las mucosas y la piel. Utilice equipo protector. Lávese las manos luego de manipular
Intervención	Recolecte el producto y disponga del mismo en destinos apropiados para su uso como fertilizante. En caso de fuego use el medio más adecuado para extinguirlo. En caso de accidente en los ojos, enjuague con abundante agua por varios minutos.
Almacenamiento	Almacénesse en un lugar seco. Sepárelo de materiales combustibles.
Eliminación	Disponga del contenido y envase de acuerdo a las regulaciones locales, regionales, nacionales e internacionales.
CLASIFICACIÓN (Según la Directiva 1999/45/CE – o Directiva 67/548/CEE) No es una sustancia riesgosa	

CLORURO DE POTASIO

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

PÁGINA 2 DE 5

SECCIÓN III - COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

No es una sustancia riesgosa de acuerdo con el Reglamento (CE) No. 1272/2008 y OSHA 29 CFR 1910.1200.

Nombre	No. CAS	% PESO
Cloruro de Calcio (Cl ₂ Ca.2H ₂ O)	10124-37-5	75 - 95 %
Otras sales inorgánicas como impurezas		5 - 25 %

SECCIÓN IV - MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Medidas generales:	Los fertilizantes son productos inocuos cuando se manejan correctamente. Sin embargo los siguientes puntos deben observarse
Contacto con los ojos:	El contacto puede causar una severa irritación. En caso de contacto inmediatamente lavar con abundante agua por lo menos 15 minutos, abriendo y cerrando los párpados ocasionalmente. Consiga atención médica si el dolor y la irritación persisten.
Contacto con la piel:	Puede causar irritación y absorberse por la piel. Remover y lavar ropa contaminada y lavar el área afectada con agua, obténgase ayuda médica si persiste la irritación
Inhalación:	La inhalación de polvo puede causar irritación de mucosas y tracto respiratorio superior. Los síntomas incluyen tos y dificultad para respirar. La inhalación de gases de descomposición puede causar irritación y efectos corrosivos sobre el sistema respiratorio. Algunos efectos en los pulmones pueden presentarse con retraso. Remueva al afectado de la fuente de exposición de humos o polvos hacia el aire fresco. Obtenga atención médica si la incomodidad persiste. Si no respira, dar respiración artificial. Si se le dificulta respirar, dar oxígeno.
Ingestión:	Puede causar dolor abdominal. Nauseas vómitos y diarrea. Como otros nitratos también puede causar anemia, enfermedades del riñón y anormalidades en la sangre. Obtenga atención médica. En caso de ingestión contáctese con el centro de intoxicaciones para obtener instrucciones. Lávese la boca con abundante agua y dele agua o lecha para beber. No inducir el vomito.
Síntomas:	

SECCIÓN V - MEDIDAS PARA COMBATIR EL FUEGO

Medios de extinción apropiados:	Úsese los mejores medios disponibles para extinguir el fuego circundante: Agua, químicos secos, dióxido de carbono o espuma. Úsese abundante agua para enfriar los envases
Peligros específicos:	Productos de la descomposición por fuego. Cuando esta bajo temperaturas muy altas puede liberar gas cloro. Evítese la inhalación del producto de la combustión.
Equipamiento especial de protección para bomberos:	Los bomberos deben usar equipo protector apropiado, con máscara de cara llena y aparato respiratorio autónomo.
Medidas especiales de lucha contra incendios:	Ninguna.

SECCIÓN VI - MEDIDAS PARA CASO DE DERRAME ACCIDENTAL

Precauciones personales:	No realizar ninguna acción que implique riesgo personal o sin el adecuado entrenamiento.
Precauciones del medio ambiente:	No es tóxico para el ambiente ni para los organismos acuáticos según definido por USEPA. No se requieren precauciones medioambientales especiales.

CLORURO DE POTASIO**HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD****PÁGINA 3 DE 5**

Contención y limpieza:	En cantidades no significativas, bárrase y úsese como fertilizante si no estuviera contaminado. Los grandes derrames deben limpiarse, barrerse evitándose generar polvo.
-------------------------------	--

SECCIÓN VII – MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Manipulación:	Evítese generar polvo por movimientos innecesarios o excesivos. Ventilense los locales para reducir las concentraciones de polvo por debajo de los niveles recomendados.
Condiciones de almacenamiento:	Almacénese en lugares secos y ventilados. Asegúrese un alto estándar de cuidado en el área de almacenamiento.

SECCIÓN VIII – CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

Parámetros de control:	No hay límites oficialmente especificados de exposición ocupacional. Valores recomendados para partículas inhalables: TLV-TWA (ACGIH): 10 mg/m ³ . OSHA PEL 15 mg/m ³ como fracción de polvo inhalable.
Medidas de protección:	Evítese alta concentración de polvo y provéase ventilación donde fuera necesario No comer, no tomar y no fumar durante el trabajo
Protección respiratoria:	Úsese elementos protectores de la respiración si la concentración de polvo es alta.
Protección dérmica:	Úsese guantes adecuados para el manejo del producto por largos periodos. Ropa de mangas largas. Luego del manejo del producto lávense las manos y obsérvense prácticas higiénicas.
Protección ocular:	Úsese anteojos de seguridad ajustados en áreas con alta concentración de polvo. Cubrirse la cara contra posibles salpicaduras. Mantener una ducha de emergencia visible y de fácil acceso al área de trabajo.

SECCIÓN IX – PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Olor: Sin olor	Forma y apariencia: Polvo o cristales de color blanco
Umbral de olor: No disponible	pH: ~ 8.0-10.0 (100 g/l)
Punto de fusión: 772 °C	Punto de ebullición: > 1600 °C.
Temp. De autoignición: No aplicable	Punto de inflamación: No aplicable
Presión de vapor (20°C): 0.1 Pa	Tasa de evaporación: No aplicable
Densidad vapor (aire=1): No aplicable	Intervalo de explosividad: No aplicable
Densidad (25°C): 2.15 g/cm ³	Solubilidad (en agua, 20°C): 740 g/L
Coef. De reparto (pk_{o/w}): No aplicable	Viscosidad (cp): No aplicable

SECCIÓN X – ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad:	El producto es estable bajo condiciones normales de almacenamiento, manipuleo y uso.
Riesgo de polimerización:	El material no desarrollará polimerización.
Condiciones a evitar:	Contacto con materiales incompatibles. Alta humedad ambiental.
Productos peligrosos de descomposición:	La descomposición térmica del material puede producir vapores de cloro.

CLORURO DE POTASIO

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

PÁGINA 4 DE 5

Materiales incompatibles:	Ácido sulfúrico, ya que libera gases de ácido clorhídrico, que es corrosivo, irritante, y reactivo. Materiales reactivos al agua como el sodio que causan reacciones exotérmicas. Eter metil vinilo causan reacciones de polimerización. Contacto con zinc que libera gas hidrógeno.
----------------------------------	--

SECCIÓN XI – INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Vías de exposición:	Inhalación. Ingestión.
Carcinogenicidad, mutagenicidad y otros efectos:	El producto no es carcinógeno, mutagénico ni teratogénico según ACGIH, EPA, IARC, OSHA.
Datos en animales:	LD50 (oral, rata, OECD 425): 3750 mg/kg, (conejo): > 2.000 mg/kg LD50 (dérmica, ratas, OCDE 402): > 5.000 mg/kg IRRITACIÓN CUTÁNEA (conejo, OCDE 404): no hay irritación cutánea IRRITACIÓN OCULAR (conejo, OECD 405): Irritante ocular moderado SENSIBILIDAD DÉRMICA (ratón, OECD 429): no hay sensibilidad dérmica SENSIBILIDAD RESPIRATORIA (conejillo de Indias, OCDE 406): no sensibilizante.

SECCIÓN XII – INFORMACIÓN ECOTOXICOLÓGICA

Ecotoxicidad:	El producto no es tóxico para organismos acuáticos.
Persistencia y degradabilidad:	No aplicable.
Bioacumulación:	El producto no muestra efectos persistentes o acumulativos. Es improbable la bio-acumulación.
Movilidad:	El cloruro de calcio es muy soluble en agua, sus iones persisten disociados; los iones Ca ⁺⁺ , son fijados por adsorción al suelo, y los iones Cl ⁻ son lixiviados rápidamente.
Aox, contenido de metales:	El producto no contiene halógenos orgánicos ni metales.

SECCIÓN XIII – CONSIDERACIONES PARA DESECHO

El producto sin contaminar puede usarse como fertilizante. Dependiendo del grado y naturaleza de contaminación, debe disponerse por medio de una autoridad competente desechándose de acuerdo a las regulaciones estatales, provinciales o municipales en rellenos sanitarios.

SECCIÓN XIV – INFORMACIÓN PARA EL TRANSPORTE

TRANSPORTE TERRESTRE: No clasificado como material peligroso de acuerdo con el transporte internacional ADR (carretera), RID (ferroviario)

Nombre Apropriado para Embarque:

No UN/ID: No Clasificado

Clase de Peligro:

Grupo de Empaque:

Cantidad Exenta: No clasificado como material peligroso de acuerdo con el transporte internacional ADR (carretera), RID (ferroviario), Y (vías navegables) y IMDG (marítimo)

TRANSPORTE AÉREO (ICAO/IATA):

Nombre Apropriado para Embarque:

No UN/ID: No Clasificado

CLORURO DE POTASIO

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

PÁGINA 5 DE 5

Clase de Peligro:

Grupo de Empaque:

Avión de Pasajero y Carga:

Avión de Carga Solamente:

CRE:

TRANSPORTE MARÍTIMO (IMDG/IMO): No clasificado como material peligroso

Nombre Apropriado para Embarque:

No UN/ID: No Clasificado

Clase de Peligro:

Grupo de Empaque:

Contaminante Marino:

No es considerado contaminante marino

Código EMS:

Estiba y Segregación:

SECCIÓN XV – REGULACIÓN DE USO

Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla:

Sin peligro para la capa de ozono (1005/2009/CE).

Contenidos orgánicos volátiles de los compuestos (COV) (1999/13/EC): < 0.1%

Hoja de Datos de Seguridad conforme a la Norma IRAM 41400: 2012.

Resolución 295/2003 Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social, República Argentina.

Ley Nacional N° 24.051 y sus reglamentaciones, República Argentina.

Resolución 195/97 Secretaría de Obras Públicas y Transporte, República Argentina.

Reglamento (CE) 1272/2008 sobre Clasificación, etiquetado y envasado de las sustancias químicas y sus mezclas.

Reglamento (CE) 1907/2006 relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH).

Dir. 91/689/CEE de residuos peligrosos y Dir. 91/156/CEE de gestión de residuos.

Acuerdo europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías peligrosas por carretera (ADR 2013).

Reglamento relativo al Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril (RID 2013).

Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (IMDG 34 ed.).

Regulaciones de la Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA 52 ed.) relativas al transporte de mercancías peligrosas por vía aérea.

Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos, quinta edición revisada, 2013 (SGA 2013).

SECCIÓN XVI – OTRA INFORMACIÓN

Esta información solamente se refiere al producto antes mencionado y no ha de ser válida para otro(s) producto(s) ni para cualquier proceso. Esta hoja de datos de seguridad proporciona información de salud y seguridad. La información es, según nuestro mejor conocimiento, correcta y completa. Se facilita de buena fe, pero sin garantía. El producto debe ser usado en aplicaciones consistentes con nuestra bibliografía del producto. Los individuos que manejen este producto, deben ser informados de las precauciones de seguridad recomendadas y deben tener acceso a esta información. Para cualquier otro uso, se debe evaluar la exposición de forma tal que se puedan implementar prácticas apropiadas de manipulación y programas de entrenamiento para asegurar operaciones seguras en el lugar de trabajo.

Continúa siendo responsabilidad propia del usuario el que esta información sea la apropiada y completa para la utilización especial de este producto.

A. 2. Temperatura de Quevedo

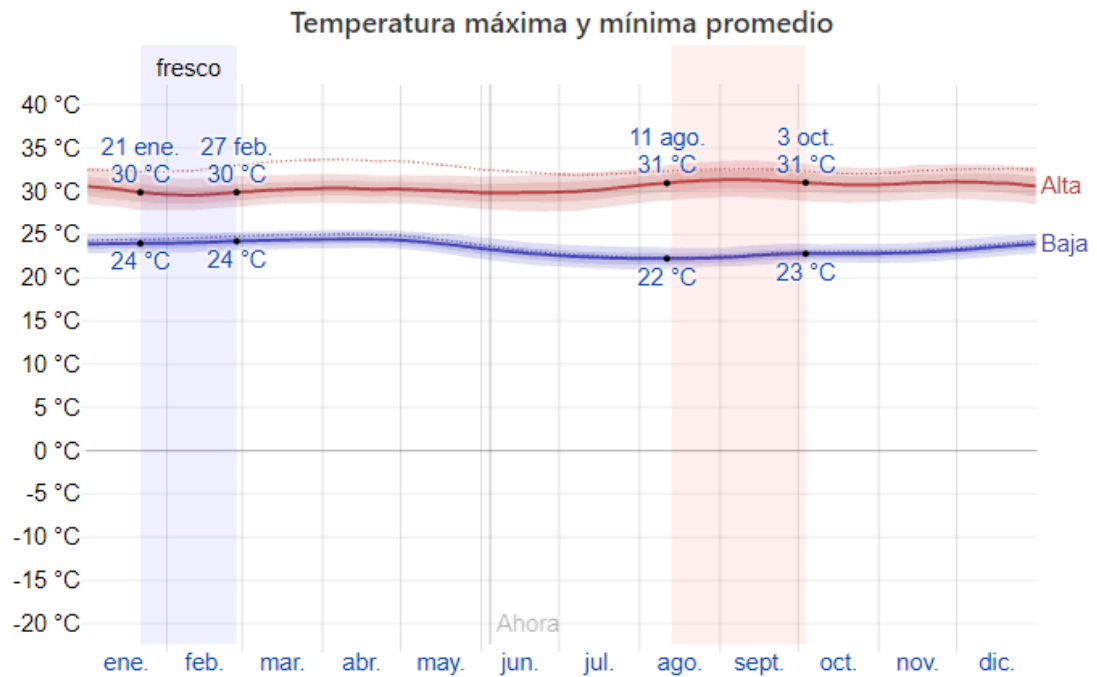


Figura 5. Temperatura anual de Quevedo [29].

A. 3. Proveedores y costos de materias primas.

Tabla 17. Proveedores y costos de materias primas en Ecuador.

<i>Materias primas</i>	<i>Costo del mercado (USD \$)</i>	<i>Cantidad de adquisición</i>	<i>Proveedor</i>
<i>Trichoderma spp.</i>	15	500 g	Agroorganic
<i>Alginato de sodio</i>	17.5	1000 g	Ing. Cornejo
<i>Cloruro de calcio</i>	30	1000 g	Novachem
<i>Agua</i>	3.5	3785 g	Novachem
<i>Nitrato de amonio</i>	152.31	2500 g	Novachem
<i>Sacarosa</i>	55	1000 g	Novachem
<i>V8</i>	1.8	350 ml	Supermaxi
<i>Envase</i>	0.80	1 unidad	Megamaxi

A. 4. Marcas y costos de equipos.**Tabla 18.** Marcas y costos de equipos.

	Costos (USD \$)	Marcas
Biorreactor	11,399.00	NDL CRAFT
Agitador	930.00	UCAN
Centrifugadora	35,000.00	HUADING
Tanque de mezcla (suspensión)	3,500.00	HUIHENG
Boquilla	25,000.00	YIXIN
Tanque de gelificación	2,500.00	BIOLAND
Compresor	1,132.00	AIRHORSE
Filtro de aire	2,000.00	INGERSOLL RAND (IR)
Filtro de prensa 1	1,000.00	DAZHANG
Filtro de arena	4,600.00	OCPURITECH
Filtro de prensa 2	1,500.00	SHUANGFA
Tanque de lavad y resuspensión	30,000.00	HUIHENG

Anexo B. Metodología

B. 1. Balance de masa.

- 1.1. Establecer una base de cálculo
 - Caudal o cantidad que esté en el anunciado.
 - Caudal o cantidad arbitraria que ayude con los cálculos.
- 1.2. Graficar los diagramas de flujo y anotar todas las variables conocidas y símbolos para las incógnitas.
- 1.3. Selección del método: Balance moléculas o Atómico / Grado de avance de la reacción.
- 1.4. Especificaciones del # de incógnitas, # Reacciones químicas independientes, Datos de proceso, Identificación de caudales y composiciones respectivas.
- 1.5. Conversión de unidades
- 1.6. % de pérdidas por equipo
- 1.7. Análisis de grados de libertad según el tipo de balance.
- 1.8. Cálculo de grados de libertad.
- 1.9. Escribir las ecuaciones linealmente dependientes e independientes.
- 1.10. Para sistemas sin reacción química, la masa de entrada es igual a la masa de salida + el % en masa que se queda en el equipo.

$$\dot{m}_a = \% \dot{m}_a + \dot{m}_b \quad (1.1)$$

En donde:

\dot{m}_a : masa de entrada (kg)

$\% \dot{m}_a$: % en masa que se queda en el equipo (–)

\dot{m}_b es la masa de salida (kg)

- 1.11. Resolución de las incógnitas.

B. 2. Balance de energía.

1.12. Se define si se trabaja con un sistema abierto o cerrado. Debido a que hay transferencia de masa a través de las fronteras; y, se trata de un proceso continuo, el proceso es un sistema abierto.

1.13. Para un sistema abierto, el balance de energía corresponde a la ecuación:

$$\Delta\dot{H} + \Delta\dot{E}_k + \Delta\dot{E}_p = \dot{Q} - \dot{W}_s \quad (2.1)$$

En donde:

$\Delta\dot{H}$: *Entalpía*

$\Delta\dot{E}_k$: *Energía cinética*

$\Delta\dot{E}_p$: *Energía potencial*

\dot{Q} : *Calor*

\dot{W}_s : *Trabajo en el eje (shaft)*

1.14. Cuando el sistema es estático y no cuenta con un cambio de altura, los términos de la energía potencial y cinética son igual a cero. Por lo tanto, la ecuación tomaría la siguiente forma:

$$\Delta\dot{H} = \dot{Q} - \dot{W}_s \quad (2.2)$$

B. 3. Dimensionamiento de equipos y máquinas.

3.1. Biorreactor.

3.1.1. Selección del tipo de biorreactor

3.1.2. Análisis de la curva de crecimiento del microorganismo.

3.1.3. Determinación del tiempo de residencia.

3.1.4. Determinación de la concentración del microorganismo con referencia al medio de cultivo.

3.1.5. Cálculo del volumen de fermentación.

$$V_f = \frac{m_m}{[\text{microorganismo}]} \quad (3.1)$$

En donde:

V_f : Volumen de fermentación (l)

m_m : masa de microorganismo (kg)

$[\text{microorganismo}]$: concentración de microorganismo (kg/l)

3.1.6. Cálculo del volumen del biorreactor

$$V_B = V_f \times f_a \quad (3.2)$$

En donde:

V_B : Volumen de biorreactor (l)

V_f : Volumen de fermentación (l)

f_a : Factor de seguridad (-)

3.1.7. Cálculo del diámetro y la altura

- Se determina la relación de altura con diámetro.
- Se calcula el diámetro y la altura mediante el volumen del biorreactor

$$h = \sqrt[3]{\frac{4 \times V_B}{\pi \times R^2}} \quad (3.3)$$

En donde:

h : Altura del biorreactor (m)

V_B : Volumen de biorreactor (m³)

R : Relación del diámetro con altura (-)

D : Diámetro del biorreactor (m)

$$D = R \times h \quad (3.4)$$

3.1.8. Cálculo de la potencia del agitador.

- Cálculo del número de Reynolds

$$Re = \frac{\rho \times D^2 \times N}{\mu} \quad (3.5)$$

En donde:

Re : Número de Reynolds

ρ : Densidad (kg/m^3)

D : Diametro del impulsor (m)

N : Velocidad de agitación (rps)

μ : Viscosidad dinámica ($Pa \cdot s$)

- Determinación del número de potencia en el siguiente gráfico.

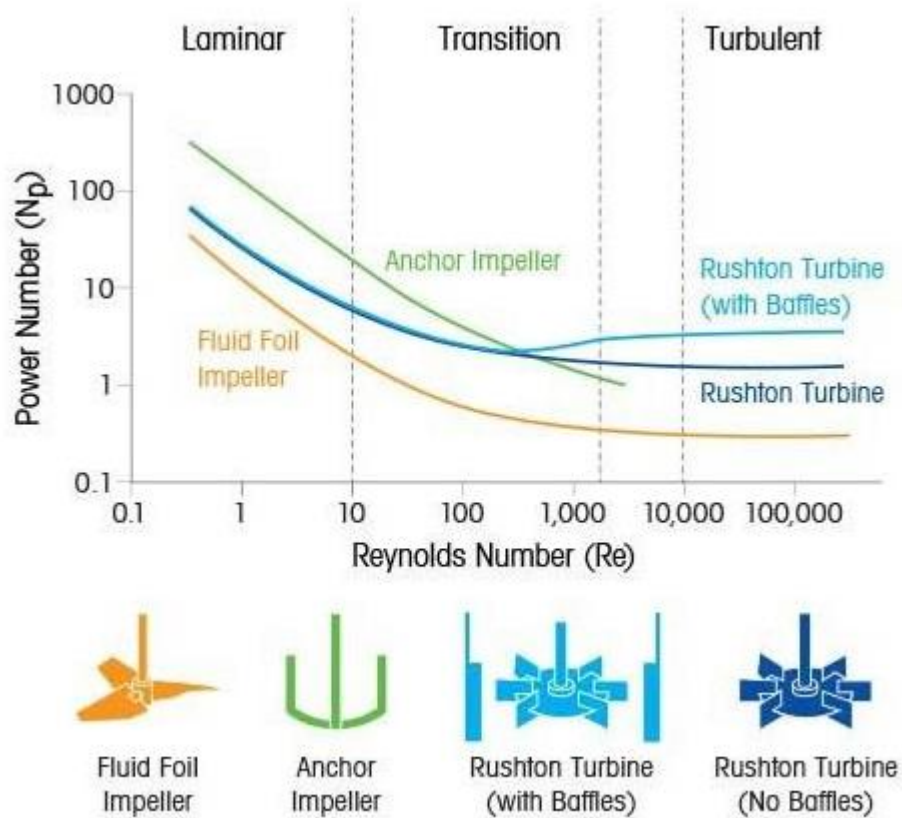


Figura 6. Diagrama del número de potencia [51].

- Cálculo de la potencia necesaria que se suministra al biorreactor.

$$P = N_p \times \rho \times N^3 \times D^5 \quad (3.6)$$

En donde:

P : Potencia (W)

ρ : Densidad (kg/m^3)

D : Diametro del impulsor (m)

N : Velocidad de agitación (rps)

N_p : Número de potencia (-)

3.2. Centrifugadora

3.2.1. Selección del tipo de centrifugadora.

3.2.2. Determinación del caudal o volumen mediante el balance de masa.

3.2.3. Cálculo de la potencia para la aceleración de la alimentación en la centrifugadora (CD).

$$P = 5.984 \times 10^{10} \times sg \times Q \times (N \times r)^2 \quad (3.7)$$

En donde:

P : Potencia (hp)

sg : Gravedad especifica (-)

Q : Caudal (galones/min)

N : Velocidad de agitación (rpmin)

r : Radio para el sedimentador centrífugo (m)

3.3. Tanques de mezcla

3.3.1. Determinación del caudal o volumen mediante el balance de masa.

3.3.2. Cálculo del volumen del equipo mediante la ecuación 3.2.

3.3.3. Cálculo del diámetro y altura del equipo mediante las ecuaciones 3.3 y 3.2.

3.3.4. Cálculo de la potencia del agitador siguiendo el paso 3.1.8.

3.3.5. Cálculo del espesor y de la masa del tanque.

$$tw = \frac{P_i \times D_i}{2 \times S \times E - 1.2P_i} \quad (3.8)$$

En donde:

t_w : Espesor de la pared (mm)

S : Esfuerzo máximo permisible (–)

E : Efectividad de la soldadura (–)

P_i : Presión interna del tanque (atm)

D_i : Diámetro interno del tanque (mm)

$$M = \pi \times D \times h \times t_w \times \rho_a \quad (3.9)$$

En donde:

M : Masa del tanque (kg)

D : Diámetro del tanque (m)

h : Altura del tanque (m)

t_w : Espesor de la pared (m)

ρ_a : Densidad de alimentación (kg/m^3)

3.4. Atomizador

3.4.1. Definir el tamaño de micropartícula.

3.4.2. A partir del tamaño de micropartícula se calcula la velocidad del aire, viscosidad absoluta, tensión superficial, presión de aire y relación de masa de alimentación y aire.

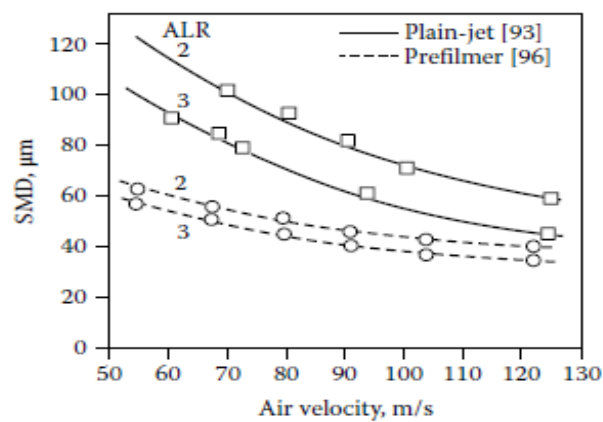


Figura 7. Diagrama de la velocidad del aire [52].

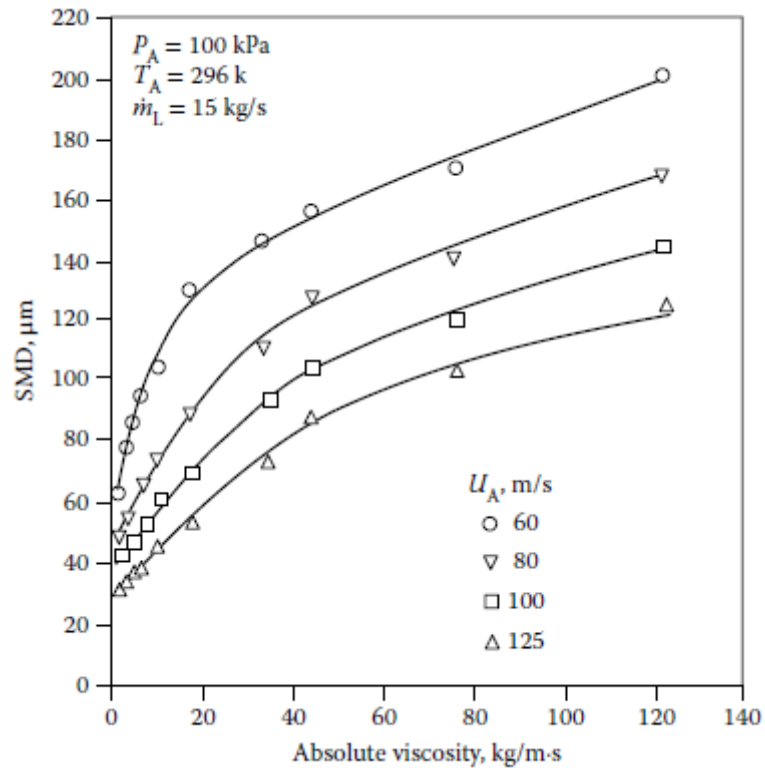


Figura 8. Diagrama de la viscosidad absoluta [52].

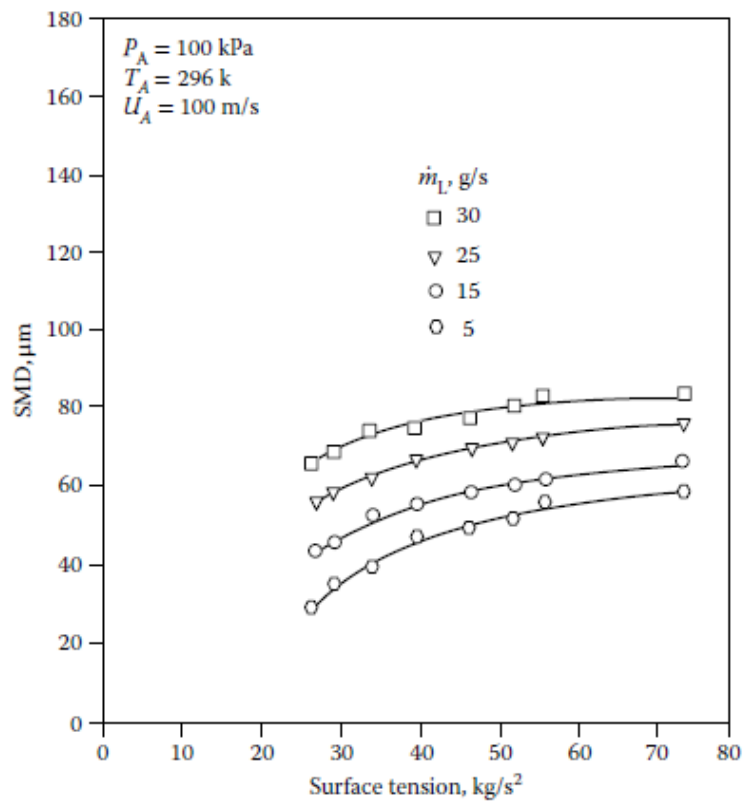


Figura 9. Diagrama de la tensión superficial [52].

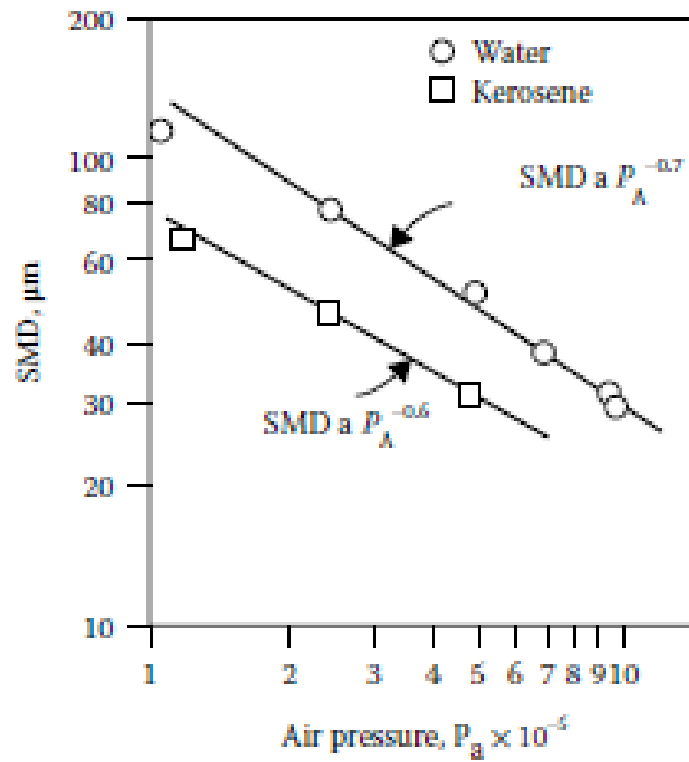


Figura 10. Diagrama de la presión del aire [52].

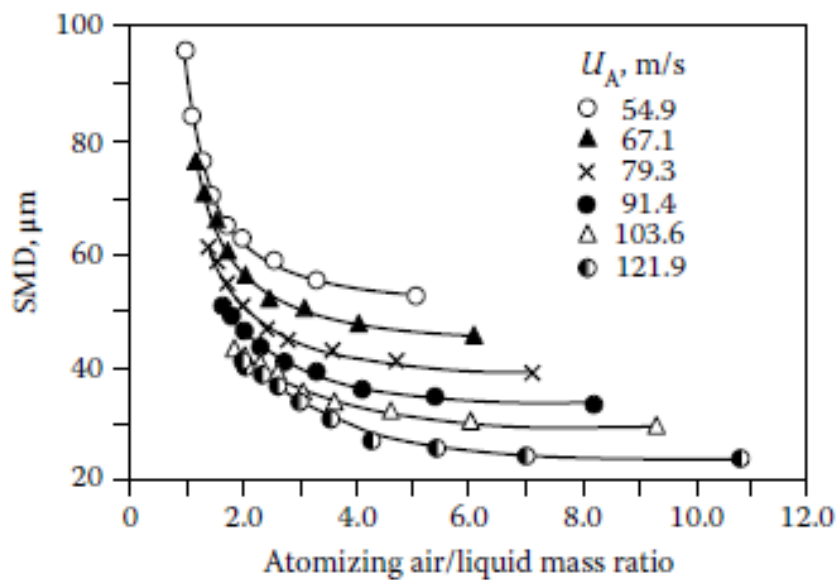


Figura 11. Diagrama de la relación en masa del aire con el líquido [52].

3.4.3. Se calcula el diámetro de la boquilla a partir del diámetro medio, usando la función “buscar objetivo” de Excel (Perry).

$$D_{32} = 0.3 \times D_p \quad (3.10)$$

En donde:

D_{32} : Diámetro medio (mm)

D_p : Diámetro de micropartícula (mm)

$$D_{32} = 0.29 \times \left(\frac{\sigma}{\rho_g}\right)^{0.6} \times \left(\frac{1}{V}\right)^{1.2} \times \left(1 + \frac{L}{G}\right)^{0.4} \times D_{nozzle}^{0.4} \quad (3.11)$$

En donde:

σ : superficie de tensión (N/m)

ρ_g : densidad del gas (kg/m³)

V : velocidad del aire (m/s)

$\frac{L}{G}$: Relación de masa del líquido sobre el gas (-)

D_{nozzle} : Diámetro de la boquilla (m)

3.4.4. Se calcula la distancia entre la boquilla y el tanque de gelificación (libro de Lefebvre).

$$L = 60 * D_{nozzle} \quad (3.12)$$

En donde:

L : Distancia de la boquilla al tanque (mm)

3.4.5. Se calcula el ángulo de aspersión (2θ) con Pitágoras.

$$\tan^{-1} \frac{r_{acción}}{L} = \theta \quad (3.13)$$

En donde:

$r_{acción}$: Radio de acción de la aspersión (cm)

θ : Ángulo (°)

3.5. Compresor

3.5.1. Determinación de la presión del aire a partir del cálculo del atomizador.

3.5.2. Según tablas de catálogo (GC) se determina el caudal del aire.

3.5.3. Se calculó la potencia a partir de una regla de oro (GS).

$$P = \frac{CFM}{3} \quad (3.14)$$

En donde:

P: Potencia del compresor (hp)

CFM: Caudal de biorreactor (pies³/min)

3.6. Filtros

3.6.1. Se selecciona el tipo de filtro para el proceso en general y dos filtros auxiliares para la entrada de aire y de agua. Se requiere los filtros de arena para purificación del agua potable de baja calidad.

3.6.2. Se determina el caudal del filtro mediante el balance de masa.

3.6.3. Se determina la potencia del filtro de prensa mediante la siguiente ecuación. Antes, se debe obtener la altura manométrica mediante catálogos que den la potencia y el caudal.

$$P = \frac{\rho_l \times 9.8 \times Q \times H_m}{1000 \times \eta} \quad (3.15)$$

En donde:

P: Potencia (kW)

Q: superficie de tensión (l/s)

ρ_l : densidad del líquido (kg/l)

H_m : altura manométrica (m. c. a)

η : Rendimiento (%)

B. 4. Costos

4.1. Costo de inversión de capital fijo

4.1.1. Se determinan los equipos necesarios para todo el proceso y equipos auxiliares al mismo como filtro de arena para purificar agua.

4.1.2. Se calcula el costo de los equipos por medio del factor de Lang, factor de Hand y el método factorial detallado.

4.1.2.1. Factor de Lang

4.1.2.1.1. Se utiliza la siguiente formula:

$$C = F \sum C_e \quad (4.1)$$

4.1.2.1.2. Determinar el factor de Lang según el procesamiento.

F= 3.10 Procesamiento sólido.

F= 4.74 Procesamiento fluidos.

F=3.36 Procesamiento mixto.

4.1.2.1.3. Obtener el costo de cada equipo mediante la siguiente formula:

$$C_e = a + bS^n \quad (4.2)$$

4.1.2.1.4. Sumar el costo de cada equipo y multiplicar con el factor de Lang.

4.1.2.2. Factor de Hand

4.1.2.2.1. Determinar la capacidad de cada equipo.

4.1.2.2.2. Obtener el costo de cada equipo con la ecuación 4.2.

4.1.2.2.3. Tomar en cuenta el factor del material.

4.1.2.2.4. Tomar en cuenta el factor de instalación de Hand dependiendo del tipo el equipo.

4.1.2.2.5. Para obtener el costo total de cada equipo multiplicar el costo por el factor del material y el factor de Hand.

4.1.2.2.6. Sumar el costo de cada equipo para obtener el costo total de la planta.

4.1.2.3. Método factorial detallado

4.1.2.3.1. Determinar la capacidad de cada equipo.

4.1.2.3.2. Obtener el costo de cada equipo con la ecuación 4.2.

4.1.2.3.3. Tomar en cuenta el factor del material.

4.1.2.3.4. Determinar el tipo de procesamiento si es líquido, sólido o mixto.

4.1.2.3.5. Determinar los valores de los factores de: tuberías, montaje de equipo, eléctrico, civil, instrumento de control, estructural, aislamiento.

4.1.2.3.6. Para obtener el costo total de cada equipo multiplicar el costo por el factor del material y los factores de instalación de cada equipo.

$$C = \sum C_e [(1 + f_p)f_m + (f_{er} + f_{el} + f_i + f_s + f_l)] \quad (4.3)$$

4.1.2.4. Si la capacidad de los equipos no entra en el rango necesario, como es el caso de este proyecto, se cotizan los equipos.

4.1.2.5. El costo de los equipos cotizados es igual al ISBL.

4.1.2.6. El costo OSBL se obtiene del 40% del ISBL.

4.1.2.7. El costo de ingeniería se obtiene del 30% de (ISBL + OSBL).

4.1.2.8. El costo del gasto de imprevistos, se obtiene del 10% de (ISBL + OSBL).

4.2. Costo de inversión del capital de trabajo.

4.2.1. Se calcula el costo de la materia prima para dos semanas.

4.2.2. Se calcula el costo del producto para dos semanas.

4.2.3. Se calcula el efectivo en caja mediante el costo de producción de una semana.

El costo de producción es igual a dos veces el costo de la materia prima.

4.2.4. Se calcula las cuentas a cobrar mediante el costo de producción de un mes.

4.2.5. Se calcula los créditos de cuentas pendientes mediante el costo de materias primas de un mes.

4.2.6. Se calcula el inventario de repuestos mediante el 20% de (ISBL + OSBL).

4.3. Costo de producción

4.3.1. Se calcula los costos fijos

4.3.1.1. Se calcula la labor de operación.

4.3.1.2. Se calcula la supervisión del 25% de (costo de operación + administración).

4.3.1.3. Se calcula los gastos salariales del 50% de (costo de operación + administración).

4.3.1.4. Se calcula el mantenimiento mediante el 3-5% de ISBL.

4.3.1.5. Se calcula los impuestos sobre la propiedad mediante el 1-2% de ISBL.

4.3.1.6. Se calcula el alquiler mediante el 1-2% de (ISBL + OSBL).

4.3.1.7. Se calcula los gastos generales mediante el 65% de (costo de operación + administración).

4.3.1.8. Se calcula los gastos medio ambientales mediante el 1% de (ISBL + OSBL).

4.3.2. Se calcula del costo variable

4.3.2.1. Se calcula el costo de materias primas al año

4.3.2.2. Se calcula los servicios básicos (agua y electricidad).

4.3.2.3. Se calcula el transporte y el manejo de residuos.

4.4. Tiempo de recuperación de la inversión

4.4.1. Se determina la inversión inicial

4.4.2. Se calcula el VAN mediante la resta del precio de venta y el costo de producción.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (4.4)$$

En Donde:

F_t : Flujo de caja constante

I_0 : Inversión iniciales.

t : Duración de la inversión.

k : Tasa de interés.

4.4.3. Se calcula el valor acumulado para determinar el tiempo de recuperación.

4.4.4. Se determina si el proyecto es rentable o no mediante la comparación de la tasa de interés y el TIR.

$$TIR > Tasa de interés \quad (es \text{ rentable}) \quad (4.5)$$

Anexo C: Cálculos

C. 1. Balance de masa

Se determina las constantes y parámetros en la siguiente tabla:

Tabla 19. Constantes y parámetros para calcular el balance de masa.

Constantes y parámetros		Unidades
<i>Trichoderma spp.</i>	1.60E+13	conidias/kg
Densidad de alginato de sodio	1.6	kg/l
Densidad del agua	1	kg/l
Densidad del cloruro de calcio	2.15	kg/l
Concentración de alginato de sodio	0.01	kg A/l (A+HA)
Concentración de <i>Trichoderma spp.</i>	6.25E-03	kg T/l (A+HA)
Concentración de cloruro de calcio para gelificación	0.0180213	mol C/l (C+HC)
Peso molecular de cloruro de calcio	0.11098	kg C/mol
Peso molecular de alginato de sodio	0.216	kg A/mol
Concentración de cloruro de calcio para resuspensión	0.045	mol C/l (C+HC)

Se obtiene la cantidad de masa que sale de la producción, es decir, la masa para los 482.26 galones.

Tabla 20. Cantidad de compuestos para 482.26 galones.

T	0.301	kg
C	3.550	kg
HC	1,773.545	kg
A	0.482	kg
HA	47.925	kg

Se calcula el balance de masa desde la última hasta la primera operación unitaria.

Tabla 21. Balance de masa por operación unitaria.

OU Re-suspensión (caja 2)		
T2	0.308	kg
A2	0.492	kg
HA2	48.903	kg
C10	3.623	kg
HC10	1,815.215	kg
OU Lavado y filtro (caja 1 y 2)		
T1	0.320	kg
T3	0.327	kg

A1	0.513	kg
A3	0.031	kg
HA1	50.940	kg
HA3	3.077	kg
OU filtro (caja 3)		
T4	0.344	kg
A4	0.033	kg
HA4	3.239	kg
C4	0.045	kg
C3d	0.029	kg
HC 4	9.051	kg
Hc3d	8.599	kg
OU gelificación (caja 4)		
T5	0.358	kg
A5	0.034	kg
HA5	3.374	kg
C11	0.047	kg
HC11	9.428	kg
OU boquilla (caja 5)		
T6	0.358	kg
A6	0.034	kg
HA6	3.374	kg
O1	0.016	kg
O2	0.015	kg
O3	0.015	kg
OU tanque de agitación alginato (caja 6)		
T7	0.358	kg
A in	0.034	kg
HA in	3.374	kg
M7	0.006	kg
OU tanque de centrifugación (caja 7)		
T8	0.377	kg
M8	0.636	kg
T8out	0.004	kg
M8out	0.605	kg

OU Biorreactor (caja 8)		
Tin	0.356	kg
Mnecesaria	5.786	kg
Min	6.364	kg

T: *Trichoderma spp.*

A: Alginato de sodio

C: Cloruro de calcio

H: Agua

M: Medio de cultivo

O: Aire

OU: Operación unitaria

C. 2. Balance de energía

Se usan las ecuaciones 3.6, 3.7 y 3.14 para calcular la potencia de los equipos.

Agitadores:

Tabla 22. Cálculos de potencia de los agitadores en los tanques de mezcla.

	$P = N_p \times \rho \times N^3 \times D^5$ (3.6)		
	Tanque de mezcla (suspensión)	Tanque de mezcla (gelificación)	Tanque de mezcla (lavado y resuspensión)
N_p (-)	4.8	4.8	5
ρ (kg/m ³)	1,155	1,155	2,150
N (rps)	6.67	4.17	4.17
D (m)	0.058	0.09	0.40
P (kW)	0.0011	2.37	8.43

Centrifugadora:

$$P = 5.984 \times 10^{10} \times sg \times Q \times (N \times r)^2 \quad (3.7)$$

$$P = 5.984 \times 10^{10} \times 1 \times 2 \times (5000 \times 0.50)^2$$

$$P = 7.5 \text{ hp o } 5.58 \text{ kW}$$

Compresor:

$$P = \frac{CFM}{3} \quad (3.14)$$

$$P = \frac{23.31}{3}$$

$$P = 7.77 \text{ hp} = 5.79 \text{ kW}$$

Filtros de prensa:

Tabla 23. Cálculos de potencia de los filtros de prensa.

	$P = \frac{\rho_l \times 9.8 \times Q \times H_m}{1000 \times \eta} \quad (3.15)$	
	Filtro de prensa 1	Filtro de prensa 2
Q (l/min)	12.5	59.84
H_m(m.c.a)	7.64	4.07
η (%)	75	75
ρ_a (kg/l)	1	1
P (kW)	1.25	3.19

C. 3. Dimensionamiento de máquinas y equipos

3.1. Biorreactor

Se calcula siguiendo los pasos del anexo B-3.1.

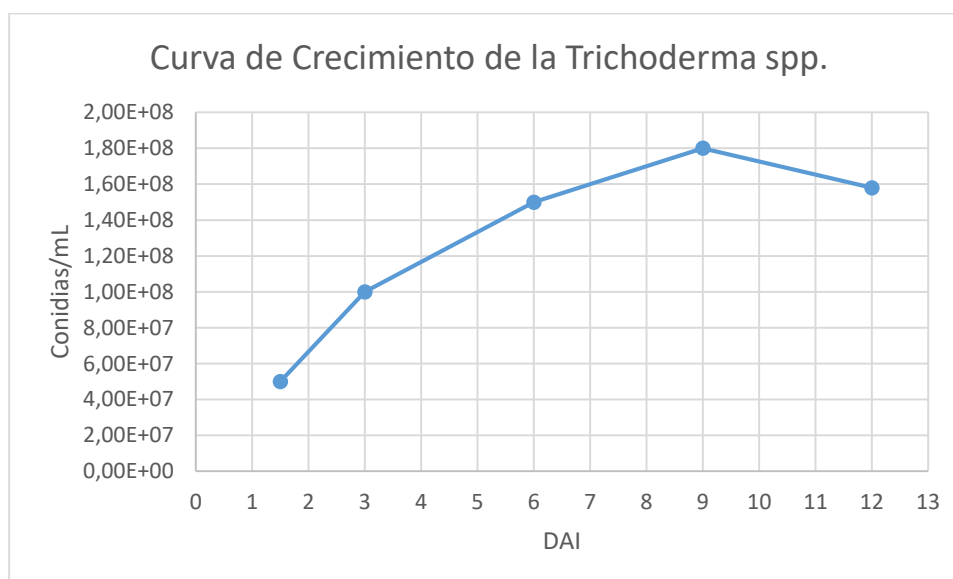


Figura 12. Curva de crecimiento [9].

Tabla 24. Cálculos del biorreactor.

V fermentador (l)	33.54
V biorreactor (l)	65
H (m)	0.57
R (-)	0.67
D (m)	0.38
Nre (-)	10,375
Dimpulsor (m)	0.13
Viscosidad (Pa s)	3.00E-03
Velocidad de rotación (rpm)	100
Densidad (kg/m ³)	1,155
Np (-)	5
P (kW)	0.00089

3.2. Centrifugadora

Se seleccionó una centrifugadora de disco y se calculó su capacidad mediante el balance de masa y su potencia con la ecuación 3.7 (Ver anexo C-2).

Tabla 25. Cálculos de la centrifugadora.

Volumen o caudal	9 L
Velocidad (rpm)	5000
Radio (m)	0.5
Potencia (kW)	5.58
Modelo	AC 1500
Tamaño (mm)	1500 x 1700 x 2400
Peso (kg)	1150

3.3. Tanques de mezcla.

Se diseñó un tanque de mezcla mediante el cálculo de balance de masa y energía. Se calcula el diámetro y la altura del tanque mediante el volumen del equipo. Además, se calcula el espesor de pared y la masa del equipo.

Tabla 26. Cálculo del volumen de los tanques de mezcla.

	$V_T = V \times f_a$ (3.2)		
	Tanque de mezcla (suspensión)	Tanque de mezcla (gelificación)	Tanque de mezcla (lavado y resuspensión)
V (l)	5.71	15.16	1,873.18
f_a (-)	1.5	1.5	1.5
V_T (l)	8.56	22.74	2,809.77

Tabla 27. Cálculo de las dimensiones de los tanques de mezcla.

	$h = \sqrt[3]{\frac{4 \times V_T}{\pi \times R^2}}$ (3.3)		$D = R \times h$ (3.4)
	Tanque de mezcla (suspensión)	Tanque de mezcla (gelificación)	Tanque de mezcla (lavado y resuspensión)
h (m)	0.35	0.40	2.43
R (-)	0.5	0.66	0.5
D (m)	0.18	0.27	1.21

Tabla 28. Cálculo del espesor de pared de los tanques de mezcla.

	$tw = \frac{P_i \times D_i}{2 \times S \times E - 1.2P_i}$ (3.8)		
	Tanque de mezcla (suspensión)	Tanque de mezcla (gelificación)	Tanque de mezcla (lavado y resuspensión)
P_i (atm)	1	1	1
D_i (mm)	176	267	1,214
S (-)	20	20	20
E (-)	1	1	1
tw (mm)	4.53	6.89	31.28

Tabla 29. Cálculo de la masa de los tanques de mezcla.

	$M = \pi \times D \times h \times tw \times \rho_a$ (3.9)		
	Tanque de mezcla (suspensión)	Tanque de mezcla (gelificación)	Tanque de mezcla (lavado y resuspensión)
D (m)	0.18	0.27	1.21
H (m)	0.35	0.40	2.43
tw (m)	0.0045	0.0069	0.031
ρ_a (kg/m³)	1,155	1,600	1,001
M (kg)	1.02	3.75	290.13

3.4. Atomizador

Se dimensiona el atomizador siguiendo los pasos del Anexo B-3.4.

$$D_{32} = 0.3 \times D_p \quad (3.10)$$

$$D_{32} = 0.29 \times \left(\frac{\sigma}{\rho_g}\right)^{0.6} \times \left(\frac{1}{v}\right)^{1.2} \times \left(1 + \frac{L}{G}\right)^{0.4} \times D_{nozzle}^{0.4} \quad (3.11)$$

$$L = 60 * D_{nozzle} \quad (3.12)$$

$$\tan^{-1} \frac{r_{acción}}{L} = \theta \quad (3.13)$$

Tabla 30. Dimensionamiento del atomizador.

Volumen del atomizador (L)	31.4
Diámetro (m)	0.27
Altura (m)	0.54
Tamaño de micropartícula (µm)	30
Densidad (kg/m ³)	1.28
Superficie de tensión (kg/s ²)	0.026
Velocidad del aire (m/s)	122
Relación liquido/gas (-)	1-abr
Presión (atm)	8.5
Diámetro de la boquilla (mm)	2.7
Altura al tanque (cm)	16
Ángulo (°)	29

3.5. Compresor

Se selecciona y dimensiona el compresor mediante la presión y caudal del aire.

Tabla 31. Dimensionamiento del compresor.

Caudal (m ³ /min)	0.66
Presión (atm)	8.5
Modelo	ERC-504
Tamaño (mm)	960 x 430 x 648
Peso (kg)	110

3.6. Filtros

Se selecciona y dimensiona los filtros mediante los pasos del Anexo B-3.6.

Tabla 32. Dimensionamiento de los filtros.

	Filtro de prensa 1	Filtro de prensa 2	Filtro de aire
Tamaño de malla (mm)	0.5	0.5	0.25
Tamaño de partícula (μm)	30	30	2.5
Caudal (L/min)	12.5	59.84	620
Altura manométrica (mca)	764	407.75	-
Potencia (kW)	1.25	3.19	-
Modelo	FPSA 47	FPA 47	FA401
Tamaño (mm)	1300 x 1120 x 1270	1470 x 1170 x 1370	76 x 172 x 53
Peso (kg)	630	750	0.55

C. 4. Costos

Para calcular el ISBL se determina el costo de los equipos mediante cotizaciones en Alibaba, ya que no se puede usar el factor de Lang debido a que los equipos no entran en el rango de aplicación.

Biorreactor:



Figura 13. Biorreactor [37].

Descripción general

Detalles rápidos

Procesamiento:	Equipo de fermentación	Industrias aplicable...	Hoteles en, Planta de fabricación, Alimentos y Bebidas de la f...
Después de servi...	Video de apoyo técnico, Apoyo en línea, Campo de manteni...	Servicio Local ubio...	Canadá, Reino Unido, Los Estados Unidos, Francia, España
Exposición de ubio...	Canadá, Reino Unido, Los Estados Unidos, Francia, España	Condición:	Nuevo
Lugar del origen:	Shandong, China	Marcas:	NDL arte
Tipo de procesam...	Cervecería 65l	Voltaje:	208V 3PH 60HZ / 380V 3PH 50HZ
Energía (W):	5KW	Dimensión (L*W*H):	3680*650*1700mm
Peso:	550KG, 550KG	Certificación:	CE ISO BV SGS
: Informe de prueba:	Siempre	Garantía de los oo...	1 año
Los componentes ...	Caja de cambios, Motor, De la bomba, Recipiente de presión, ...	Clave de puntos de ...	Fácil de operar
Marketing tipo:	Nuevo Producto 2020	Video asistente de in...	Siempre
Nombre:	Cervecería 65l	Materia:	SUS304/SUS316/acero rojo
Brewhouse tipo:	1/2 buques	Modo de calefacci...	Electricidad/vapor/fuego
Sistema de Control:	PID/PLC	Manera de enfriam...	Simple placa de refrigeración
Tipo de placa:	Pulido de espejo/2B/trefilado	Aislamiento:	Poliuretano/roca
QA & QC:	Si	Servicio posventa p...	Ingenieros disponibles para el servicio de maquinaria en el ex...
Tensión de:	208V 3PH 60HZ / 380V 3PH 50HZ	Potencia (W):	5KW
Dimensión (L * W * ...)	3680*650*1700mm	La certificación:	CE ISO BV SGS
Garantía:	5 años, 5 años		

Figura 14. Descripción del biorreactor [37].

Agitador:



Figura 15. Agitador de turbina [38].

Descripción general

Detalles rápidos

Procesamiento:	Batidora	Industrias aplicable...	Materia de construcción de tiendas, Reparación de maquinaria...
Condición:	Nuevo	Marcas:	Ucan
Tipos de procesam...	Comida	Voltaje:	110V220V380V
Energía (W):	5.5KW	Peso:	800
Dimensión (L*W*H):	1770*1770*900mm	Certificación:	ISO CE
Garantía:	1 año	Servicio postventa ...	Video de apoyo técnico
Función:	Dispersar	Nombre:	Mezclador de dispersión industrial/agitador de turbina
Materia:	SS304	La capacidad de:	50 ~ 5000L/H
Aplicación:	Personalizar	Código HS:	8474390000
El uso de:	Homogeneizador de leche líquida	Característica:	De alta eficiencia
Gama de husillo Sp:	0-1450	Nombre de marca:	Ucan

Figura 16. Descripción del agitador de turbina [38].

Centrifugadora:



Figura 17. Centrifugadora [39].

Descripción general

Detalles rápidos

Condición:	Nuevo	Lugar del origen:	Jiangsu, China
Tipo:	Centrifugo	Tipo de producto:	Otros
Video saliente de in...	Siempre	: Informe de prueba:	Siempre
Marketing tipo:	Nuevo Producto 2020	Garantía de los co...	Más de 5 años
Marca:	HUADING Awards	Voltaje:	110 - 415V
Energía (W):	4 - 90 Kw	Peso:	1000-5000Kg, 1000-5000Kg
Dimensión (L*W*H):	2000*1200*1800mm	Certificación:	CE
Garantía:	1 año	Servicio postventa ...	Libre de espaã a, La instalación de campo y puesta en march...
Clave de puntos de ...	Precio competitivo	Industrias aplicable...	Planta de fabricación, Alimentos y Bebidas de la fábrica
Después de servici...	Video de apoyo técnico, Apoyo en línea, EspaÃ a, Campo de ...	Servicio Local ubic...	Reino Unido, Los Estados Unidos, Alemania
Exposición de ubic...	Canadá, Reino Unido, Los Estados Unidos, Alemania	Coche:	Equipo/cinturón
De velocidad:	4000 - 10000 rpm	La fuerza centrífuga:	> 10.000g
De volumen:	8 - 300 L	Peso de tazón:	50-15000Kg
Sólidos de espacio:	2 - 50 L	Presión de entrada:	0-0,1 Mpa
Líquido de presión ...	0,2-0,6 Mpa	Tiempo de inicio:	5 - 30 minutos
Los componentes ...	Tazón, Tazón	Tensión de:	110 - 415V
Potencia (W):	4 - 90 Kw	Dimensión (L * W * ...)	2000*1200*1800mm
La certificación:	CE		

Figura 18. Descripción de la centrifugadora [39].

Tanque de mezcla (suspensión):



Figura 19. Tanque de mezcla (suspensión) [40].

Datos Básicos

Lugar del origen:	China	Capacidad de cargamento máxima:	5 ~ 10L para la opción	Marca:	Huiheng
Número de Modelo:	HH-XJR-L-5 ~ HH...	Voltaje:	220 ~ 460 V	Tipo de mezclador:	Homogeneizador
Condición:	Nuevo	Capacidades adicionales:	Emulsificación	Tipo de producto:	Pasta dental
Dimensión (L*W*H):	1260x540x1600-1830	Uso:	En polvo	Certificación:	CE, SGS
Peso:	310-360 kg	Métodos de calentamiento:	Eléctrica o vapor	Material:	SS304, SS316 etc
Blender:	TRIPLER Blender	Emulsionante tipo:	Inclinable Tipo, tipo d...	Equipos auxiliares:	Agua o tanque de ac...
Aplicación:	Osmetics fábrica far...	Gabinete de control eléctrico:	Visualización de la te...	Garantía:	1 año
Certificación:	CE, ISO, SGS	Garantía:	1	Servicio postventa ofrecido:	Ingenieros disponibl...
Energía (W):	0.37KW				

Figura 20. Descripción del tanque de mezcla (suspensión) [40].

Atomizador:**Figura 21.** Atomizador [41].**Quick Details**

Place of Origin:	Jiangsu, China	Brand Name:	Yixin
Type:	Granulator	Condition:	New
Video outgoing-ins...	Provided	Machinery Test Re...	Not Available
Marketing Type:	Hot Product 2019	Warranty of core co...	1 YEAR
Core Components:	PLC, Engine, Motor	Weight (KG):	600 KG
Warranty:	1 YEAR	After-sales Service ...	Free spare parts, Field maintenance and repair service, Video ...
Key Selling Points:	High Productivity	After Warranty Serv...	Video technical support, Online support
Applicable Industri...	Food & Beverage Factory, Farms	Local Service Locat...	None
Showroom Location:	None	Product name:	fluid bed granulator
construction mater...	carbon steel, stainless steel, alloy steel	Application:	Chemicals Processing, Food Processing
Weight:	1300kg		

Figura 22. Descripción del atomizador [41].

Tanque de gelificación:



Figura 23. Tanque de gelificación [42].

Detalles rápidos

Condición:	Nuevo	Grado automático:	Automática
Tipo:	Caldera de reacción	Capacidad:	30L
Video saliente de in...	Siempre	: Informe de prueba:	Siempre
Marketing tipo:	Producto caliente 2019	Garantía de los co...	1 año
Los componentes ...	Recipiente de presión	Lugar del origen:	Shaanxi, China
Marca:	Bioland	Voltaje:	220V/380V
Energía (W):	180w	Garantía:	1 año
Servicio postventa ...	Video de apoyo técnico	Clave de puntos de ...	Fácil de operar
Industrias aplicable...	Planta de fabricación, Las granjas, Venta al por menor, Energi...	Después de servici...	EspaÑA
Servicio Local ubic...	None	Exposición de ubic...	None
Nombre del produc...	Tanque de reacción de mezcla química de acero inoxidable 50L	Capacidad Material:	50L
Velocidad (r/min):	0-650	Par de torsión (N/c...	200
Volumen entre cap...	10L	Grado de vacío:	0.098MPa
El uso de:	Biofarmaceutica, productos químicos finos, síntesis de nuevo...	La capacidad de:	30L
Tensión de:	220V/380V	Potencia (W):	180w

Figura 24. Descripción del tanque de gelificación [42].

Compresor:



Figura 25. Compresor [43].

Quick Details	
Condition:	New, New
After Warranty Serv...	Video technical support, Online support, Spare parts, Field ma...
Showroom Location:	None
Configuration:	Stationary
Lubrication Style:	Lubricated
Place of Origin:	Guangdong, China
Model Number:	AHB-7A
Dimension(L*W*H):	1600*600*1300(mm)
Certification:	CE,ISO,ASME
After-sales Service	...Online support
Air capacity:	0.75(m3/min)/27(CFM)
Video outgoing-ins...	Provided
Warranty of core co...	3 years
Product name:	Tank Mounted Screw Air Compressor (2-in-1 type)
Drive method:	Belt Driven screw air compressor
Port:	HuangPu
Export mode:	Have proprietary import and export rights
Average annual out...	15000 Set/year
Applicable Industri...	Hotels, Garment Shops, Manufacturing Plant, Machinery Repa...
Local Service Locat...	None
Type:	Screw
Power Source:	AC POWER
Mute:	Yes
Brand Name:	AirHorse
Voltage:	380V/3PH/50HZ(or customized)
Weight:	370KG
Warranty:	1 YEAR
Working Pressure:	8bar
Machinery Test Re...	Provided
Marketing Type:	Hot Product 2019
Core Components:	PLC, Pressure vessel, Motor, Pump, Bearing
Tank Volume:	300L/500L/160L
R & D capability:	OEM, Own Brand(AirHorse,Dewaste)
Foreign trade start ...	2009-6-18
Delivery time:	within 15 workdays(or consultations)
Minimum Order:	1A

Figura 26. Descripción del compresor [43].

Filtro de aire:



Figura 27. Filtro de aire [44].

Detalles rápidos

Tipo:	Comprimido en línea filtro de aire
Número de Modelo:	45 CFM Filtro de alta eficiencia Ingersoll Rand FA75IH
Condición:	Nuevo
Lugar del origen:	Shanghai, China
Marca:	Ingersoll Rand (IR)
Voltaje:	0
Energía (W):	0
Dimensión (L*W*H):	205mm 807mm 55mm 53mm
Certificación:	CE ISO
Servicio posventa p...	El centro de servicio disponible
Garantía:	2 años
Peso:	0.56KGS-13.7KGS

Figura 28. Descripción del filtro de aire [44].

Filtro de prensa 1:



Figura 29. Filtro de prensa 1 [45].

Detalles rápidos

Industrias aplicable...Hoteles en, De las tiendas, Material de construcción de tienda...	Condición:	Nuevo
Grado automático: Automática	Lugar del origen:	Henan, China
Marca: DaZhang	Voltaje:	380V/400V/415V
Energía (W): 2,2-11KW	Peso:	Personalizado
Dimensión (L*W*H): Personalizado	Certificación:	CE
Garantía: 1 año	Servicio postventa ... Libre de españa	
Servicio posventa p...Ingenieros disponibles para el servicio de maquinaria en el ex...	Por presión:	Hidráulica
Material de la placa: SS	Pleate tamaño:	320/450/630/800/870
Área del filtro: 1-40m2	Filtro de volumen:	15-595L
Pastel de espesor: 30mm	Descarga de pastel:	Automática
Presión de prueba: 1.7Mpa	Alimentación de pr... 0.6Mpa	

Figura 30. Descripción del filtro de prensa 1 [45].Filtro de arena:**Figura 31.** Filtro de arena para purificar el agua [46].**Detalles rápidos**

Lugar del origen: Guangdong, China	Marca: Oopuritech
Número de Modelo: WT-1000L	Capacidad de prod... 1000LPH
Membrana: 4040, Dow, Filmtco, U. S. A./vontron	Cubierta de la mem... 4040, de fibra de vidrio/material de acero inoxidable
Tipo de control: Auto, PLC	Función: Eliminar el agua osca y otros
Rechazo de osca: 99.80%	Certificación: CE
Bomba: CNP, China	Material: SUS304
Garantía: 1 año	

Figura 32. Descripción del filtro de arena [46].

Filtro de prensa 2:



Figura 33. Filtro de prensa 2 [47].

Detalles rápidos

Condición:	Nuevo	Grado automático:	Semiamotómica
Capacidad de Prod... 10/día		Lugar del origen:	Henan, China
Marca:	SHUANGFA	Voltaje:	380V, 50HZ
Energía (W):	2.2kw prensa filtro	Peso:	700kg
Dimensión (L*W*H):	1865*900*850mm	Certificación:	CERTIFICADO CE, filtro de prensa
Garantía:	Un año, prensa filtro	Servicio posventa p...Ingenieros disponibles para el servicio de maquinaria en el ex...	
Nombre:	Prensa de filtro	Aplicación:	Separación sólido-líquido
Característica:	Tipo pequeño, cómodo de usar	Tamaño de placa d... 450mm, prensa filtro	
Espesor de filtro de... 30mm, prensa filtro		Filtro de volumen d... 50L prensa filtro	
Cantidad de placa ... 9pcs		Material del marco:	Acero al carbono Q235, filtro de prensa
Material de la placa:	PP duradero	Color:	Como los clientes requiere

Figura 34. Descripción del filtro de prensa 2 [47].

Tanque de mezcla (lavado y resuspensión):



Figura 35. Tanque de mezcla (lavado y resuspensión) [48].

Detalles rápidos

Número de Modelo:	HH-GXJ-200 ~ ~ hh-GXJ-5000	Tipo de mezclador:	Homogeneizador
Capacidad de carg...	200 ~ 5000L	Condición:	Nuevo
Tipo de producto:	Líquidos, medicina, pesticidas, jabón líquido, mercancía, cha...	Uso:	Líquido
Capacidades adici...	Emulsificación	Lugar del origen:	Guangdong, China
Marca:	Huiheng	Voltaje:	220 ~ 460 V
Dimensión (L*W*H):	0.3*0.25 * 0.32M ~ 4.8*3.8*4.8 M	Certificación:	CE, ISO, SGS
Material:	SS304, SS316 etc	Métodos de calent...	Eléctrica o vapor
Peso:	200 kg ~ 5000 kg	Sistema de mezcla:	Un solo sentido o doble dirección raspador agitación
Gabinete de control...	Temperatura y velocidad de mezcla	Equipo auxiliar:	Dispersión cabeza o cabeza emulsionante etc
Otro servicio:	OEM y ODM	Garantía:	12 meses
Servicio postventa ...	Ingenieros disponibles para la puesta en marcha en el extranj...	Energía (W):	1.5-22KW

Figura 36. Descripción del tanque de mezcla (lavado y resuspensión) [48].

Se calcula el costo de ISBL mediante el costo de los equipos obtenidos en Alibaba y su factor de instalación detallado.

Tabla 33. Costos de los equipos instalados.

Cantidad	Equipo	Factor de instalación	Ced (USD \$)
4	Biorreactor	3.2	204,270.08
2	Agitador	3.2	8,332.80
2	Centrifugadora	3.2	313,600.00
2	Tanque suspensión	3.2	31,360.00
2	Agitador	3.2	8,332.80
2	Atomizador	3.2	224,000.00
2	Tanque gelificación	3.2	22,400.00
2	Agitador	3.2	8,332.80
2	Compresor	3.2	10,142.72
2	Filtro de aire	3.2	17,920.00
2	Filtro de prensa 1	3.2	8,960.00

Cantidad	Equipo	Factor de instalación	Ced (USD \$)
2	Filtro de arena	3.2	41,216.00 (26)
2	Filtro de prensa 2	3.2	13,440.00 (27)
2	Tanque lavado	3.2	268,800.00 (28)
2	Agitador	3.2	8,332.80 (18)
Total (USD \$)			1,189,440.00

Tabla 34. Cálculos y valores de la inversión de capital fijo.

Inversión del capital fijo		
ISBL	=Suma (Ced)	1,189,440.00
OSBL	=0.4 (ISBL)	475,776.00
Costo ingeniería	=0.15 (ISBL+OSBL)	249,782.40
Gastos por imprevistos	=0.1 (ISBL+OSBL)	166,521.60
TOTAL (USD \$)	=SUMA (ISBL, OSBL, Costos de ingeniería y gastos por imprevistos)	2,081,520.00

Tabla 35. Cálculos y valores de la inversión de capital de trabajo.

Inversión del capital de trabajo		
Valor materias primas	=Costo de materias para dos semanas	180,518.89
valor de producto	=Costo de producción (costo de materias primas x 2) para dos semanas.	361,037.79
Efectivo en caja	= Costo de producción (costos de materias primas x 2) para una semana	180,518.89
Cuentas a cobrar	= Costo de producción (costos de materias primas x 2) para dos semanas	722,075.58
Créditos/cuentas pendientes	=Costo de materias por mes	361,037.79
Inventario repuestos	=0.2 (ISBL+OSBL)	333,043.20
TOTAL (USD \$)		2,138,232.15

Tabla 36. Cálculos y valores del costo de producción fijo anual.

Costos de producción fijos				
Profesiones	Salario anual (USD \$)			Valor (USD \$)
Ing. mecánico	11,635.20	supervisión	=0.25 (labor de operación)	19,800.00
Ing. civil	11,635.20	gastos salariales	=0.4 (labor de operación)	31,680.00
Ing. eléctrico	11,635.20	mantenimiento	=0.03 (ISBL)	35,683.20
operador	11,635.20	impuestos	=0.01 (ISBL)	11,894.40
encargado	10,512.00	alquiler	=0.01 (ISBL+OSBL)	16,652.16

Costos de producción fijos			
Profesiones	Salario anual (USD \$)		Valor (USD \$)
ventas	10,512.00	gastos generales	=0.65 (labor de operación + mantenimiento) 74,674.08
administrativo	11,635.20	gastos medioambientales	=0.01 (ISBL+OSBL) 16,652.16
labor de operación (USD \$)			=Suma (salarios anuales) 79,200.00

Tabla 37. Cálculos y valores del costo de materias primas anual.

Costos de materias primas			
Materias primas	Cantidad	Unidad	Costo (USD \$)
Trichoderma	48,105.44	g	1,443.16
Alginato de sodio	76,968.70	g	1,346.95
Cloruro de calcio	566,489.60	g	16,994.69
Agua	290,710,764.79	g	268,821.05
Amonio nitrato	58,883.35	g	3,587.41
Sacarosa	47,106.68	g	2,590.87
V8	909,747.70	g	4,678.70
Envase	76,968.70	-	61,574.96
Total mensual			361,037.79
Total anual (USD \$)			4,332,453.47

Tabla 38. Cálculos y valores del costo de producción variable anual.

Materias primas	4,332,453.47
Transporte	85,520.77
Tratamiento de residuos	624.00
Agua	7,147.97
Electricidad	6,284.14

Tabla 39. Estimación de ingresos.

	Valor (USD \$)
Margen bruto	14,922,895.30
Costo de producción	4,718,266.35
Beneficio bruto	14,537,082.41
Beneficio neto	12,792,632.52

Tabla 40. Rentabilidad de la planta.

Tasa de interés anual (%)	10.21
TIR mensual (%)	14.90
VAN (USD \$)	4,590,579.34
Tiempo de retorno (meses)	5.10