



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

“DISEÑO DE UN PROCESO DE OBTENCIÓN DE ÁCIDO HÚMICO POR HIDRÓLISIS ÁCIDA A PARTIR DE LOMBRIHUMUS PARA LA EMPRESA DE CURTIEMBRE EL AL-CE”

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: JAVIER ENRIQUE ALBA RÍOS

TUTOR: Ing. CÉSAR ARTURO PUENTE GUIJARRO

Riobamba – Ecuador

2018

©2018, Javier Enrique Alba Ríos

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo tipo proyecto técnico: **“DISEÑO DE UN PROCESO DE OBTENCIÓN DE ÁCIDO HÚMICO POR HIDRÓLISIS ÁCIDA A PARTIR DE LOMBRIHUMUS PARA LA EMPRESA DE CURTIEMBRE EL AL-CE”** de responsabilidad del señor Javier Enrique Alba Ríos, ha sido revisado por los Miembros del Tribunal de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. César Arturo Puente Gujarro DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
Ing. Danielita Fernanda Borja Mayorga MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, Javier Enrique Alba Ríos soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el presente Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Javier Enrique Alba Ríos

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico Dios por darme la oportunidad de haber escalado tan alto en mi vida profesional. A mi madre Teresa Ríos quien por sus enseñanzas, consejos me ayudado a ser un hombre de bien con grandes virtudes y a no desmayar en los momentos difíciles. A mi padre Rommel Alba por siempre estar ahí apoyándome en todo lo necesario para alcanzar mis metas. A mis hermanos Andrés, Alvaro y Ariel por ser mis guías para seguir avanzando cada día más y llegar hasta donde estoy. A mi hermanita Jenny, gracias ñaña por aconsejarme, sé que siempre estás ahí. A mi querida acompañante durante tanto tiempo mi Gemita, y de forma muy especial a mi angelito Dariel. Esto es por todos ustedes.

Javier A.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por iluminarme todo el camino para alcanzar mis metas, por ayudarme a enfrentar mis miedos. A mi familia, mis padres y mis hermanos por su apoyo incondicional. A esta linda institución Escuela de Ingeniería Química de la ESPOCH que me lleno de amigos y conocimientos para ser un gran profesional. A los profesores, en especial a la Ingeniera Danielita Borja, gracias a sus conocimientos, apoyo y sabiduría se ha podido dar por finalizada esta tesis y al Ingeniero César Puente que también fue un pilar fundamental para culminar este proyecto de manera exitosa.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	xvi
SUMARY	xvii
CAPÍTULO 1	
1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1 Identificación del problema	1
1.2 Justificación	3
1.3 Línea base del proyecto	4
<i>1.3.1 Antecedentes de la Empresa</i>	<i>4</i>
<i>1.3.2 Mapa Conceptual</i>	<i>5</i>
<i>1.3.2.1 Humus de Lombriz</i>	<i>5</i>
<i>1.3.2.2 Tipos de abonos</i>	<i>6</i>
<i>1.3.2.2.1 Abonos orgánicos</i>	<i>6</i>
<i>1.3.2.2.2 Abonos minerales</i>	<i>7</i>
<i>1.3.2.3 Sustancias Húmicas: Ácidos Húmicos, Ácidos Fúlvicos y Huminas</i>	<i>8</i>
<i>1.3.2.4 Hidrólisis Ácida</i>	<i>13</i>
<i>1.3.2.5 Curtición vegetal</i>	<i>14</i>
<i>1.3.2.6 Caracterización estructural de las sustancias húmicas por espectroscopía infrarroja</i>	<i>15</i>
<i>1.3.2.7 Parámetros de diseño</i>	<i>16</i>
1.4 Beneficiarios directos e indirectos	28
<i>1.4.1 Beneficiarios Directos</i>	<i>28</i>
<i>1.4.2 Beneficiarios Indirectos</i>	<i>28</i>
CAPITULO II	
2. OBJETIVOS	29
2.1 General	29
2.2 Específicos	29
CAPITULO III	
3. ESTUDIO TÉCNICO	30
3.1. Localización del proyecto	30
<i>3.1.1 Datos generales del cantón Guano</i>	<i>30</i>
3.2 Ingeniería del proyecto	33

3.2.1	<i>Tipo de estudio.....</i>	33
3.2.2	<i>Métodos y Técnicas.....</i>	33
3.2.2.1	<i>Métodos.....</i>	33
3.2.2.2	<i>Técnicas</i>	34
3.2.3	<i>Datos caracterizados del Humus de lombriz a utilizar y comparación con la norma.....</i>	43
3.2.4	<i>Selección de la materia prima.</i>	44
3.2.5	<i>Procedimiento a nivel del laboratorio.</i>	44
3.2.5.1	<i>Parte experimental</i>	44
3.2.6	<i>Variables del proceso.....</i>	46
3.2.6.1	<i>Temperatura.....</i>	46
3.2.6.2	<i>PH.....</i>	46
3.2.6.3	<i>Tiempo de agitación</i>	47
3.2.7	<i>Validación del proceso.....</i>	49
3.2.7.1	<i>Pruebas de ensayo.....</i>	49
3.2.7.2	<i>Caracterización IR para las pruebas realizadas</i>	51
3.2.7.3	<i>Análisis biológico y físico químico del ácido húmico.</i>	58
3.3	<i>Procesos de producción.....</i>	59
3.3.1	<i>Materia prima, aditivos y reactivos.</i>	59
3.3.1.1	<i>Materia Prima.....</i>	59
3.3.1.2	<i>Aditivos.....</i>	59
3.3.1.3	<i>Reactivos.</i>	59
3.3.2	<i>Diagrama del Proceso</i>	61
3.3.3	<i>Aplicación del producto.....</i>	64
3.3.4	<i>Cálculos de Ingeniería.....</i>	65
3.3.4.1	<i>Datos adicionales.....</i>	65
3.3.4.2	<i>Cálculos para dimensionar un tanque de agitación.</i>	66
3.3.4.3	<i>Balance de masa.....</i>	69
3.3.4.4	<i>Balance de energía.....</i>	70
3.3.5	<i>Distribución y diseño de la planta</i>	76
3.3.5.1	<i>Descripción de las áreas de la planta productora de ácido húmico</i>	76
3.3.5.2	<i>Distribución grafica de la producción por envase de producto.....</i>	76

3.4	Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria.....	78
3.4.1	<i>Equipos para el proceso</i>	78
3.4.1.1	<i>Tanque de agitación</i>	79
3.4.1.2	<i>Caldero</i>	79
3.4.1.3	<i>Equipo de filtración</i>	80
3.4.1.4	<i>Embotelladora</i>	81
3.4.1.5	<i>Tanque de depósito</i>	82
3.4.1.6	<i>Taponador de botellas</i>	82
3.4.2	<i>Equipos para controlar la calidad del proceso</i>.....	83
3.5	Análisis del costo/beneficio del proyecto.....	86
3.5.1	<i>Análisis de costo de la materia prima e insumos</i>	86
3.5.2	<i>Análisis de costos de equipos e instrumentos de laboratorio</i>	87
3.5.3	<i>Análisis de costos de producción</i>.....	88
3.5.3.1	<i>Análisis de costo para la implementación de una planta productora de ácido húmico.</i>	88
3.5.3.2	<i>Análisis de costo de producción de ácido húmico.</i>	88
3.6	Cronograma de ejecución del proyecto.....	91
	ANÁLISIS DE RESULTADOS	92
	CONCLUSIONES	94
	RECOMENDACIONES	95
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Porcentaje de los componentes presentes en el humus de lombriz.....	6
Tabla 2-1: Principales semejanzas y diferencias entre fertilizantes orgánicos y minerales.	8
Tabla 3-1: Bandas de espectro IR y su asignación para ácidos húmicos.	16
Tabla 1-3: Coordenadas de la localización del trabajo de titulación.....	32
Tabla 2-3: Determinación de nitrógeno total presente en una muestra de abono.....	35
Tabla 3-3: Determinación del potasio presente en una muestra de abono	37
Tabla 4-3: Determinación del PH.....	40
Tabla 5-3: Determinación del fósforo de una muestra de abono	41
Tabla 6-3: Características físico-químicas del Humus de lombriz adquirido comercialmente ..	43
Tabla 7-3: Formulaciones de ensayo para la extracción de ácido húmico	51
Tabla 8-3: Comparación de los valores de IR de cada muestra.	53
Tabla 9-3: Comparación entre las bandas IR establecidas, una muestra de ácido húmico comercial y la prueba #3.	54
Tabla 10-3: Reformulación de ensayo para la muestra #3.....	55
Tabla 11-3: Análisis biológico de la muestra #3 de ácido húmico.	56
Tabla 12-3: Análisis físico-químico de la muestra #3 de ácido húmico.	56
Tabla 13-3: Resultados de pH en cada muestra, durante el proceso de extracción alcalina e hidrólisis ácida.	56
Tabla 14-3: Formulación para la elaboración de 20 L de ácido húmico	57
Tabla 15-3: Cumplimiento de los análisis con lo establecido en las normas.	58
Tabla 16-3: Cumplimiento de los análisis con lo establecido en las normas.	58
Tabla 17-3: Análisis biológico del ácido húmico a partir del humus de lombriz.....	58
Tabla 18-3: Análisis físico-químico del ácido húmico a partir del humus de lombriz.....	59
Tabla 19-3: Componentes utilizados en el proceso de obtención del ácido húmico	60
Tabla 20-3: Formulación para la obtención de ácido húmico a escala industrial.....	64
Tabla 21-3: Cuadro de dosificación y usos	64
Tabla 21-3: Características y descripción de los equipos.	78
Tabla 22-3: Características y descripción de equipos de análisis.	84
Tabla 23-3: Características y descripción de instrumentos de análisis	85
Tabla 24-3: Costos de materia prima, insumos y otros componentes para obtención de ácido húmico	86
Tabla 25-3: Costos de materia prima, insumos y otros componentes para elaboración de un lote de 400 L de ácido húmico.	86

Tabla 26-3: Costos de producción para la elaboración de ácido húmico	87
Tabla 27-3: Costos de materiales para el control de calidad.....	87
Tabla 28-3: Costos de envases para el ácido húmico	88
Tabla 29-3: Costos de la infraestructura de una planta de producción de ácido húmico.....	88
Tabla 30-3: Costos de implementación de una planta de producción de ácido húmico.	88
Tabla 31-3: Costo de producción mensual de ácido húmico.	89
Tabla 32-3: Costo total de producción mensual de ácido húmico.	89
Tabla 33-3: Costo de venta de ácido húmico.....	90
Tabla 34-3: Relación costo-beneficio en la producción de ácido húmico.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Teoría de heteropolicondensación espontánea.....	10
Figura 2-1: Teoría de polifenoles.....	10
Figura 3-1: Clasificación de sustancias húmicas de acuerdo a su solubilidad	11
Figura 4-1: Estructura molecular del ácido húmico	12
Figura 5-1: Molécula de ácido fúlvico	12
Figura 6-1: Diferentes grados de pigmentación presentes en las sustancias húmicas durante el proceso de extracción.....	13
Figura 7-1: Pieles curtidas con base en curtición vegetal.....	15
Figura 1-3: Mapa del Cantón Guano.....	31
Figura 2-3: Localización Geográfica de la implementación del proyecto	32
Figura 3-3: Organigrama del proceso a seguir para determinar la mejor formulación.	50
Figura 4-3: Altura del tanque de agitación	66
Figura 5-3: Área del tanque de agitación.....	67
Figura 6-3: Longitud del brazo de agitación.....	67
Figura 7-3: Diseño del tanque de agitación mediante el uso de AutoCAD.....	68
Figura 8-3: Diagrama de la distribución de botellas y su volumen de producto.....	77
Figura 9-3: Tanque de agitación de 500 litros de capacidad	79
Figura 10-3: Caldero generador de vapor.....	80
Figura 11-3: Equipo de filtración.....	81
Figura 12-3: Embotelladora manual.....	81
Figura 13-3: Barril contenedor de 600 litros de capacidad.....	82
Figura 14-3: Taponador de botellas semiautomático para tapa rosca	83

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Diagrama pH/Tiempo (h) de la precipitación de las S.H durante la hidrólisis ácida	47
Gráfico 2-3: Diagrama Tiempo de agitación vs % de sustancias húmicas extraídas de un compuesto	47
Gráfico 3-3: Diagrama pH vs volumen de ácido clorhídrico 6 M que se coloca en una muestra de 500 ml de humato potásico o Hidrolato de humus.	48
Gráfico 4-3: Diagrama pH vs volumen de ácido acético puro que se coloca en una muestra de 500ml de humato potásico o Hidrolato de humus.	49
Gráfico 5-3: Espectros IR para la prueba #1	51
Gráfico 6-3: Espectros IR para la prueba #2	52
Gráfico 7-3: Espectros IR para la prueba #3	52
Gráfico 8-3: Espectros IR para una muestra ácido húmico comercial	53
Gráfico 9-3: Diagrama de proceso para la obtención de ácido húmico a partir de humus de lombriz.....	62
Gráfico 10-3: Balance de masa gráfico para la obtención de ácido húmico.	73
Gráfico 10-4: Diagrama de la línea de proceso para la obtención de ácido húmico	74
Gráfico 10-5: Diagrama de distribución de la planta de ácido húmico.....	75

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A	Norma Española RD 824:2005 para la caracterización del ácido húmico
Anexo B	Norma Española RD 824:2005 para la caracterización del ácido húmico
Anexo C	Norma INEN 0220 para toma de muestras de abonos
Anexo D	Norma INEN 0220 para toma de muestras de abonos
Anexo E	Norma INEN 0211 para la determinación de un fertilizante
Anexo F	Análisis químico del contenido de potasio y nitrógeno.
Anexo G	Análisis biológico del contenido de ácido húmico y fúlvico en el producto
Anexo H	Cotización de equipos para implementar una planta de ácido húmico
Anexo I	Cotización de equipos para implementar una planta de ácido húmico
Anexo J	Cotización de equipos para implementar una planta de ácido húmico
Anexo K	Cotización de equipos para implementar una planta de ácido húmico
Anexo L	Cotización de equipos para análisis del producto
Anexo M	Cotización de equipos para el desarrollo del proceso
Anexo N	Cotización de equipos para el desarrollo del proceso
Anexo O	Cotización de frascos para el envasado del producto
Anexo P	Ensayos de proceso para la obtención de ácido húmico.
Anexo Q	Ensayos de proceso para la obtención de ácido húmico.
Anexo R	Ensayos de proceso para la obtención de ácido húmico.
Anexo S	Ensayos de proceso para la obtención de ácido húmico.
Anexo T	Ficha técnica y de seguridad de un tanque de agitación y mezclado
Anexo U	Ficha técnica y de seguridad de un tanque de agitación y mezclado
Anexo V	Ficha técnica y de seguridad de un tanque de agitación y mezclado
Anexo W	Diseño del equipo.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

H	Altura (m)
A	Área (m ²)
Hp	Caballo de fuerza
cP	Centipoise (Pa.s)
K	Constante de agitadores de hélice (adimensional)
k	Coefficiente de transmisión térmica de material (W/mK)
ρ	Densidad (g/ml)
\varnothing	Diámetro de un tanque (m)
Qm	Flujo de calor (Kcal/h)
g	Gramos
°C	Grados centígrados
Kg	Kilogramo
L	Litros
m ³	Metros cúbicos
m	Metros
Mnsm	Metros sobre el nivel del mar
ml	Mililitros
NTE	Norma técnica ecuatoriana
N _{Re}	Número de Reynolds (adimensional)
P	Potencia (W)
pH	Potencial de hidrógeno
r	Radio (m)
RD	Real Decreto
t	Tiempo (s)
W	Trabajo (J)
V	Volumen (ml)
v	Velocidad (m/s)
μ	Viscosidad (cP)
ΔT	Variación de temperatura (°C)

RESUMEN

El objetivo fue diseñar un proceso a escala industrial para obtener ácido húmico a partir del lombrihumus. Para ello se realizó tres ensayos a nivel laboratorio para determinar mediante espectroscopia infrarroja cual tiene una estructura similar al ácido húmico comercial; una vez obtenido el mejor resultado en dicho análisis se llevó la caracterización físico-química y biológica del ácido húmico extraído y posteriormente se realizó el diseño del tanque de agitación, en el cual se lleva a cabo el proceso de hidrólisis ácida para la extracción de las sustancias húmicas y con ello conocer la eficiencia del proceso. Los resultados obtenidos en la caracterización físico-química del producto terminado reportó un porcentaje de Nitrógeno 0,10% y Potasio 9000mg/l que se encuentra dentro de los parámetros establecidos en la norma NTE INEN 0211 para la determinación de un fertilizante, mientras que en su caracterización biológica los resultados obtenidos fueron muy buenos puesto que se obtuvo un valor de ácido húmico de 30,68% y ácido fúlvico 10,82%, los mismos que se encuentran dentro de la norma establecida en el REAL DECRETO 824 sobre productos fertilizantes; finalmente una vez realizado el diseño del proceso a escala industrial se conoció que la eficiencia del proceso fue de 98,76% según los cálculos realizados para el dimensionamiento del equipo, confirmando con esto que se dan leves pérdidas en el proceso de obtención del producto. Con estos resultados se establece que la obtención de ácido húmico a partir de humus de lombriz es factible obteniéndose así un producto de uso agrícola, económico y que contribuye con el medio ambiente, sin embargo, se recomienda realizar este proceso de hidrólisis ácida a partir de otra materia prima con la finalidad de identificar cuál proceso es el más óptimo para obtener un porcentaje de ácido húmico superior al obtenido.

Palabras Claves: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA> <PROCESOS INDUSTRIALES> <LOMBRIHUMUS> <HIDRÓLISIS ÁCIDA> <ESPECTROSCOPÍA INFRARROJA (IR)> <ÁCIDO HÚMICO> <ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO> <ANÁLISIS BIOLÓGICO>

SUMMARY

The objective consisted of designing an industrial-scale process to obtain humic acid from lombrihumus. For this, three assays at a lab level were carried out to determine, through infrared spectroscopy, which one has a similar structure to that of the commercial humic acid, once the best result is obtained in such an analysis, the physical and chemical and biological characterization of the extracted humic acid was conducted and later the agitation tank design was carried out, in which the acid hydrolysis process is performed for the extraction of humic substances so as to know about the process efficiency. The result obtained in the physical and chemical characterization of the finished product showed 0.10% Nitrogen and 9000 mg/L Potassium which are within the established parameters in the NTE INEN 0211 norm for a fertilizer determination, while in the biological characterization results were very good as the humic acid value was 30.68% and 10.82% for the fulvic acid, which are within the norm established in the REAL DRECREE 824 on fertilizing products; finally, once the process design was carried out at industrial scale, it was known that process efficacy was 98.76% according to the calculations performed for the equipment dimensioning, confirming three slight losses in the product obtainment process. With these results, it is established that the humic acid obtainment from the worm humus is feasible, thus yielding a farm and economic product, contributing to environment; nevertheless, it is recommended to carry out this acid hydrolysis process from other raw material to identify which process is better to obtain a humic acid percentage superior to the one obtained.

Key Words: <CHEMICAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY> <INDUSTRIAL PROCESSES> <LOMBRIHUMUS> <ACID HYDROLYSIS> <HUMIC ACID> <INFRARED SPECTROSCOPY (IR)> <PHYSICAL AND CHEMICAL ANALYSIS> <BIOLOGICAL ANALYSIS>

CAPÍTULO 1

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema

En la actualidad el Ecuador es un país con un gran desarrollo agrícola, razón por la cual se han buscado nuevas técnicas de fertilización y enriquecimiento del suelo, tal es el caso del uso de los abonos como el humus de lombriz y leonardita, sin embargo en los últimos años este tipo de abonos han sido motivo de estudio debido a las diversas aplicaciones que pueden tener, siendo la aplicación más fructífera para la obtención de ácido húmico y ácido fúlvico las cuales tiene una gran importancia en el enriquecimiento del suelo y actualmente se comercializan como productos obtenidos de la leonardita.

El humus de Lombriz o lombrihumus es un abono orgánico que se produce por las distintos cambios químicos de los residuos cuando son ingeridos por las lombrices de tierra. Es altamente ecológico ya que se produce de manera natural y contribuye a la reutilización de los restos orgánicos. El humus es un producto soluble en agua y muy fino, cuando se mezcla con la tierra le aporta una textura esponjosa y sus nutrientes se incorporan rápidamente al suelo. (Márquez, 2010, p.11)

Además, el lombrihumus es un abono orgánico que posee altas propiedades y concentraciones de sustancias húmicas y que trae una serie de ventajas como la posible utilización para procesos de recurtición en la industria de curtiembre, usos como adsorbente, como agente licuante, como mejorador del suelo, como aditivo especial en la industria del papel y como la aplicación directa en el tratamiento de aguas residuales para reducir la concentración de metales pesados, así como su aplicación directa en el enriquecimiento del suelo. (Salazar & Fortis, 2003, p.57)

Hoy en día, el 80-90% de los cueros del mundo se curten mediante el proceso de curtido al cromo, esto consiste en transformar el colágeno de la piel en cuero por la reacción química de los curtientes minerales. El curtido al cromo utiliza una solución de químicos, ácidos y sales (incluyendo sulfato de cromo). El cromo (III) presente en los residuos de piel curtida puede sufrir modificaciones en sus propiedades químicas según el ambiente en que se encuentre. Es decir que cuando se encuentra en un medio básico se combustiona en presencia de cal u otra sustancia alcalina y tiende a oxidarse a cromo (VI), la cual es la forma mucho más tóxica de este

metal. (Raisman & González, 1998, p.102)

En Ecuador durante el periodo comprendido entre 2006 y 2011, existió un incremento de la producción del 87%, un aumento de las exportaciones de 152% y una mayor generación de empleo en el orden del 1150%. Esto conlleva a fomentar este tipo de actividad, la gran capacidad productiva de los curtidores se concentra en la provincia de Tungurahua, con un 76% del total, seguido por Imbabura, Azuay y Cotopaxi, esta información fue presentada por la Asociación Nacional de Curtidores del Ecuador. (MIP, 2012)

El proceso industrial de transformar la piel animal en cuero conlleva la utilización de agentes químicos y procesos que invariablemente terminan en la contaminación de tierra, agua y aire. Los residuos de las curtiembres siempre causan efectos negativos sobre el ambiente. La disposición de los residuos líquidos y sólidos, así como las emisiones gaseosas sobre cuerpos de agua, suelo y aire degradan la calidad ambiental de estos últimos y ocasionan daños muchas veces irreversibles. (Gallo & García, 2011, p.7)

Es por esto que las industrias curtidoras está realizando investigaciones y experimentaciones con productos más amigables con el ambiente, que puedan solventar las funciones que tienen los insumos químicos como el sulfato de cromo en sus procesos, y de esta manera reducir su utilización y contribuir a la reducción de los impactos ambientales que es la mayor problemática por la que atraviesa esta industria.

En referencia a lo citado anteriormente, el ácido húmico proveniente del lombrihumus es un producto con grandes propiedades, razón por la cual es motivo de muchos estudios. Indispensablemente buscando no solo mejorar las condiciones del suelo como un producto orgánico sino también como factor preponderante en la industria del cuero, del papel e inclusive en la industria de pinturas. (Giacconi & Escaff, 1998, p.304)

Además la falta de industrialización e innovación de nuevos productos a partir del humus de lombriz o lombrihumus no permite conocer los grandes beneficios del mismo, siendo que esta materia prima está disponible en todas las regiones del Ecuador, a un costo muy económico y de fácil acceso; es por esta razón que se plantea realizar el diseño de un proceso para la obtención de ácido húmico por hidrólisis ácida a partir de lombrihumus, y así aprovechar los beneficios de este producto en temas de curtiembre.

1.2 Justificación

La curtiembre de cueros “EL AL-CE” desarrolla sus procesos de producción en el cantón Guano, al igual que muchas empresas dedicadas a la curtiembre, en su proceso dan uso al cromo como elemento principal de curtición. El uso del cromo ha traído muchos problemas significantes a este tipo de industrias, generando un alto grado de contaminación al generarse cromo hexavalente por un efecto oxidativo en el residuo de sus procesos, este representa un contaminante muy dañino para el medio ambiente y para la salud humana.

El humus de lombriz es un producto que está perdiendo importancia y objetividad dentro del desarrollo agrícola, el cual era la principal aplicación que tenía. Debido al desarrollo industrial y con el ingreso al mercado de productos tecnificados mejoradores del suelo, con funciones y beneficios directos para el enriquecimiento del suelo, el humus de lombriz está perdiendo función quedando como un recurso natural sin uso alguno. (Izar & Izar, 2014, p.3)

Es por esto que se pretende obtener ácido húmico a partir del humus de lombriz, con la finalidad de utilizar este ácido húmico para futuras investigaciones de desarrollo en temas de curtiembre, como por ejemplo como un método terciario en el proceso de reducción de metales pesados como el cromo presente en las aguas residuales de las industrias curtidoras o para su uso como un agente curtidor o re curtidor que colabore a la reducción del porcentaje de cromo usado en el proceso de curtición o para un uso altamente favorable en el enriquecimiento del suelo en términos de cultivos en zonas aledañas a la empresa de curtiembre “EL AL-CE”.

Se propone realizar la obtención de ácido húmico por hidrólisis ácida a partir de lombrihumus debido a que la sustancias húmicas comercializadas se elaboran a partir de leonardita el cual se encuentra en el mercado a un precio de 4,50 dólares por litro; con este proyecto se pretende darle un enfoque como materia prima principal al humus de lombriz, el cual se adquiere de forma más económica a un precio de 2,80 dólares por Kg y se pretende obtener un producto con las mismas características y ventajas, además a este producto se efectuarán pruebas fisicoquímicas y una caracterización para verificar la calidad del mismo y asegurar su disponibilidad y uso, garantizando así un nuevo método seguro e innovador, basados en la Normas Técnica Ecuatoriana para fertilizantes o abonos.

- NTE INEN 211: 1998. FERTILIZANTES O ABONOS. TOLERANCIAS

Y debido a que no existe una normativa nacional vigente que especifique los requisitos para la determinación de sustancias húmicas presentes en fertilizantes, se dispondrá para la

caracterización biológica final del producto lo establecido en el:

- REAL DECRETO 824: 2005. PRODUCTOS FERTILIZANTES

Los beneficiarios con este proyecto son principalmente las industrias de curtiembre en particular la empresa de curtiembre el AL-CE ya que obtendrán un producto con el cual realizarán investigaciones para una mejora en los procesos de curtición del cuero o como factor principal en temas agrícolas, incluida la mejora del medio ambiente y la producción más limpia.

Con base en este contexto, el “DISEÑO DE UN PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE ÁCIDO HÚMICO POR HIDRÓLISIS ÁCIDA A PARTIR DE LOMBRIHUMUS PARA LA EMPRESA DE CURTIEMBRE EL AL-CE” es de gran utilidad para aprovechar las propiedades de este producto, tanto para los procesos de recurtición como para beneficio agrícola, haciendo que este tipo de productos sea conocido como un factor innovador que se está desarrollando, además de generar de una manera indirecta otras fuentes de sustento económico.

1.3 Línea base del proyecto

1.3.1 Antecedentes de la Empresa

El presente proyecto se lo realizo en la *Empresa de Curtiembre de Cueros “EL AL-CE”* ubicada en el Cantón San Juan. La empresa fue fundada por su propietario el Ing. César Puente Guijarro en el año 1989. Inicia su proceso de producción con la curtición de cueros pequeños procedentes de cabras y borregos. En el año de 1991 da inicio a la curtición de cueros procedentes de la res y al mismo tiempo a diseñar y confeccionar ropa de cuero. Desde entonces ha continuado mejorando progresivamente en la diversidad de su producción de artículos, logrando así a implementar la línea de calzado partir de junio del 2008. Con un enfoque muy planteado de la mejora continua en la diversidad, calidad y acabado de sus productos. Durante toda su estadía en el mercado ha desarrollado como su política de marketing el llegar al consumidor directamente con la innovación de sus productos, debido a esto ha se generó la distribución directa por medio de locales en centros comerciales. (El al-ce, 2017)

Cueros El Al-Ce se consolida como una pequeña empresa comprometida con la calidad y la prevención ambiental, presente como un objetivo permanente, así como la mejora continua en todos los procesos, servicios y productos de la misma, teniendo como finalidad primordial lograr la máxima satisfacción del cliente. (El al-ce, 2017)

La empresa funciona como sociedad de hecho, donde el propietario hace de Gerente y tiene una responsabilidad ilimitada. El capital de aportación es propio, por lo cual se considera como una empresa nacional de capital privado. (El al-ce, 2017)

Su estructura organizacional se encuentra definida o dividida en diversas áreas funcionales y cuenta con un número aproximado de 8 trabajadores en planta en todos los procesos de curtición y 16 que trabajan fuera de la planta en el armado de los artículos de cuero y en ventas. (El al-ce, 2017)

1.3.2 Mapa Conceptual

1.3.2.1 Humus de Lombriz

El humus de lombriz o compost constituye por así decirlo un “fertilizante” en términos de carga microbiana y materia orgánica. Sin embargo definirlo como un auténtico abono completo está aún lejos de la realidad, debido a la falta de compuestos minerales fertilizantes en sus propiedades. Es por esto que es más bien definido como un corrector del suelo, con una función de mejorar el equilibrio biológico. (Compagnoni & Putzolu, 2018, p.12)

El humus es derivado del mismo nombre, su significado tiene relación como concepto de tierra, y es un resultado de un conjunto estable de productos orgánicos y de procesos que se dan en la materia orgánica de los compuestos vegetales y animales que llegan al suelo. Por tal, en cuanto se ha dado la pérdida de la estructura microscópica de la estructura orgánica original se da la denominación de humus. (Reines et al., 1998, p.45)

La calidad y cantidad del humus es resultado netamente de las condiciones edáficas en las que se encuentre, el humus es esencial para todo tipo de suelo, su presencia influye en la fertilidad y acondicionamiento para una mayor calidad del terreno, y mayoritariamente en los procesos edafogénicos que atraviesa el suelo. (Reines et al., 1998, p.48)

Características del Humus de lombriz.

El humus presenta en su composición elementos orgánicos con grandes moléculas, estas generalmente presentan una estructura de forma cíclica y cadena alifática que son resultado de la transformación de la materia orgánica como el estiércol, residuos del agro y otros tipos de elementos. Este proceso de transformación se da en el tracto digestivo de las lombrices, resultando como un producto de las deyecciones sólidas de las mismas. (Reines et al., 1998 p.52)

La lombricultura posee algunas ventajas por encima del compostaje, teniendo como referencia un menos tiempo de descomposición de la materia, al igual que presenta una mejor calidad microbiológica y físico-química. El humus de lombriz además en diferencia con otros abonos orgánicos presenta un mayor porcentaje de elementos en su estructura (ácidos fúlvicos 3-4%, materia orgánica 25-45%, Nitrógeno 2-3%, ácidos húmicos 6-7%, Potasio 1-3%, Fósforo 1%). (C.D.T.F, 2002, p.15)

Tabla 1-1: Porcentaje de los componentes presentes en el humus de lombriz

HUMUS DE LOMBRIZ			
Información sobre la forma de obtención y los componentes esenciales	Contenido mínimo en nutrientes (porcentaje en masa) otros requisitos	Unidad	Valor
Producto estabilizado obtenido a partir de materiales orgánicos, por digestión con lombrices, bajo condiciones controladas.	Conductividad	dS/m	700 – 4000
	pH		7 - 8.5
	Humedad	%	35 – 40
	Materia Orgánica	%	35 – 45
	Nitrógeno	%	0.5 - 2.6
	Potasio	%	0.4 – 1.2
	Calcio	%	5.0 – 16

Fuente: Real Decreto 824/2005, Productos Fertilizantes, 2005, p.16.

Realizado por: Javier Alba, 2018

1.3.2.2 Tipos de abonos

1.3.2.2.1 Abonos orgánicos

Estos son obtenidos a partir de residuos animales o vegetales, contienen materia orgánica y son considerados como fertilizantes orgánicos o minerales.

Los abonos orgánicos han sido utilizados durante mucho años con el objetivo de incrementar el rendimiento de los cultivos, esto se logra incrementando el número de micro elementos o nutrientes esenciales en el suelo, logrando así alcanzar una mayor fertilidad. Esto significa que se logra una mayor actividad biológica y por consiguiente una mejor estructura del suelo. (Vargas, 2007, p.25)

- Según (Vargas, 2007 pág. 20) “*el lombricompost es el material que presenta una alta descomposición, un alto balance de nutrimentos de rápida absorción y estabilidad*”. Sin

embargo, según (Henriquez & Mora, 2013, p.2) el "*lombricompost o vermicompost, es un tipo de abono de naturaleza orgánica que se lleva a cabo por un efecto de descomposición de las lombrices. Esto se da inicio cuando la lombriz incorpora en su alimentación cualquier desecho orgánico y lo convierte en humus. Aportando de esta forma a la calidad de los nutrientes que ingresan a la planta y mejorando sus propiedades químicas y físicas*".

- Té de compost: mal interpretado como el extracto de compost, difiere en que el primero es un producto resultante de un lavado de compost, mientras que el té es una mezcla de compost con una cierta cantidad de agua y que finalmente se suelen agregar sustancias estimulantes como ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, resultando en un abono con ácidos húmicos. (Vargas, 2007, p.26)
- Bocashi: es un tipo de abono de clase orgánico que es rico en nutrientes, este se obtiene de un proceso de fermentación de una mezcla bien elaborada de nutrientes secos. Del proceso de fermentación de los materiales se obtiene un producto con un gran contenido de elementos mayores y menores, los cuales genera un fertilizante completo. (FAO, 2011, p.10)
- Abonos verdes: son plantas que se cultivan con el fin de proteger y recuperar el suelo, presenta un gran radio de adaptación a diferentes suelos y variedades de climas. Las leguminosas son las principales especies de plantas que se consideran leguminosas, las cuales poseen una habilidad de formar una especie de nódulo en su raíz, en las cuales se encuentran bacterias que aportan nitrógeno a las plantas. (CENTA, 2013, p.4)

1.3.2.2.2 Abonos minerales

- Urea con 46 por ciento de Nitrógeno, representa la mayor fuente de este elemento debido a su alta concentración, sin embargo es necesario poseer un buen dominio de las prácticas agrícolas para su predisposición, porque una mala práctica puede incurrir en las pérdidas por evaporación de amoníaco, por esto se debe incorporar en cierto momento después de la lluvia o del esparcimiento del suelo. (IFA, 2002, p.42)
- Sulfato amónico, presenta un 21 por ciento de Nitrógeno generalmente como amoníaco y además de esto el 23 por ciento de azufre, el cual es un nutriente requerido y de gran importancia para el desarrollo de los cultivos. Se usa generalmente y de preferencia en cultivos donde es necesaria la aplicación de azufre. (IFA, 2002, p.37)

- Superfosfato triple, presenta un grado del 46% de óxido fosfórico, además no incorpora ni azufre ni calcio. Este contiene una cierta cantidad de fosfato soluble en H₂O, en forma inmediata para las plantas. Una cierta cantidad de fosfato se aplica a las plantas en forma de fertilizantes Nitrógeno, Fósforo y Potasio y otras como Nitrógeno y Fósforo). (IFA, 2002, p.37)
- Cloruro potásico, este presenta hasta un 60% de óxido de potasio, es considerado el fertilizante de mayor uso para los cultivos. Es necesaria su aplicación en cultivos sensibles al cloro o en cultivos que necesitan una dosis de azufre para mejorar su condición esporádica natural, además también una gran parte de óxido de potasio se aplica como fertilizantes de Nitrógeno, Fósforo y Potasio o únicamente como Fósforo y Potasio. (IFA, 2002, p.37)

La principal diferencia entre en fertilizante orgánico y un fertilizante mineral es la acción de fertilidad al suelo que presenta cada uno con una relación tiempo de aplicación vs eficiencia, respecto a los nutrientes que presenta cada uno.

Tabla 2-1: Principales semejanzas y diferencias entre fertilizantes orgánicos y minerales.

Semejanzas y Diferencias	
Fertilizantes Orgánicos	Fertilizantes Minerales
Son algo deficitarios en componentes mayores como: N, P, K.	Contiene elementos convencionales como: P, K, N, Mg, Ca, Cu, Zn
Enriquece y mejora las características del suelo	Enriquece y mejora la productividad pero reduce las características del suelo
Tiene un efecto prolongado	Tiene un efecto a corto tiempo
Son productos de acción lenta	Son productos de acción rápida

Fuente: Rodríguez, 1982, p.68

Realizado por: Javier Alba, 2018

1.3.2.3 Sustancias Húmicas: Ácidos Húmicos, Ácidos Fúlvicos y Huminas.

En su mayoría el humus presenta una gran cantidad de sustancias húmicas, las cuales tienen su origen por medio de procesos bioquímicos de degradación de la materia orgánica por actividad microbiana, este proceso se ha denominado humificación. Las sustancias húmicas en todo tipo de ambientes naturales, como los bosques y sedimentos, además de también estar presentes en ambientes artificiales, como composta; estas sustancias presentan un gran complejo de moléculas con una estructura heterogénea que posee un núcleo de anillos aromáticos en el que

están presente una serie de grupos funcionales. Su gran complejidad y actividad redox les facilita participar como precursores de la biorremediación ambiental, generando así una degradación de contaminantes presentes en el suelo y la regulación de la emisión de gases de efecto invernadero. (Avendaño, 2016, p.3)

A. Sustancias Húmicas

El humus es la materia orgánica descompuesta. Su composición consta mayoritariamente de sustancias húmicas, estas se clasifican en base a su solubilidad bajo condiciones ácidas y alcalinas en: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas. Se están desarrollando estudios significativos a las sustancias húmicas, debido a que contribuyen de manera significativa en el desarrollo de diferentes procesos biológicos y no solo como un acondicionador fundamental para el enriquecimiento del suelo. (Avendaño, 2016, p.3)

Durante el proceso de descomposición, son parcialmente mineralizados los recursos primarios, y estos son asimilados por los microorganismos, generando así una descomposición de materia fresca. Sin embargo, las sustancias húmicas se generan una vez muertos los microorganismos, en el que una parte de las sustancias orgánicas remanentes forman parte de la materia orgánica del suelo generando así la descomposición progresiva de materia orgánica humificada, mientras que la otra parte constituye la mineralización. (Avendaño, 2016, p.4)

Las Sustancias Húmicas presentan dos rutas metabólicas que se fundamentan prácticamente en dos teorías:

- a. la teoría de heteropolicondensación espontánea y;
- b. la teoría de polifenoles

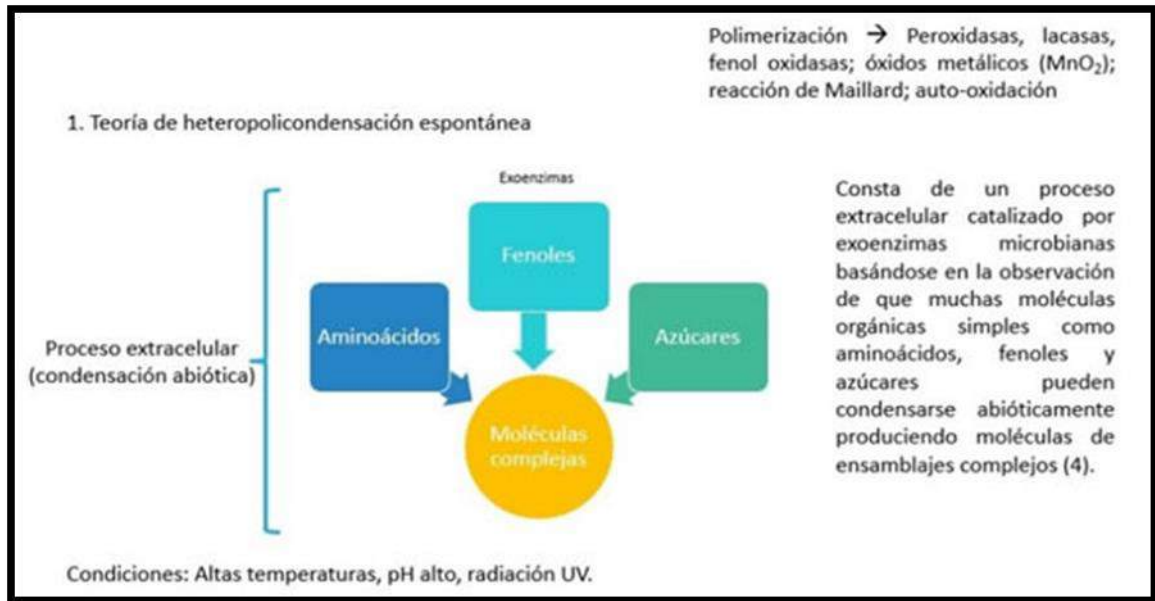


Figura 1-1: Teoría de heteropolicondensación espontánea
Fuente: Avendaño, 2016, p.3

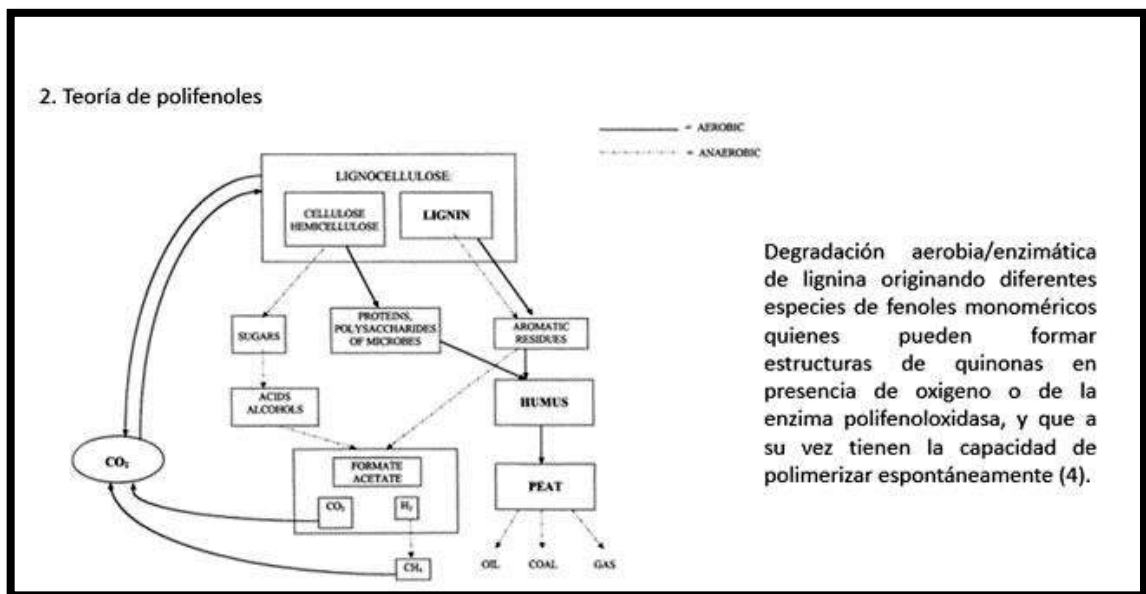


Figura 2-1: Teoría de polifenoles
Fuente: Avendaño, 2016, p.4

B. Clasificación de las Sustancias Húmicas

Las sustancias húmicas (HS) son macromoléculas orgánicas altamente alteradas, poseen una estructura bastante compleja no identificable, representan la mayor cantidad de carbón orgánico por encima de la cantidad proporcionada por organismos vivos, se encuentran en suelo y en varios ambientes, tanto terrestres como acuáticos, y recientemente se ha demostrado que tienen un rol biológico importante. Las sustancias húmicas presentan diferencias químicas y físicas, y estas son las que permiten determinar su clasificación con base en sus propiedades de

solubilidad. En un medio alcalino proporcionado por una base fuerte como NaOH o KOH, la fracción soluble representan los ácidos húmicos (no a un pH <2), la fracción insoluble corresponde a las huminas, mientras que la última fracción, son los ácidos fúlvicos, los cuales son solubles a cualquier pH. (Avendaño, 2016, p.6)

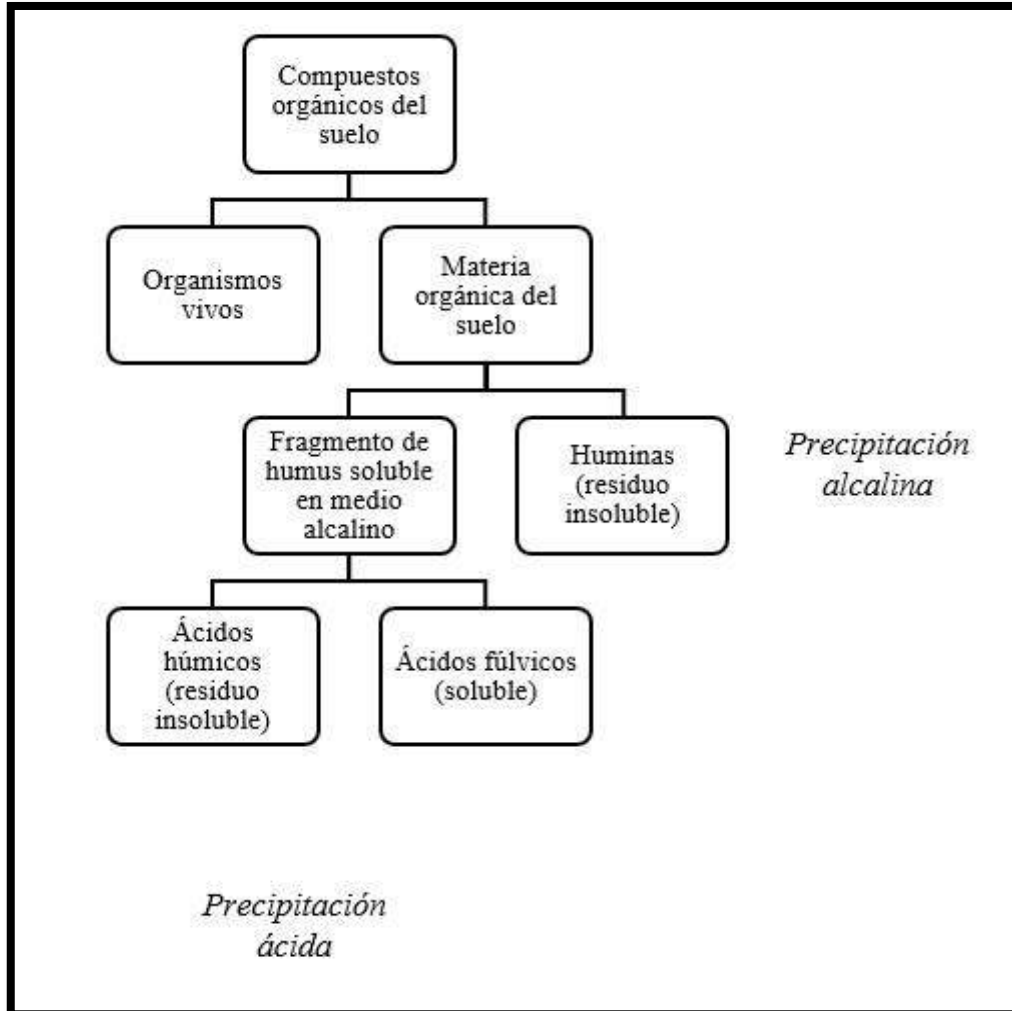


Figura 3-1: Clasificación de sustancias húmicas de acuerdo a su solubilidad
 Fuente: Avendaño, 2016, p.6

C. Ácidos Húmicos

Los ácidos húmicos son la fracción de las sustancias húmicas que son solubles en medio alcalino pero que en un medio ácido son insolubles. Poseen una estructura flexible y ramificada, con multitud de cavidades internas, esto determina la gran capacidad de retención de agua que presentan. La molécula son presenta en su centro el 35% de ácidos de carácter aromático; el restante 65% está constituida por cadenas laterales alifáticos (aminoácidos, péptidos, ácidos alifáticos). Los ácidos húmicos debido a su capacidad de intercambio catiónico pueden mejorar la presencia de cationes, y así mismo gracias a la quelatación de los mismos. (Rodríguez, 2015, p.1)

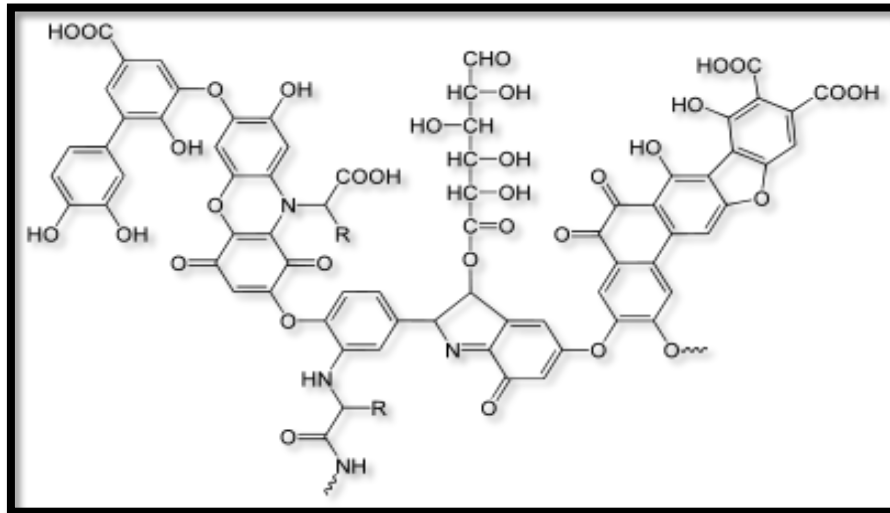


Figura 4-1: Estructura molecular del ácido húmico
 Fuente: Núñez, 2006

D. Ácidos Fúlvicos

Los ácido fúlvicos son solubles en todo tipo de medio, tanto ácido como alcalino. Se considera la parte más pequeña de las sustancias húmicas. Son muy reactivos químicamente debido a su cantidad de grupos hidroxilos y carboxilos, esto da como resultado una mayor CIC. Los ácidos fúlvicos debido a su tamaño, pueden ser absorbidos por las plantas en mayor proporción que otras sustancias. (Rodríguez, 2016, p.1)

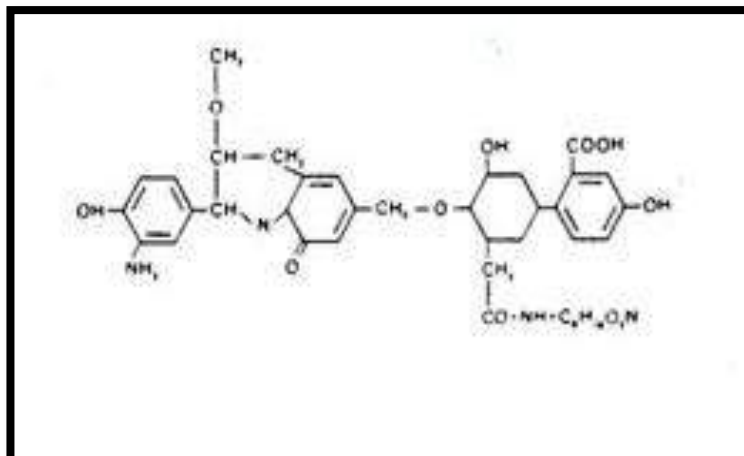


Figura 5-1: Molécula de ácido fúlvico
 Fuente: Núñez, 2006

Sustancias húmicas (Polímeros pigmentados)				
Ácido fúlvico		Ácido húmico		Humina
Amarillo claro	Amarillo oscuro	Marrón oscuro	Grís oscuro	Negro
	⇒	Incremento de la intensidad del color		⇒
	⇒	Incremento del grado de polimerización		⇒
2.000	⇒	Incremento del peso molecular		⇒ 300.000
45%	⇒	Incremento del contenido en carbón		⇒ 62%
48%	⇒	Disminución del contenido en oxígeno		⇒ 30%
5 meq/g	⇒	Aumento del Ph		⇒ 14 meq/g
	⇒	Disminución del grado de solubilidad		⇒
	⇒	Incremento de la capacidad de cambio catiónico *		⇒
	⇒	Incremento de la capacidad de retención de líquidos *		⇒
* En estos dos aspectos, aumentan en los ácidos húmicos, y vuelven a decrecer en la humina				

Figura 6-1: Diferentes grados de pigmentación presentes en las sustancias húmicas durante el proceso de extracción.
Fuente: Payaras, 2015

1.3.2.4 Hidrólisis Ácida

La hidrólisis representa una reacción doble de descomposición como uno de los reactivos. Por lo tanto, si se representa un compuesto de la forma AB en la que A y B son átomos o grupos y se representa el agua de la siguiente forma HOH, entonces la reacción de hidrólisis se puede representar reversiblemente con la siguiente formula: $AB + HOH \rightleftharpoons AH + BOH$. (Díaz, 2016 p.2)

a. Hidróxido de sodio o potasio.

El hidróxido de sodio (sosa caustica) o el hidróxido de potasio (potasa caustica) son sales fuerte, estas representan los mayores extractantes de sustancias húmicas, según estudios la cuantificación del porcentaje de extracción es de hasta el 80% de sustancias húmicas, debido a esto son los mayormente utilizados por las industrias para extraer los ácidos húmicos. Sin embargo utilizar el NaOH conlleva consecuencias, debido a que un exceso del mismo puede generar una alta salinidad en el suelo, lo cual generaría la pérdida de la fertilidad, quedando

indispuesto el suelo para el cultivo. Por esto, es necesario cuantificar la cantidad de sodio u optar por el uso del KOH, que a diferencia del NaOH, aporta potasio el cual es un nutriente esencial para el enriquecimiento del suelo, y entre un mayor porcentaje mucho mejor el aporte.

Los procesos industriales de hidrólisis ácida pueden agruparse en dos tipos: los que emplean ácidos concentrados y los que utilizan ácidos diluidos.

- b. Los procesos que utilizan cantidades de ácidos concentrados, obtienen un mayor rendimiento en cuanto a la extracción, generalmente mayor al 90%. Sin embargo, el efecto negativo que implica el uso de estos ácidos concentrados, como los problemas de degradación de las aleaciones metálicas por efectos corrosivos generan una alta inversión, esto produce una disminución en la rentabilidad, quedando obsoleto el proceso. (Oliva, 2003, p.13)
- c. La principal ventaja de los procesos que emplean algunos ácidos en disolución, es que su coste resulta prácticamente bajo con respecto al consumo del ácido. Y dependiendo del proceso, pueden causar mayores problemas o una alta eficiencia de extracción, que circula entre un máximo de un 60%, alcanzando altas temperaturas, que sin embargo también causarían efectos negativos más adelante. (Oliva, 2003, p.13)

1.3.2.5 Curtición vegetal

La curtición vegetal es una práctica que se viene realizando desde la antigüedad. Se empezó a realizar cuando se expuso las pieles a troncos de madera, corteza y hojas las zonas de contacto, y se evidenció que estos quedaban manchados. Con el tiempo cuando comenzaba el proceso de putrefacción estas zonas que en un principio estaban dañadas, quedaban ilesas y no les afectaba la descomposición.

Según (Natur Martín, 2018) *“El 95% de la producción del mercado en curtidos se realiza con cromo o con otros productos químicos, esto deja muy poco margen para la curtición vegetal”*

Para realizar el proceso de curtición vegetal se usan como base fundamental los taninos, estos son de fuente vegetal, se extraen fundamentalmente de árboles y arbustos. Estas son sustancias de tipo orgánico que interactúan con las moléculas de colágeno, estas se unen a las moléculas colagénicas de las pieles animales y las une entre si compactándolas y logrando formar una gran resistencia.



Figura 7-1: Pielas curtidas con base en curtición vegetal
Fuente: Natur, 2018

Este proceso presenta grandes beneficios, uno de los principales es que las pieles adquieren mayor resistencia al calor, se evita mayoritariamente la putrefacción y el ataque de microorganismos y microbios.

1.3.2.6 Caracterización estructural de las sustancias húmicas por espectroscopía infrarroja

Las principales bandas de absorción IR de las sustancias húmicas y la asignación que tiene cada uno con respecto a su grupo funcional, se encuentran detalladas en la tabla 3-1 del presente contexto.

La banda de absorción que se considera de mayor relevancia es la que se centra alrededor de los 3400 cm^{-1} , esta corresponde al enlace O-H de los grupos alcohol alifático, fenol o ácido carboxílico. Mientras que para el estiramiento inducido por los enlaces C-H, es común la banda situada entre 2920 y 2850 cm^{-1} . (Martin, 2011, p.5)

La banda situada a 1720 cm^{-1} se encuentra asignada al enlace C=O de los grupos COOH. Las bandas situadas entre un rango de 1600 y 1650 cm^{-1} son debidas al estiramiento del enlace C=O en carboxilatos, cetonas y ácidos carboxílicos. El pico a 1400 cm^{-1} es debido al estiramiento del

enlace C-H alifático y al estiramiento asimétrico del COO⁻. Las bandas en 1511 y 1540 cm⁻¹ se atribuyen al estiramiento del enlace C=C y a algunas deformaciones que sufre el enlace N-H. Las relaciones entre los principales picos de absorción IR para ácidos húmicos son indicativas de los grados de aromaticidad y poli condensación. (Martin, 2011, p.5)

Tabla 3-1: Bandas de espectro IR y su asignación para ácidos húmicos.

Número de banda (cm ⁻¹)	Asignación de la banda
775-975	Bending fuera del plano C-H aromático
1030-1080	Estiramiento C-O-C de éteres aromáticos, carbohidratos y polisacáridos
1170	Vibraciones del grupo alcohol
1200-1260	Estiramiento C-OH de grupos aromáticos y estiramiento C-O-C de éteres arlicos y fenoles
1380-1400	Deformación de los O-H, estiramiento C=O de fenoles, estiramiento anti-simétrico COO ⁻ y deformación C-H en alifáticos
1440-1460	Deformación C-H alifáticos en ácidos grasos y grasas durante el proceso de compostaje
1510-1540	Estiramiento C-C de aromáticos, deformaciones N-H
1580	Estiramiento C=N en amidas secundarias
1640-1654	Estiramiento C=C de aromáticos, estiramiento C=O en quinonas, ácidos cetónicos y amidas primarias
2680-2685	Estiramiento de OH con puentes de H
2840	Estiramiento asimétrico C-H de -CH ₃ y -CH ₂ - en cadenas alifáticas
2925	Estiramiento C-H alifático (simétrico y asimétrico) de -CH ₃ y -CH ₂ -
3300-3500	Vibraciones de los grupos O-H de fenoles, alcoholes y ácidos carboxflicos y vibraciones de los N-H de amidas y aminas.

Fuente: Martin, 2011, p.6

Realizado por: Javier Alba, 2018

1.3.2.7 Parámetros de diseño.

➤ Densidad

Esta se define como el cociente de la masa de una sustancia por unidad de volumen; por lo tanto, si conocemos la masa y el volumen de una sustancia (sólida, líquida o gaseosa), se puede determinar su densidad a través de la expresión siguiente:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \text{Ec. 1}$$

Dónde:

p = Densidad de la sustancia (g)

m = Masa de la sustancia (g)

v = Volumen en el que está contenida la sustancia (ml)

➤ Masa

Se hace relación la magnitud física elemental que indica la cantidad de materia contenida en un volumen determinado de Hidróxido de Sodio.

$$gNaOH = \frac{40g}{1mol} * \frac{1L}{1000ml} * Xml = Xg \quad Ec. 2$$

La determinación de la masa del hidróxido de sodio es necesaria con el fin de poder valorar el rendimiento del proceso al final del balance. Esto permite valorar las desviaciones y pérdidas producidas en cada operación.

En la industria, el control de calidad de los productos finales incluye muchas pruebas para su análisis físico y químico; generalmente, la determinación de la densidad forma parte del esquema de pruebas que se realizan. Por ejemplo: Industria de alimentos, de abonos, transporte de fluidos, etc.

➤ Viscosidad

La viscosidad se define prácticamente como la fuerza de oposición o resistencia que presentan los fluidos al fluir. Un método que puede emplearse para la caracterización, y que es particularmente útil para velocidades bajas de cizallamiento, es el viscosímetro de caída de bola. Para esto se debe determinar la velocidad límite de una esfera cualquiera y la viscosidad eficaz del fluido se calcula aplicando la ley de Stokes, este se refiere a la fuerza de fricción experimentada por objetos esféricos moviéndose en el seno de un fluido viscoso en un régimen laminar de bajos números de Reynolds. Puede escribirse como:

$$\mu = \frac{2g(\rho_c - \rho_l) * r^2}{9 * v} \quad Ec. 3$$

Dónde:

g = Gravedad (9,8 m/s²)

ρ_c = Densidad de la canica (g/ml)

ρ_l = Densidad del líquido (g/ml)

r = Radio de la canica (m)

V = Velocidad (m/s)

μ = Viscosidad (cP)

La viscosidad es un parámetro de los fluidos que tiene una gran importancia en sus diversas aplicaciones industriales, en la que la viscosidad de las sustancias puras varía de forma importante con la temperatura y en menor grado con la presión. Principalmente, se utiliza el efecto de la viscosidad en los motores, transmisiones, compresores y reductores en diferentes temperaturas operacionales, que muchas veces se busca las técnicas de reducción de mantenimiento y el aumento en la vida útil del equipo.

➤ Volumen Real de materia prima a utilizar

Con la finalidad de evitar errores en el proceso, es necesario calcular el volumen real que se ha de utilizar para el mismo. Para determinar el volumen real de un tanque de agitación se aplica la siguiente ecuación.

$$V_r = \frac{m}{\rho} \quad \text{Ec. 4}$$

Dónde:

V_r = Volumen real del tanque de agitación (L)

m = Masa del líquido (Kg)

ρ = Densidad del líquido (Kg/m³)

El cálculo del volumen real de un tanque de agitación es utilizado a nivel industrial para obtener un correcto diseño de un proceso evitando inconvenientes durante su utilización.

➤ Volumen de seguridad

El diseño de un tanque de agitación implica el cálculo de su volumen de seguridad, esto se realiza en base a los requerimientos y usos que tenga el mismo, para ello se aplica la siguiente ecuación:

$$V = f_s * V_r \quad \text{Ec. 5}$$

Dónde:

V = Volumen de seguridad (L)

f_s = Factor de seguridad (15%)

V_r = Volumen real (L)

Dentro de la ingeniería mecánica o industria de construcción de equipos es muy utilizado este cálculo ya que permite diseñar y construir partes de equipos con un volumen de seguridad de acuerdo a su aplicación.

➤ Volumen total

Está directamente relacionado con el volumen real de un tanque de agitación y el volumen de seguridad de la misma, su ecuación es la siguiente:

$$V_t = V * V_r \quad \text{Ec. 6}$$

Dónde:

V_t = Volumen total (L)

V = Volumen de seguridad (L)

V_r = Volumen real (L)

Para la construcción de equipos el volumen total es un parámetro sumamente importante, esto se debe considerar para su diseño y su proceso de construcción, ya que determina el volumen real que se debe poseer para determinada aplicación dentro de la industria.

➤ Altura del tanque

Para calcular la altura se debe utilizar la fórmula del volumen de un cilindro. Así tenemos:

$$h = \frac{V_t}{\pi * r^2} \quad \text{Ec. 7}$$

Dónde:

V_t = Volumen del tanque (m³)

r = Radio del cilindro (m)

h = Altura del tanque (m)

➤ Área del tanque de agitación

Para determinar este parámetro se utiliza la fórmula del área de un cilindro. Así tenemos:

$$A = 2\pi r(h + r) \quad \text{Ec. 8}$$

Dónde:

A = Área del tanque (m²)

h = Altura del tanque (m)

r = Radio del tanque (m)

- Longitud entre el brazo y el fondo del tanque (L_f)

Para el diseño de un tanque de agitación es necesario determinar la longitud existente entre el brazo y el fondo del tanque, con el fin de obtener un mezclado homogéneo, para ello se aplica la siguiente ecuación:

$$L_f = \frac{1}{2} * \phi_t \quad \text{Ec. 9}$$

Dónde:

L_f = Longitud entre el brazo y el fondo del tanque (m)

ϕ_t = Diámetro del tanque (m)

Esto más que nada ingresa dentro de la industria de construcción de equipos, considerando la estética y el diseño más adecuado.

- Longitud del brazo de agitación

Para un mezclado homogéneo de una mezcla es necesario determinar correctamente la longitud del brazo de agitación, su cálculo está dado por la siguiente ecuación:

$$L_b = h - L_f \quad \text{Ec. 10}$$

Dónde:

L_b = Longitud del brazo de agitación (m)

h = Altura del tanque de agitación (m)

L_f = Longitud entre el brazo y el fondo del tanque (m)

La longitud del brazo de agitación es un factor muy importante dentro del diseño y construcción de equipos, para ello su cálculo es indispensable y muy útil para evitar problemas dentro del proceso de aplicación.

- Espesor del rodete

El sistema de agitación consta del rodete, este crea un modelo de flujo en el sistema. Es utilizado para generar movimiento al líquido y que circule a través del tanque. No existe una relación fija para el espesor del rodete generalmente varía desde un sexto hasta un décimo de la longitud del brazo. La relación más empleada para su diseño es la siguiente:

$$E_r = \frac{1}{10}(L_b) \quad \text{Ec. 11}$$

Dónde:

E_r = Espesor del rodete (m)

L_b = Longitud del brazo (m)

➤ Diámetro del rodete

El diámetro del rodete se calcula con la siguiente ecuación:

$$\phi_r = \frac{2}{3}(\phi_t) \quad Ec. 12$$

Dónde:

ϕ_r = Diámetro del rodete (m)

ϕ_t = Diámetro del reactor (m)

Se aplica en áreas en el que se va a mezclar fluidos desde poco viscosos hasta muy viscosos.

➤ Número de Reynolds

El número de Reynolds (Re) es un número adimensional utilizado en mecánica de fluidos, diseño de reactores y fenómenos de transporte para caracterizar el movimiento de un fluido. La presencia o ausencia de turbulencia puede correlacionarse con el número de Reynolds del impulsor, que se define como:

$$N_{Re} = \frac{\phi_r^2 * N * \rho}{\mu} \quad Ec. 13$$

Dónde:

N_{Re} = Número de Reynolds (adimensional)

ϕ_r = Diámetro de rodete (m)

N = Numero de revoluciones por segundo

μ = Viscosidad del fluido (Kg/m*s)

ρ = Densidad del fluido (Kg/m³)

El número de Reynolds se aplica para determinar si el líquido estudiado tiene un flujo laminar o turbulento, además interviene en numerosos problemas de dinámica de fluidos.

➤ Potencia

Un factor importante en el diseño de un tanque de agitación es la potencia necesaria para mover el

impulsor. Puesto que la potencia requerida para un sistema dado no puede predecirse teóricamente, se tienen correlaciones empíricas para estimar los requerimientos de potencia.

El número de potencia se calcula con la siguiente ecuación:

$$P = \left(\frac{K}{gc}\right) * (\rho * N^3 * \phi_r^5) \quad Ec. 14$$

Dónde:

P = Potencia (W)

N = Revoluciones por segundo (rps)

ρ = Densidad del fluido (Kg/m³)

ϕ_r = Diámetro del rodete (m)

gc = Factor gravitacional de conservación (Kg*m/N*s²)

K = Constante para agitadores de hélice (adimensional)

A nivel industrial, el cálculo de la potencia es utilizado para determinar la cantidad de trabajo que realiza una máquina independiente de su tiempo de operación.

➤ Balance de masa.

Un balance de masa no es más que la aplicación de la ley de conservación de la masa: “La materia no se crea ni se destruye”. Para efectuar un balance de materia de un proceso, primero hay que especificar en qué consiste el sistema para el cual se hará el balance y establecer sus fronteras. Un balance de materia no es más que una contabilización de material.

La ecuación utilizada para el balance global de masa es la siguiente:

$$\text{Entrada} = \text{Salida} + \text{Acumulación}$$

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$A + B - R = C \quad Ec. 15$$

Dónde:

A = Humus de Lombriz (g)

B = Hidróxido de sodio + agua (g)

R = Residuos generados (g)

C = Hidrolato de humus

El balance de materia es muy utilizado a nivel industrial, principalmente para determinar la existencia de pérdidas de materias durante el proceso, si es que las hubiese.

➤ Balance de energía.

El balance de energía se basa en la aplicación de la “Ley de la conservación de la energía” que indica que la energía no se crea ni se destruye solo se transforma. Generalmente se realizan balances de energía únicamente en equipos dónde el cambio de energía puede ser determinante, el balance de energía es un principio físico fundamental, que es aplicado para determinar las cantidades de energía que es intercambiada y acumulada dentro de un sistema.

Ecuaciones para el cálculo del flujo de calor suministrado al reactor.

$$Q_m = k * A * \frac{dT}{dx}$$

$$Q_m = k * A * \frac{(T_p - T_F)}{l} \quad \text{Ec. 16}$$

Dónde:

Q_m = Flujo de calor (Kcal/h)

k = Coeficiente de transmisión térmica del material (W/m*K) (16,28 valor constante para acero inoxidable AISI 316)

A = Área de transferencia de calor (m²)

ΔT = Variación de temperatura (K)

T_F = Temperatura de alimentación (humus de lombriz) (K)

T_p = Temperatura de extracción alcalina (K)

l = Longitud del tanque (m)

➤ Cálculo del flujo de calor total que sale de la caldera

$$Q_{ganado} = Q_{perdido}$$

$$Q_T = Q_{H_2O} + Q_m \quad \text{Ec. 17}$$

Dónde:

Q_T = Flujo de calor total (Kcal/h)

Q_{H₂O} = Flujo de calor perdido por irradiación (Kcal/h)

Q_m = Flujo de calor suministrado al tanque de agitación (Kcal/h)

➤ Coeficiente global de transferencia de calor

$$Q_m = A * U * \Delta T \quad \text{Ec. 18}$$

Dónde:

- U** = Coeficiente global de transferencia de calor (J/m²*s*°C)
Q_m = Flujo de calor suministrado al tanque de agitación (Kcal/h)
A = Área de transferencia de calor (m²)
ΔT = Variación de temperatura (°C)
TF = Temperatura de alimentación (humus de lombriz) (°C)
T_p = Temperatura de extracción alcalina (°C)

El balance de energía es muy aplicado dentro de la industria para determinar las pérdidas de calor existentes durante los procesos y de acuerdo a esto dar soluciones en caso que exista una pérdida significativa de energía.

➤ Rendimiento del Reactor

El rendimiento es la relación entre la cantidad de producto que sale y la cantidad de alimentación que entra. Se determina mediante la siguiente fórmula:

$$\%R = \frac{\text{Hidrolato de Humus}}{\text{Alimentación de Humus}} * 100 \quad \text{Ec. 19}$$

El cálculo de rendimiento del proceso generalmente se aplica dentro de la industria para determinar el porcentaje de producción que tiene un proceso aplicado.

➤ Eficiencia del reactor

La eficiencia de una máquina térmica es un coeficiente adimensional, calculado como el cociente de la energía producida (en un ciclo de funcionamiento) y la energía suministrada a la máquina (para que logre completar el ciclo termodinámico). Se determina mediante la siguiente fórmula:

$$\eta = \frac{QT - QH2O}{QT} * 100 \% \quad \text{Ec. 20}$$

Dónde:

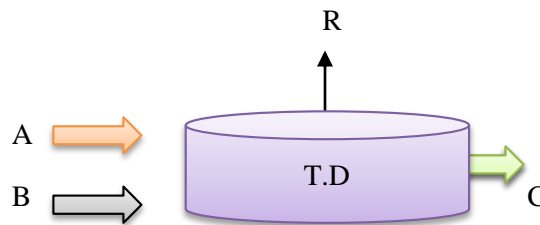
- η** = Eficiencia del reactor (%)
QH₂O = Flujo de calor perdido por irradiación (Kcal/h)

QT = Flujo de calor total irradiación (Kcal/h)

Tanque de almacenamiento

En este proceso se produce el efecto de precipitación del ácido húmico, separándose del ácido fúlvico, se identifica visualmente al formarse dos fases, la primera menos densa de color amarillo claro que representan los ácidos fúlvicos y la segunda más densa de color oscuro que representan los ácidos húmicos, el proceso dura entre unas cuatro horas y luego se debe proceder a decantar, quedando el ácido fúlvico como un residuo que será utilizado al final del proceso.

Balace de masa



$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

Ec. 21

$$A + B = C + R$$

$$A + B - R = C$$

Dónde:

A= Litros de Hidrolato de Humus

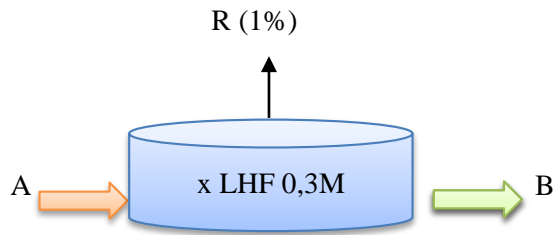
B= Litros de Ácido Clorhídrico 6 molar

R= Litros de Ácido Fúlvico

C= Litros de Ácido Húmico

Sistema de eliminación de impurezas

Este proceso generalmente se realiza con la finalidad de eliminar impurezas o reducir el porcentaje de arcillas y micorizas en el producto, especialmente es necesario en el proceso de extracción de ácido húmico a partir de leonardita, debido a que este es un mineral extraído de minas. En este procedimiento excluimos este proceso debido a la materia prima con la que se trabajó y a la falta de ácido fluorhídrico en la facultad y la dificultad que representa conseguirlo. Sin embargo, mediante los datos bibliográficos estudiados, se establece la cantidad de ácido fluorhídrico necesaria para la cantidad de ácido húmico que está pasando por la línea de proceso.



Balance de masa

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

Ec.22

$$A = B + R$$

$$A - A(1\%) = B$$

Dónde:

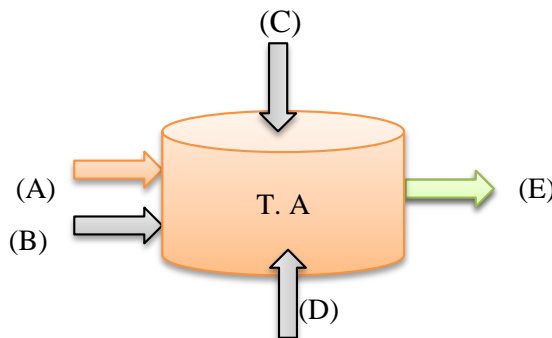
A = Litros de Ácido Húmico

B = Litros de ácido húmico sin impurezas

R= Impurezas contenidas en el ácido húmico (generalmente 1%), referencia de datos bibliográficos.

Sistema de depósito (Tanque de almacenamiento)

La adición de Hidróxido de potasio al volumen de ácido húmico libre de impurezas es totalmente necesario, con la finalidad de elevar el pH del producto hasta un intervalo de 8-9, aunque existen productos que alcanzan un pH=12, sin embargo esto no es necesario. Se agrega una mínima cantidad de cloruro de potasio (aproximadamente 2,95 ml por cada litro de producto) esto genera una mayor riqueza en potasio, y además libera los iones cloruro que al unirse con los iones sodio forman la sal, sin embargo la cantidad de esta es tan mínima que no representa un problema para el uso agrícola de este producto.



Calculo del volumen, considerando la ecuación de la densidad:

$$\rho = \frac{m}{v} \therefore v = \frac{m}{\rho} \therefore v = x$$

Balance de masa

$$\mathbf{Entrada = Salida}$$

$$A + B + C + D = E \qquad \text{Ec.23}$$

Dónde:

A = Litros de Ácido Húmico purificado

B = Litros de Hidróxido de sodio 0,1 M

C = Litros de Ácido Fúlvico necesarios

D = Litros de Cloruro de potasio

E = Litros de Producto

1.4 Beneficiarios directos e indirectos

1.4.1 Beneficiarios Directos

- El presente proyecto se desarrolla con la finalidad de beneficiar de forma directa a la empresa de curtiembre de cueros “El Al-Ce”, con una nueva alternativa para sus procesos de curtición de pieles animales.
- Los agricultores que pondrán disponer de un acondicionador del suelo, funcionando el ácido húmico como una alternativa para generar más fertilidad a los suelos.

1.4.2 Beneficiarios Indirectos

- Las empresas que se dedican al proceso de curtición en otras ciudades del país, además se verán beneficiados los moradores del cantón Guano, conjuntamente el medio ambiente que lo rodea, mediante los estudios y resultados obtenidos, la empresa podrá optar por establecer el sistema de producción y comercialización de ácido húmico a partir de humus de lombriz, logrando así un beneficio para las zonas agrícolas cercanas a la empresa, mejorando la calidad del suelo y su uso correspondiente, así como el uso del ácido húmico en investigaciones de como un posible curtiente que evite el uso del cromo en los procesos de curtición o en la reducción de metales pesados en aguas residuales evitando principalmente la generación de cromo (VI). Contribuyendo al desarrollo económico de la población, a la mejora de sus procesos y cumpliendo con las normativas ambientales correspondientes.

CAPITULO II

2. OBJETIVOS

2.1 General

- Diseñar un proceso de obtención de ácido húmico por hidrólisis ácida a partir de *lombrihumus* para la empresa de curtiembre “El AL-CE”.

2.2 Específicos

- Determinar las variables óptimas de proceso que influyen en el proceso de obtención de ácido húmico por hidrólisis ácida.
- Realizar el diseño de ingeniería del proceso de obtención de ácido húmico.
- Validar el proceso mediante una caracterización físico-química del ácido húmico, en base a lo establecido en la NTE INEN 211:1998. ABONOS O FERTILIZANTES. TOLERANCIAS; y una caracterización biológica en base a lo que establece el REAL DECRETO 824: 2005. PRODUCTOS FERTILIZANTES.

CAPITULO III

3. ESTUDIO TÉCNICO

3.1. Localización del proyecto.

3.1.1. Datos generales del cantón Guano

El cantón Guano se encuentra ubicado en la Provincia de Chimborazo representando el 7% del territorio provincial. Es un valle ubicado a 2720 m.s.n.m. que tiene altitudes que van desde los 2000 m (Los Elenes) hasta los 6310 m (nevado Chimborazo), lo que hace que posea una temperatura agradable cuyo promedio está entre los 16 °C y 18 °C. Tiene dos parroquias urbanas: La Matriz y El Rosario, y nueve parroquias rurales: Guanando, Ilapo, La Providencia, San Andrés, San Gerardo, San Isidro, San José de Chazo, Santa Fe de Galán y Valparaíso. Es conocido como "CAPITAL ARTESANAL DEL ECUADOR" ya que tiene importantes lugares de interés turístico y de esparcimiento. Los límites son:

- ✓ *Norte: Provincia de Tungurahua.*
- ✓ *Sur: Cantón Riobamba.*
- ✓ *Este: Río Chambo.*
- ✓ *Oeste: Cantón Riobamba y la Provincia de Bolívar.*

(GADCH, 2016)

Según el INEC – 2010, el Cantón Guano está formado por una población de 42851 habitantes, de los cuales el 47,83% corresponde a hombres y el 52,17% a mujeres. La tasa de crecimiento poblacional 2001 – 2010 es del 13% (1,4 anual), siendo el 1,47% para los hombre y el 1,27% para las mujeres. (HBM, 2014, p.15)

En el siguiente gráfico, se indica la ubicación del cantón Guano

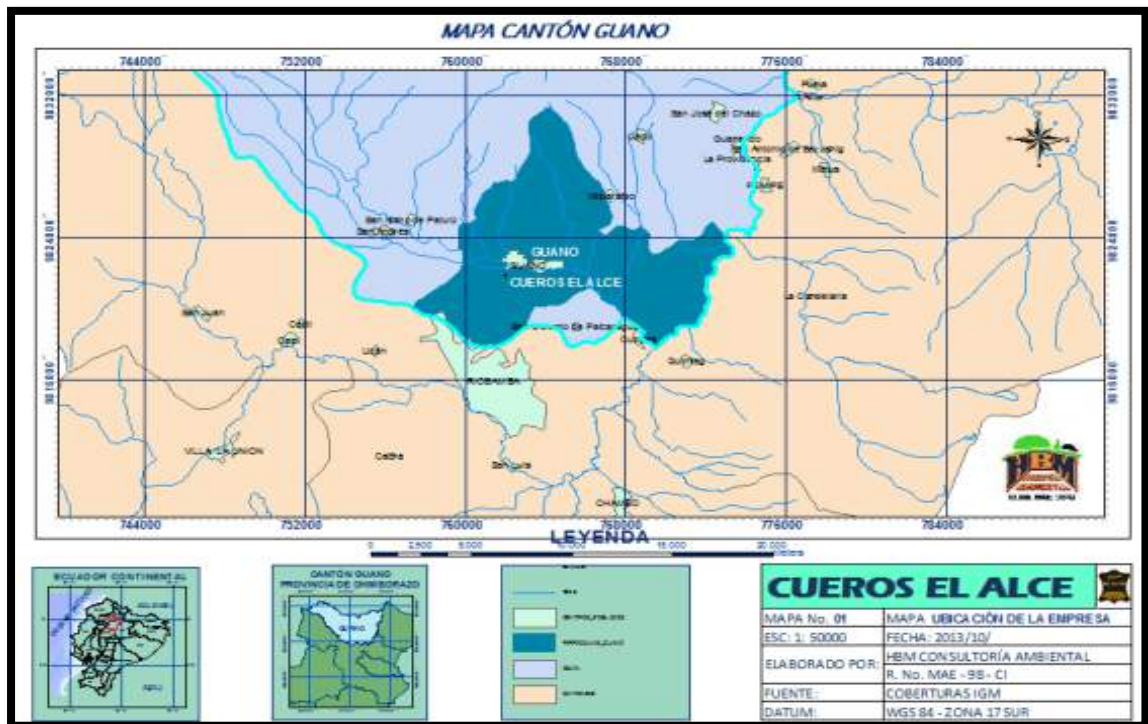


Figura 1-3: Mapa del Cantón Guano
Fuente: Cartografía Base, Instituto Geográfico Militar
Realizado por: Javier Alba, 2018

- ✓ **Clima.** - La Provincia de Chimborazo tiene gran variedad de clima y microclimas. Estos climas son: el tropical, tropical húmedo, subtropical, templado seco, templado húmedo, frío seco, frío húmedo y glacial en los nevados. Esta variedad de climas se debe a las irregularidades del territorio provincial. Las estaciones climáticas de invierno y verano tampoco son uniformes o fijas, se acepta que el verano va de mayo a noviembre, y el invierno de diciembre a abril. La temperatura ambiente tampoco es igual en toda la provincia. El Cantón Guano presenta 4 tipos de clima templado con estaciones marcadas: seca, lluviosa, verano y frío. Según el mapa climático del Ecuador publicado por el INAMHI en el año 2008, el subtipo climático que corresponde para el cantón Guano es el templado – lluvioso.(HBM, 2014, p.16)

- ✓ **Orografía:** El área de estudio se encuentra ubicada sobre una serie de formaciones volcánicas de Pisayambo, Riobamba y Sicalpa pertenecientes al Período del Mioceno/Plioceno. Su litología se encuentra conformada por piroclastos del Chimborazo, rocas basálticas del Tungurahua y Calpi, sedimentos del río Chambo, andesitas, riolitas y otros. (HBM, 2014, p.17)

- ✓ **Hidrología:** La hidrografía de la provincia se complementa con el complejo lacustre de Ozogoche, formado por varias lagunas que dan origen al río Chambo. Otra laguna de

importancia es la de Colta, que se caracteriza por tener abundante vegetación de totoras. Dentro del Cantón Guano existen importantes microcuencas destacándose entre ellas el Río Guano, el mismo que atraviesa la cabecera cantonal de oeste a este, originándose en las faldas del Chimborazo. (HBM, 2014, p.14)

Localización del trabajo de titulación.

El presente proyecto de titulación, será ubicado en el cantón Guano, específicamente será implementado en la curtiembre de cueros “El AL-CE” ubicada en la parroquia el Rosario a la entrada del cantón a 250 m de la carretera, específicamente en las siguientes coordenadas:

Tabla 1-3: Coordenadas de la localización del trabajo de titulación

Punto	COORDENADAS UTM		
	X	Y	Altura
1	762057	9821861	2727
2	762075	9821861	2726
3	762085	9821861	2725
4	762084	9821822	2729
5	762045	9821828	2724

Fuente: COORDENADAS UTM SEGÚN PROYECCIÓN DATUM WGS – 84 Zona 17 Sur.

Realizado por: Javier Alba, 2018



Figura 2-3: Localización Geográfica de la implementación del proyecto

Fuente: Google Maps

Realizado por: Javier Alba, 2018

2. Ingeniería del proyecto.

3.2.1. Tipo de estudio

El presente proyecto es de carácter tipo técnico, en el cual mediante Operaciones Unitarias, técnicas preliminares e investigación teórica-práctica se determinará si es posible su realización, por lo que es indispensable que cuente con un estudio analítico, descriptivo y experimental. Es de tipo descriptivo debido a la recolección de datos y los contenidos técnicos, además se da el control de factores de estudio basados en normas y datos experimentales, al igual que se detallan las variaciones o interacciones de las variables con el fin de obtener un método estándar para su realización.

3.2.2. Métodos y Técnicas

3.2.2.1. Métodos

Para este proyecto tipo técnico se tomara como referencia tres métodos esenciales: Método inductivo, método deductivo y método experimental, estos métodos facilitarán el desarrollo del presente proyecto.

a) Método inductivo

Mediante este método se realiza un estudio de lo particular a lo general, esto dio a conocer el porcentaje de nutrientes importantes que se encuentren en el humus de lombriz, garantizando de manera clara y concisa el desarrollo del proyecto. A su vez, se da una guía mediante la caracterización ya obtenida del producto, lo cual es un dato necesario basado en las normas técnicas establecidas: RD 824 y NTE INEN 211, adquiriendo datos precisos para la elaboración de este proyecto tipo técnico.

b) Método deductivo

Para la obtención correcta de ácido húmico a partir del humus de lombriz, se debe fundamentar en la aplicación exacta de una técnica que permita obtener óptimos resultados a fin de correlacionarlos de manera práctica los datos adquiridos experimentalmente y compararlos con datos validables presentes en las normas pre-establecidas para este proceso.

c) *Método experimental*

Este método se basa en la utilización de equipos tecnológicos e instrumentos adecuados para comprobar o demostrar la veracidad de datos obtenidos en las pruebas de caracterización requeridas, a fin de compararlas y establecer que se encuentren dentro de un rango permitido, así también se puede utilizar este método mediante una simulación del diseño del proceso al cual se espera llegar a fin de obtener ácido húmico.

3.2.2.2. *Técnicas*

Se utilizaron técnicas basadas en la norma INEN y la Norma Española RD 824 para pruebas de caracterización y análisis físico químico para el para producto final.

En la materia prima (humus de lombriz) se adquirió como un producto comercializado como abono de una fuente altamente confiable “**Industrias Bosmediano**”, el *cual expende el producto caracterizado y cumpliendo con lo establecido en la norma INEN 211:98*, lo cual ayudaría a obtener unos resultados favorables.

Para el producto final (Ácido húmico) se realizaron los análisis con respecto a lo establecido en el REAL DECRETO 824:2005 que indica los requisitos para los ácidos húmicos, estos análisis se realizaron en el *Laboratorio Analítico “UBA-LAB”* en cual es un laboratorio que ofrece servicios de análisis, bioquímico, químico, microbiológico y bromatológico. Ubicado en la provincia de Guayas, en la ciudad de Guayaquil, en la avenida Av. Carlos Luis Plaza Dañin, Cdla La FAE MZ 20 solar 12 (frente al primer bloque de la Atarazana). En los anexos F y G, se muestran los resultados obtenidos.

3.2.2.2.1. *Determinación de Nitrógeno Total*

Tabla 2-3: Determinación de nitrógeno total presente en una muestra de abono

FUNDAMENTO	MATERIALES Y REACTIVOS	TÉCNICA	CÁLCULOS
<p>Reducir los nitratos y nitritos a amoníaco. Determinar el nitrógeno total por digestión con ácido sulfúrico, destilación y titulación con solución de hidróxido de sodio o potasio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aleación de varada (50 partes de cobre, 45 partes de aluminio y 5 partes de zinc) • Sulfato de potasio o Sulfato de sodio anhidro • Ácido sulfúrico concentrado 93% a 98% • Hidróxido de sodio o potasio al 40% • Sulfato de cobre • Solución alcohólica de rojo de metilo (1g en 200 ml alcohol) • Granallas de zinc p.a • Solución 0,3 N a 0,5 N de ácido sulfúrico o clorhídrico • Solución de hidróxido de sodio o potasio normalizada 0,3 N a 0,5 N <p>EQUIPOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aparato Kjeldahl (para digestión y destilación). • Balanza analítica sensible a 0,1 mg • Balón Matraz Kjeldahl de 500ml y 800 ml • Matraz Erlenmeyer de 500 ml • Tapón de caucho. 4.6 Bureta de 25 ml 	<p>PROCEDIMIENTO</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ La determinación debe realizarse por duplicado sobre la misma muestra preparada. ✓ Colocar 0,5 g a 0,6 g de muestra en un balón de Kjendahl de 500ml a 800ml. Agregar 1g de aleación de dervada, 32ml de agua destilada y 3ml de hidróxido de sodio o potasio al 40% ✓ Conectar el balón al refrigerante de tal forma que el extremo de salida quede sumergido en un matraz Erlenmeyer de 250 ml con 25 ml de ácido sulfúrico o clorhídrico 0,3 N a 0,5 N, estandarizado. Agregar 55 ml de agua destilada. ✓ Mezclar el contenido del balón y calentarlo fuertemente, hasta obtener 105 ml en el receptor. Apagar la fuente de calor (quitar la llama o poner un asbesto entre la resistencia y el balón) y retirar rápidamente la solución absorbente de la salida del refrigerante, para evitar retroceso del destilado. ✓ Enfriar un poco y adicionar 80 ml de agua destilada. No se debe permitir el enfriamiento total antes de adicionar el agua, pues se forma 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Titulación con indicador rojo de metilo. Agregar al matraz Erlenmeyer dos o tres gotas de rojo de metilo, titular el exceso de ácido con solución de hidróxido de sodio o de potasio 0,3 N a 0,5N aproximadamente. Se realiza un ensayo en blanco. 2. Titulación potenciométrica Calibrar el potenciómetro con buffer pH 4,0 y pH 7,0 8.3. 3. El contenido de nitrógeno total en el fertilizante se calcula mediante la ecuación siguiente: $\%N = \frac{(V_a N_a - V_b N_b) - (V_{ab} N_a - V_{bb} N_b)}{M} \times 1,4$ <p>Dónde:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo eléctrico u otra fuente de calor. • Probeta de 25 ml y 100 ml. • Pipetas volumétricas de 5 ml y 50 ml 	<p>una pasta de difícil disolución.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Enfriar a 25°C y agregar las granallas de zinc metálico, 90 ml de hidróxido de sodio o potasio al 40% (medio fuertemente alcalino), colocarlo lentamente por las paredes del recipiente, girándolo suavemente. ✓ Inmediatamente conectar el balón al refrigerante y la trampa, cuidando que el extremo del refrigerante quede sumergido nuevamente en la misma solución absorbente. ✓ Si la fuente de calor es eléctrico, encenderla 15 min antes de iniciar el proceso. Destilar hasta obtener un volumen final en el receptor, de 210 ml, o una prueba con el papel tornasol rosado (negativo de amonio). 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ V_a = volumen de solución de ácido sulfúrico o clorhídrico en la muestra ✓ N_a = normalidad de ácido sulfúrico o clorhídrico en la muestra ✓ V_b = volumen de hidróxido de sodio o de potasio gastados en la titulación de la muestra ✓ N_b = normalidad del hidróxido de sodio o potasio usado para titular la muestra ✓ V_{ab} = volumen (ml) de ácido sulfúrico o clorhídrico 0,3 N a 0,5 N usado en el blanco ✓ V_{bb} = volumen (ml) de hidróxido de sodio o potasio 0,3 N a 0,5 N usado en el blanco ✓ M = masa de la muestra (g) 1,4 = masa del mili equivalente de nitrógeno por 100
--	--	---	---

Fuente: Norma INEN 2025:2013. Fertilizante, Determinación de nitrógeno total.

Realizado por: Javier Alba, 2018

3.2.2.2.2. Determinación del potasio

Tabla 3-3: Determinación del potasio presente en una muestra de abono

FUNDAMENTO	MATERIALES Y EQUIPOS	TÉCNICA	CÁLCULOS
<p>Precipitar el potasio con un exceso de solución de tetrafenilborato de sodio. Titular este exceso con solución de sal de amonio cuaternaria. El indicador es amarillo Clayton.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica con precisión a 0,1 mg • Placa para calentar • Matraces volumétricos de 100 ml y 250 ml • Pipetas de 15 ml y 50 ml • Probeta graduada de 5 ml • Buretas de 10 ml y 50 ml • Matraz Erlenmeyer de 100 ml y 125 ml • Papel filtro Whatman No. 12, 30 y 42 o equivalentes <p style="text-align: center;">REACTIVOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solución de hidróxido de sodio al 20% • Solución de formaldehído al 37% • Indicador de amarillo Clayton. Disolver 40 mg en 100 ml de agua. • Solución de oxalato de amonio al 4% • Carbón activado libre de potasio. • Solución de tetrafenilborato de sodio (T.F.B.S) al 1,2%. Disolver 12 g de tetrafenilborato de sodio en 800 ml de agua. Agregar de 20 g a 25 g de hidróxido de aluminio. Agitar por 5 min y filtrar con papel 	<p>Preparación de la solución muestra</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fertilizantes mezclados (hasta el 60 %) y sulfato de potasio o magnesio (22 %) <p>Pesar 1,5058 g de muestra y colocarla en un matraz aforado de 250 ml. Agregar 125 ml de agua y 50 ml de solución al 4% de oxalato de amonio. Hervir por 30 min. Agregar 2 g de carbón activado antes de la ebullición si hay materia orgánica. Dejar enfriar, llevar a volumen y homogenizar. Filtrar con papel filtro Whatman No. 30 o su equivalente. Si el filtrado es turbio, filtrar nuevamente con papel Whatman No. 42</p> • Cloruro de potasio (60%) y sulfato de potasio (50%). Pesar 1,5058 g de muestra, colocarla en un matraz de 250 ml, agregar 250 ml de agua. Agitar hasta la disolución completa. Llevar al volumen y homogenizar. <p>Determinación</p>	$K2O = (V1 - V2) \times F \times 2,5 M$ <p>Dónde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • K2O= % del contenido de óxido de potasio V1 = volumen en ml de la solución de tetrafenilborato de sodio agregado • V2 = volumen en ml de la solución de sales de amonio cuaternario de la titulación • F = factor de la solución de tetrafenilborato de sodio • M = masa de la muestra en gramos

	<p>Whatman No. 42 o su equivalente, en un matraz volumétrico de 1000 ml. Lavar el recipiente con agua y filtrar. Al filtrado agregar 2 ml de solución de hidróxido de sodio al 20%. Diluir con agua hasta el volumen y mezclar. Reposar por 48 h y titular la solución.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sales de amonio cuaternarias (S.A.C): • Cloruro de cetiltrimetilamonio (cloruro de zefirán) al 0,625. Diluir 50 ml de cloruro de zefirán al 12,8% con agua hasta 1litro. Mezclar y titular. • Bromuro de cetiltrimetilamonio (CTAB). Disolver 6,5 g de CTAB en agua en un matraz de 1000 ml, diluir hasta la marca y titular. • Fosfato monopotásico • Hidróxido de aluminio • Titulación de soluciones S.A.C. y T.F.B.S <p>a) S.A.C. En un matraz erlenmeyer de 125 ml colocar 2 ml de solución tetrafenilborato de sodio con 40 ml a 50 ml de agua destilada y 2 ml de solución de hidróxido de sodio al 20%, 5 ml de formaldehido, 3 ml de solución de oxalato de amonio al 4 % y 6 a 8 gotas de indicador de amarillo Clayton. Titular con la solución de sal de amonio cuaternaria (cloruro de zefirán o CTAB) hasta un punto final de color rosado, Usar una bureta de 10 ml. Ajustar la solución de tal forma que: 1ml T.F.B.S = 2 ± 0,02 ml S.A.C.</p> <p>b) T.F.B.S. Disolver 2,5 g de fosfato monopotásico en</p>	<ul style="list-style-type: none"> • a) Tomar un alícuota de 15 ml de la solución muestra, colocarla en un matraz de 100ml. Agregar 2ml de solución al 20% de hidróxido de sodio y 5 ml de solución de formaldehido al 37%. Mezclar por rotación. • b) Agregar 1ml de tetrafenilborato de sodio por cada 1% de K₂O que contenga la muestra, más un exceso de 8 ml para asegurar completa precipitación. No rotar ni mezclar la solución al agregar el tetrafenilborato de sodio, porque puede formar mucha espuma. Diluir a volumen y mezclar. • c) Dejar en reposo de 5 min a 10 min y filtrar con papel Whatman No. 12 o su equivalente. • d) Tomar una alícuota con la pipeta de 50 ml y colocarla en un matraz Erlenmeyer de 125 ml, agregar de 6 a 8 gotas de amarillo Clayton. • e) Titular el exeso de solución de tetrafenilborato de sodio hasta el punto de viraje que lo indica una coloración rosada. Usar una bureta de 10 ml. 	
--	---	---	--

	<p>agua en un matraz de 250 ml, colocar 50 ml de la solución de oxalato de amonio al 4%, diluir con agua hasta el volumen y mezclar. Tomar 15 ml (51,92 mg K₂O; 43,1 mg K) en un matraz de 100 ml. Agregar 2 ml de solución de hidróxido de sodio al 20%, 5 ml de formaldehido y 43 ml de solución de tetrafenilborato de sodio. Diluir con agua al volumen. Mezclar y dejar reposar de 5 min a 10 min. Filtrar con filtro Whatman No. 12 o su equivalente. Colocar 50 ml de filtrado en un matraz erlenmeyer de 125 ml, agregar 6 a 8 gotas de indicador de amarillo Clayton y titular el exceso con la solución de la sal cuaternaria. Se calcula la titulación con:</p> $F = 34.61 (V1 - V2)$ <p>Dónde: F = factor equivalente al % de ml K₂O de solución de T.F.B.S. V1 = 43 ml de T.F.B.S. adicionado V2 = ml de SAC usado en la titulación</p>		
--	---	--	--

Fuente: Norma INEN 235:2013: Fertilizantes, Determinación del potasio soluble en agua

Realizado por: Javier Alba, 2018

3.2.2.2.3. *Determinación de PH.*

Tabla 4-3: Determinación del PH

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA	CÁLCULOS
<p>Este método es aplicable a líquidos y soluciones salinas a fin de poder determinar por el cambio de potencial la acidez o basicidad de dicho componente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tubo de ensayo <p style="text-align: center;">REACTIVOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solución 0,1 N de NaOH • Agua destilada 	<p>Conectar y encender el equipo a utilizar.</p> <p>Determinar que el Ph-metro se encuentre perfectamente calibrado. Colocar una pequeña cantidad de la muestra en un tubo de ensayo.</p> <p>Introducir la aza de medición de ph-metro dentro del tubo de ensay con la muestra.</p> <p>Esperar a que se estabilice un valor.</p> <p>Anotar el valor.</p> <p>Lavar el aza de medición con agua destilada y colocarla en su lugar, sumergida en una solución de NaOH 0,1N</p>	<p style="text-align: center;">pH= valor reportado por el equipo</p>

Fuente: Norma AOAC 984.15: Determinación de PH

Realizado por: Javier Alba, 2018

3.2.2.2.4. Determinación del fósforo

Tabla 5-3: Determinación del fósforo de una muestra de abono

FUNDAMENTO	MATERIALES Y EQUIPOS	TÉCNICA	CÁLCULOS
<p>Fósforo total. cantidad absoluta de fósforo contenida en un producto</p> <p>Fósforo soluble en agua. Fósforo que se disuelve en agua.</p> <p>Fósforo insoluble en citrato. Fósforo que conserva el producto, luego de la extracción del fósforo soluble en agua y en solución neutra de citrato de amonio</p> <p>Fósforo asimilable. Fósforo soluble en agua y en solución neutra de citrato de amonio</p>	<ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica. Sensible a 0,1 mg. Matraz Erlenmeyer de 125 ml, 200 ml, 250 ml 300 ml y 500 ml. Plancha eléctrica de calentamiento, con regulador de temperatura. Papel filtro Whatman No.5, o su equivalente. Embudo de porcelana, con disco perforado. Agitador mecánico Frascos con tapón de vidrio Balones aforados de 100 ml papel filtro Whatman No. 40 o su equivalente <p style="text-align: center;">REACTIVOS</p> <ul style="list-style-type: none"> Solución de nitrato de magnesio (950 g enrasar a 1 litro de agua) Ácido perclórico concentrado 70 	<p>Pesar 1g con precisión de 0,1 mg y se procede según los siguientes literales:</p> <p>a) Para fertilizantes que contienen pequeñas cantidades de materia orgánica. Disolver la muestra en una mezcla de 30 ml de ácido nítrico con 3 ml a 5 ml de ácido clorhídrico. Someter a ebullición por 30 min hasta que la materia orgánica sea destruida. Dejar enfriar, trasvasar a un matraz de 200 ml o 250 ml, diluir y enrasar con agua destilada, mezclar y filtrar con papel filtro Whatman No. 40 o su equivalente.</p> <p>b) Para fertilizantes con alto contenido de fosfato de hierro o aluminio y/o escorias básicas. Disolver la muestra en una mezcla de 15 ml a 30 ml de ácido clorhídrico y 3 ml a 10 ml de ácido nítrico. Dejar enfriar, trasvasar a un matraz de 200 ml o 250 ml, diluir y enrasar con agua destilada, mezclar y filtrar con papel filtro Whatman No. 40 o su equivalente.</p> <p>c) Para fertilizantes a base o en mezcla con harina de semilla de algodón o soya. Agregar 5 ml de solución de nitrato de magnesio, dejar evaporar, calcinar y disolver en ácido nítrico. Dejar enfriar, trasvasar a un matraz de 200 ml o 250 ml, diluir y enrasar con agua destilada, mezclar y filtrar con papel filtro Whatman No. 40 o su equivalente.</p> <p>d) Fertilizantes que contienen grandes cantidades de materia orgánica. Disolver en 20 ml o 30 ml de ácido sulfúrico. Someter a ebullición. Adicionar al inicio de la digestión 2 g a 4 g de nitrato de sodio o nitrato</p>	<p>El contenido total de fósforo fosfato se expresa en porcentaje de peso, para ello se utiliza la siguiente ecuación:</p> $\%P2O5 = 0,1348 (VsNS - Va - Na) 250 \times 1$ <p>Dónde:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vs = volumen en mililitros de álcali valorado (disolvente del precipitado) Ns = normalidad del álcali valorado Va = volumen en mililitros de ácido valorado usado en la titulación Na = normalidad del ácido valorado A = volumen en mililitros de la alícuota tomada 142 = peso moléculas del fosfato 62 = 2 veces el peso molecular del fósforo 0,1348 = factor resultante de la división del peso para las moles m = peso en gramos de la muestra tomada

	<p>% - 72 %</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ácido sulfúrico concentrado 96 % - 98 % • Ácido clorhídrico concentrado 35 % - 37 % • Nitrato de sodio o nitrato de potasio - Ácido nítrico concentrado 60 % - 63 % 	<p>de potasio (someter a digestión suave hasta que cese la violencia de la reacción). Agregar una pequeña cantidad del reactivo cuando la solución esté casi incolora. Cuando decolore completamente dejar enfriar. Agregar 150 ml de agua destilada y hervir por unos minutos. Dejar enfriar trasvasar a un matraz de 200ml o 250 ml, diluir y enrasar con agua destilada, mezclar y filtrar con papel filtro Whatman No. 40 o su equivalente.</p> <p>e) Para el resto de fertilizantes. Hervir por 30 min a 45 min con 20 ml a 30 ml de ácido nítrico, hasta oxidar la materia orgánica. Las muestras con gran contenido de materia orgánica deben ser hervidas en balones Kjeldahl. Enfriar y adicionar de 10 ml a 20 ml de ácido perclórico con 70 % a 72 % de concentración. Hervir suavemente hasta lograr una solución incolora y emanación de gases blancos y densos. No hervir a sequedad nunca. Enfriar ligeramente y adicionar 50 ml de agua destilada. Ebulir por unos minutos. Dejar enfriar, trasvasar a un matraz de 200 ml o 250 ml, diluir y enrasar con agua destilada, mezclar y filtrar con papel filtro Whatman No. 40 o su equivalente.</p>	
--	---	---	--

Fuente: Norma NTE INEN 233:2013 Determinación de Fósforo

Realizado por: Javier Alba, 2018.

3.2.3. Datos caracterizados del Humus de lombriz a utilizar y comparación con la norma.

De acuerdo con la norma NTE INEN 211:1998 para tolerancias en fertilizantes, se tienen los datos totalmente acordes a las necesidades planteadas, ya que los mismos se encuentran dentro del rango permitido.

Tabla 6-3: Características físico-químicas del Humus de lombriz adquirido comercialmente

Determinaciones	Unidad (%)		Cumple los parámetros
	Humus de lombriz "Bosmediano"	Norma NTE INEN 211	
	Valor	Valor	
Nitrógeno	1.52	4 o menos	✓
Fósforo	0.65	4 o menos	✓
Potasio	1.8	4 o menos	✓
Calcio	0.64	0.28	✓
Magnesio	0.12	0.33	✓
Hierro	1705 ppm	0.005	✓
Materia Orgánica	37.56	35 - 45	✓
Humedad	54.70	35 - 40	✓
pH	6.3	7 - 8.5	✓

Fuente: norma NTE INEN 211. FERTILIZANTES. Tolerancias

Realizado por: Javier Alba, 2018

Mediante información recolectada sobre los tipos de humus y sus características, se determinó que el tipo de humus más apropiado para la obtención de ácido húmico es el humus joven, el cual presenta un mayor contenido de ácidos húmicos y fúlvicos, y se lo encuentra de forma natural como el humus de lombriz, que de igual manera aporta significativamente más microorganismos benéficos y elementos nutricionales, y son más aceptados en la agricultura orgánica y ecológica. (Ucha, 2011, p.14)

3.2.4. Selección de la materia prima.

La materia prima seleccionada cumple con lo establecido en la NTE INEN 211 Abonos o fertilizantes y los respectivos valores tolerables o límites permisibles para este tipo de productos, por lo tanto se concluye que es totalmente permisible su uso para la extracción y obtención de ácido húmico.

3.2.5. Procedimiento a nivel del laboratorio.

Este procedimiento está basado en resultados obtenidos a nivel de laboratorio, los cuales se realizaron en base a técnicas relacionadas con la obtención de ácidos húmicos mediante hidrólisis ácida.

3.2.5.1. Parte experimental

Sustancias y reactivos.

- 300 g de Humus de Lombriz
- 6 L de agua sin cloro
- 33.663 g de Hidróxido de Potasio o 23.998 g de Hidróxido de Sodio
- 100 ml de Ácido Clorhídrico 6 M (0,83 ml de ácido diluidos en 100 ml de agua)
- Ácido Fluorhídrico

Materiales y equipos

- Recipiente plástico de 10 L.
- Barra metálica o de hierro
- Hornilla industrial a gas
- Un recipiente plástico de 5 L
- Una espátula
- Una pala
- Un vaso de precipitación de 100 ml
- Un matraz Erlenmeyer de 100 ml
- Tamiz con luz de malla de 2 mm
- Una tela o lienzo para filtrar
- Pipeta graduada de 2 ml
- pHmetro

Procedimiento.

- Se pesó el humus de lombriz por un tamiz con una malla de 2 mm y agregar en el recipiente 300 g del mismo. Disolver muy bien 33.663 g de Hidróxido de potasio en un volumen que contenga de 6 L de agua.
- Luego se colocó los 6 L de la solución de hidróxido de potasio 0,1 M en un recipiente plástico de 10 L de capacidad, de ser posible se debe trabajar en una atmósfera de nitrógeno.
- Se coloca el recipiente a baño maría hasta que la mezcla interna alcance una temperatura de 60 °C, se debe agitar constantemente por un lapso de tiempo de al menos 2 horas mientras se mantiene constante la temperatura.
- Luego se mezcló totalmente bien, una vez han pasado las 2 horas se dejó reposar por unas 2 horas más la mezcla bien cubierta, esto con la finalidad de que el hidróxido de potasio o el hidróxido de sodio extraiga la mayor cantidad de sustancias húmicas del humus y las mantenga en disolución.
- Pasado las 2 horas se pasa la mezcla por un lienzo o una tela, con la finalidad de separar el líquido del sólido. El líquido obtenido se conserva ya que es la fuente rica en micronutrientes y sustancias húmicas que se necesita. El sólido resultante según la bibliografía se puede utilizar como abono para el suelo, debido a la presencia de huminas que son unos excelentes mejoradores de la capacidad de intercambio catiónico.
- Una vez se tiene únicamente la parte líquida, se adicionó con ayuda de una pipeta poco a poco el ácido clorhídrico 6 M, teniendo en cuenta el pH que debe alcanzar un pH de 1, realizar esto cuidadosamente para lograr la mayor eficiencia de extracción.
- Luego de esto se dejó reposar al menos unas 4 horas, al realizar esto se evidenciará la separación de dos fases en las que predominan un color café oscuro y un color amarillo más claro. Los ácidos húmicos han precipitado y se han separado de los ácidos fúlvicos.
- Se separó por medio de decantación ambas fases, los ácidos fúlvicos presentar un color amarillo claro, mientras que los ácidos húmicos serán de color negro.
- Estos ácidos húmicos se colocaron en un recipiente plástico y se agregó una mezcla de ácido clorhídrico y ácido fluorhídrico, con el fin de eliminar impurezas que estén presentes, dejar esta mezcla en reposo durante al menos 6 horas.
- Una vez obtenido el ácido húmico, se determinó la densidad de ambos productos, y luego por medio de un procedimiento de espectrofotometría infrarroja se comparó en función de la transmitancia vs el número de onda los grupos funcionales que predominan en el ácido húmico obtenido y el comercial.
- Se colocó el producto en un recipiente aislado con el fin de no provocar su deterioro y se congeló a una temperatura entre 4 – 7 grados centígrados.

3.2.6. Variables del proceso.

Las principales variables a considerar en un proceso a escala industrial para la obtención ácido húmico a partir del humus de lombriz son:

- Temperatura
- pH
- Tiempo de agitación
- Concentración

3.2.6.1. Temperatura.

Este es uno de los parámetros poco considerados en este proceso, sin embargo es necesario su control en un proceso de tratamiento alcalino, para ello es necesario mantener las condiciones óptimas para que se genere totalmente la extracción de sustancias húmicas, en este caso se realizara el tratamiento a fin de obtener ácido húmico. Por tanto el control adecuado de la temperatura debe ir acorde con la evolución de calor asociado con el proceso, es por esto que se debe mantener una temperatura promedio entre 60 °C – 70 °C, ya que en este promedio de temperatura según investigaciones se extraen la mayor proporción de sustancias húmicas. Sin embargo varios autores indican que la temperatura es un factor poco importante, ya que inclusive se llega a realizar el proceso inclusive sin una inducción por calor. (López et al., 2014)

3.2.6.2. PH.

El pH es un factor de gran importancia que debe ser controlado en el proceso de tratamiento alcalino y de hidrólisis ácida, debido a que un pH óptimo favorece que se extraigan con mayor eficiencia las sustancias húmicas. Al igual que sucede durante la hidrólisis ácida, que al agregar una solución de ácido clorhídrico que genera que el pH baje, es necesario mantener el pH entre un valor de 1 y 4, sin embargo a medida que se tenga un valor de $\text{pH} > 1$, el proceso de precipitación de las sustancias húmicas se limitará en el tiempo. (López et al., 2014)

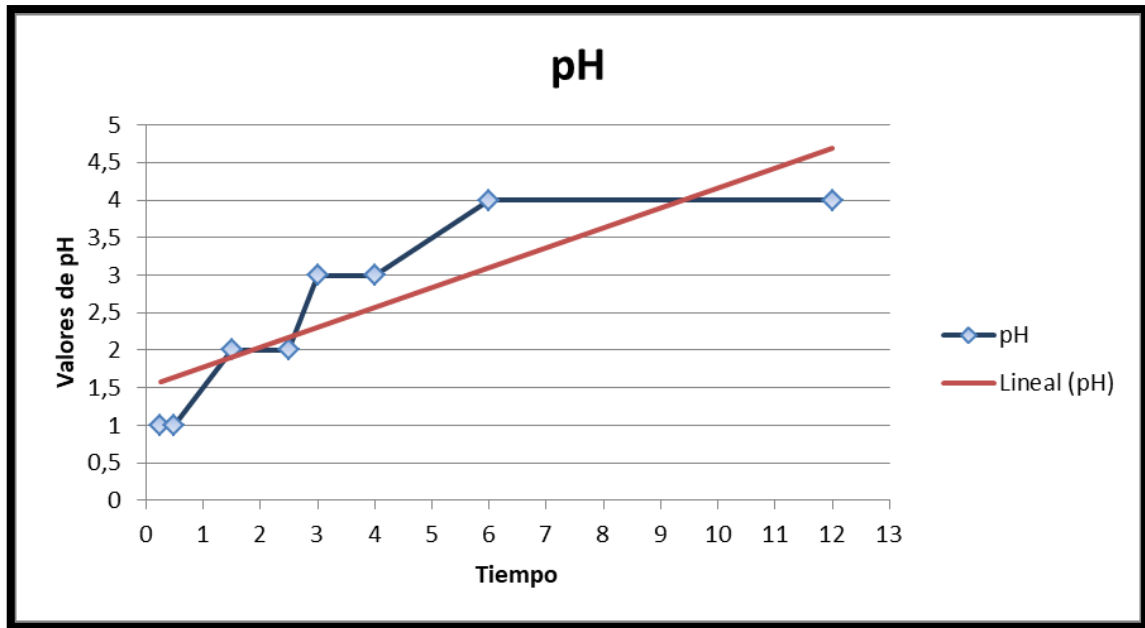


Gráfico 1-3: Diagrama pH/Tiempo (h) de la precipitación de las S.H durante la hidrólisis ácida.
Realizado por: Javier Alba, 2018

3.2.6.3. Tiempo de agitación

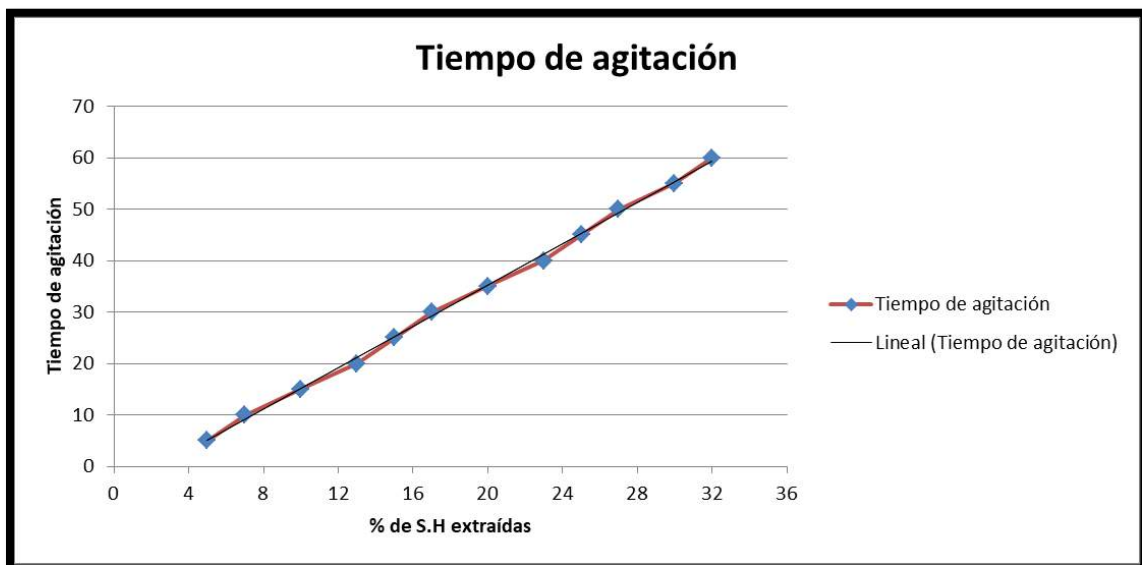


Gráfico 2-3: Diagrama Tiempo de agitación vs % de sustancias húmicas extraídas de un compuesto
Realizado por: Javier Alba, 2018

El tiempo de agitación juega un papel sumamente importante en el proceso de extracción de sustancias húmicas del vermicompost, o de cualquier materia prima de la que se quieran extraer S.H., para este caso se trata de una extracción alcalina en presencia de calor; la bibliografía nos indica que a un mayor tiempo de agitación mayor será la cantidad de sustancias húmicas

extraídas de la materia prima, debido a esto se recomienda un tiempo de agitación de 1:30 – 2:00 horas durante el proceso de extracción en medio alcalino. A diferencia de un realizar el proceso con un tiempo de agitación menor al indicado, lo cual limitaría el porcentaje de sustancias húmicas que quedarían en disolución y listas para continuar en el proceso. (López et al., 2014)

3.2.3.1. Concentración

Es una variable de suma importancia, para el caso de la hidrólisis ácida, un ácido fuerte concentrado brinda un rendimiento de precipitación del ácido húmico mucho mayor en comparación con un ácido débil, es por esto que en este proyecto se utilizó ácido clorhídrico 6 M. Al igual que en la extracción alcalina, el mejor extractante es la sosa caústica o la potasa caústica, obteniendo un porcentaje de extracción de hasta el 80%.

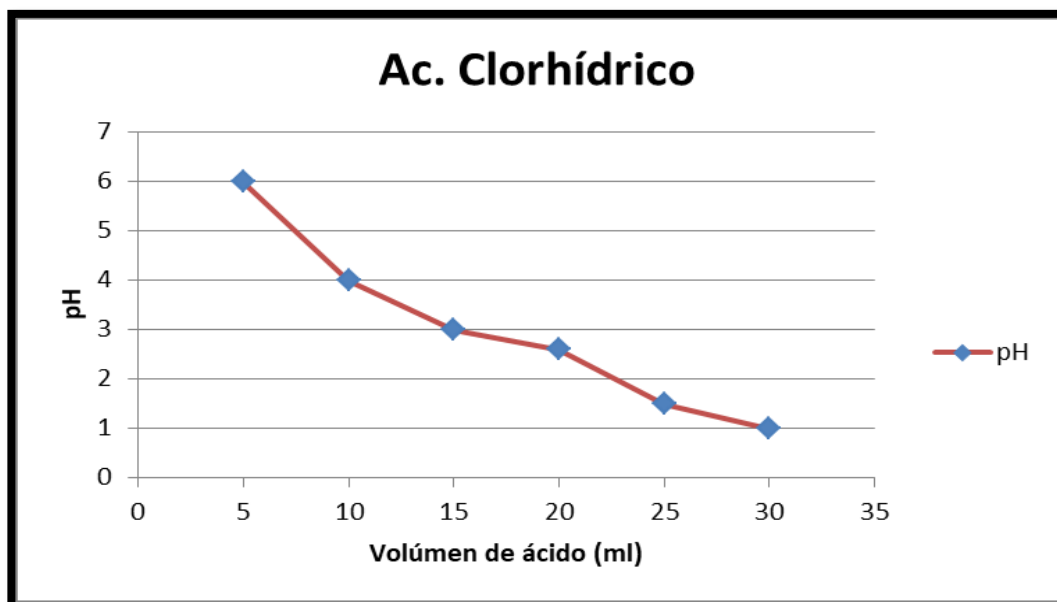


Gráfico 3-3: Diagrama pH vs volumen de ácido clorhídrico 6 M que se coloca en una muestra de 500 ml de humato potásico o Hidrolato de humus.

Realizado por: Javier Alba, 2018

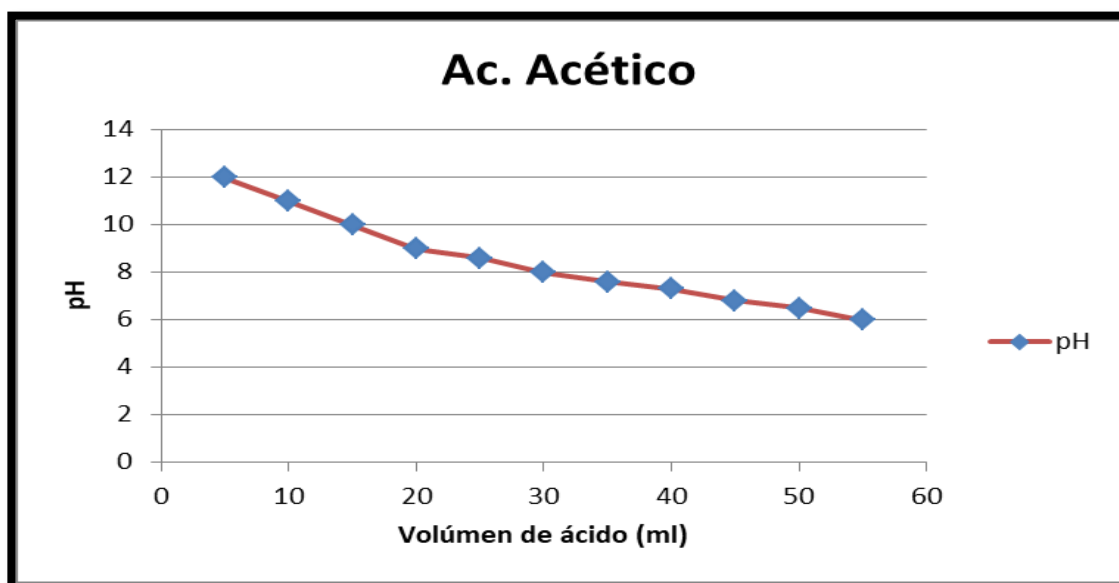


Gráfico 4-3: Diagrama pH vs volumen de ácido acético puro que se coloca en una muestra de 500ml de humato potásico o Hidrolato de humus.

Realizado por: Javier Alba, 2018

Ambos diagramas indican como la concentración de ácidos permite una rápida precipitación del Hidrolato de humus o del humato potásico, independiente del extractante alcalino utilizado. En el gráfico 3-3 se observa como el ácido clorhídrico ocupa un menor volumen para alcanzar rápidamente un valor de pH de 1, generando una precipitación total de ácidos húmicos en un corto tiempo basado entre 20 minutos a 4 horas, según los datos experimentales realizados. A diferencia del ácido acético, el cual para reducir a un pH de 4, para una muestra de 500 ml se utilizó un promedio de entre 80 a 100 ml, sin formar un precipitado y recurriendo a una centrifugación a alta velocidad ocasionando grandes pérdidas de producto.

3.2.7. Validación del proceso.

3.2.7.1. Pruebas de ensayo

Antes de empezar las pruebas de ensayo, es de conocimiento general que existen dos tipos de humus, el humus joven y el humus viejo. El primero posee un mayor porcentaje de ácido húmico y fúlvico que el segundo, es por esto que esta será la materia prima con la que se realizará la experiencia.

Debido a que solo se han realizado extracciones de ácido húmico a partir de la leonardita, el cual es un mineral que se encuentra generalmente en las minas españolas. Se ha realizado un total de 3 muestras, analizando el grado de extracción, las variables, el tiempo y mediante una prueba de caracterización por espectroscopía IR, se determinó la muestra que mayor similitud tuviese con la muestra patrón de ácido húmico obtenida comercialmente como un fertilizante.

Una vez realizado esto, y obtenida la muestra final de ácido húmico, se comparará con lo establecido en el Real Decreto 824 para ácidos húmicos y se procederá a validar el proyecto.

Desarrollo

El proceso para la obtención de ácido húmico a partir de humus de lombriz debe ser validado por los análisis respectivos y las exigencias estipuladas en el Real Decreto 824 y en la norma NTE INEN 0211, normas que dan a conocer las cantidades pertinentes que se debe cumplir para clasificar el producto como ácido húmico.

Con la finalidad de obtener los mejores resultados en la obtención de ácido húmico se realizó tres pruebas, en la cuales se modificaron la concentración de los componentes, el tiempo de agitación y el pH, las cuales están expuestas a continuación:

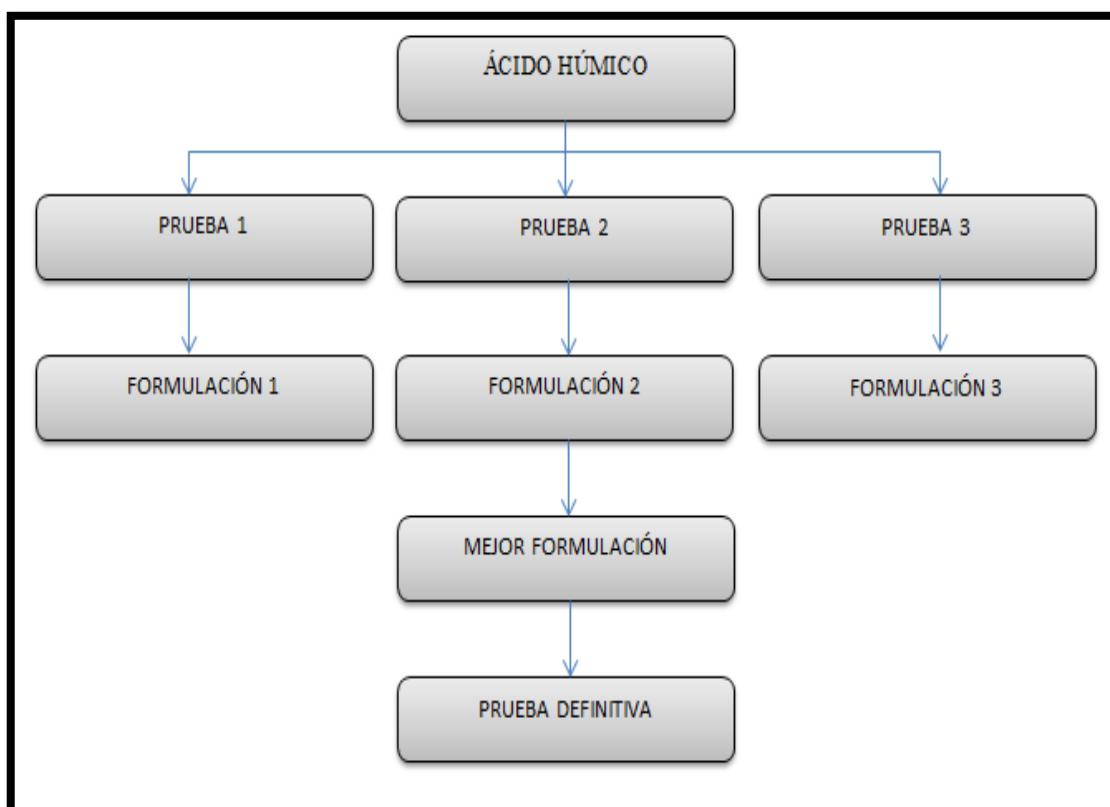


Figura 3-3: Organigrama del proceso a seguir para determinar la mejor formulación.
Realizado por: Javier Alba, 2018

Tabla 7-3: Formulaciones de ensayo para la extracción de ácido húmico

Ensayos de laboratorio para la obtención de ácido húmico		
Prueba #1	Prueba #2	Prueba #3
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 200g de humus de lombriz ➤ 4 litros de agua sin cloro ➤ 16g NaOH ➤ 107ml CH₃COOH ➤ 12,5g Cloruro de Potasio 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 20g de humus de lombriz ➤ 400ml de agua sin cloro ➤ 2,805g KOH ➤ 20,8ml HCl 6M ➤ 1,25g KCl 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 25g de humus de lombriz ➤ 500ml de agua sin cloro ➤ 2g de NaOH ➤ 26ml HCl 6M ➤ 1,56g KCl

Realizado por: Javier Alba, 2018

3.2.7.2. Caracterización IR para las pruebas realizadas

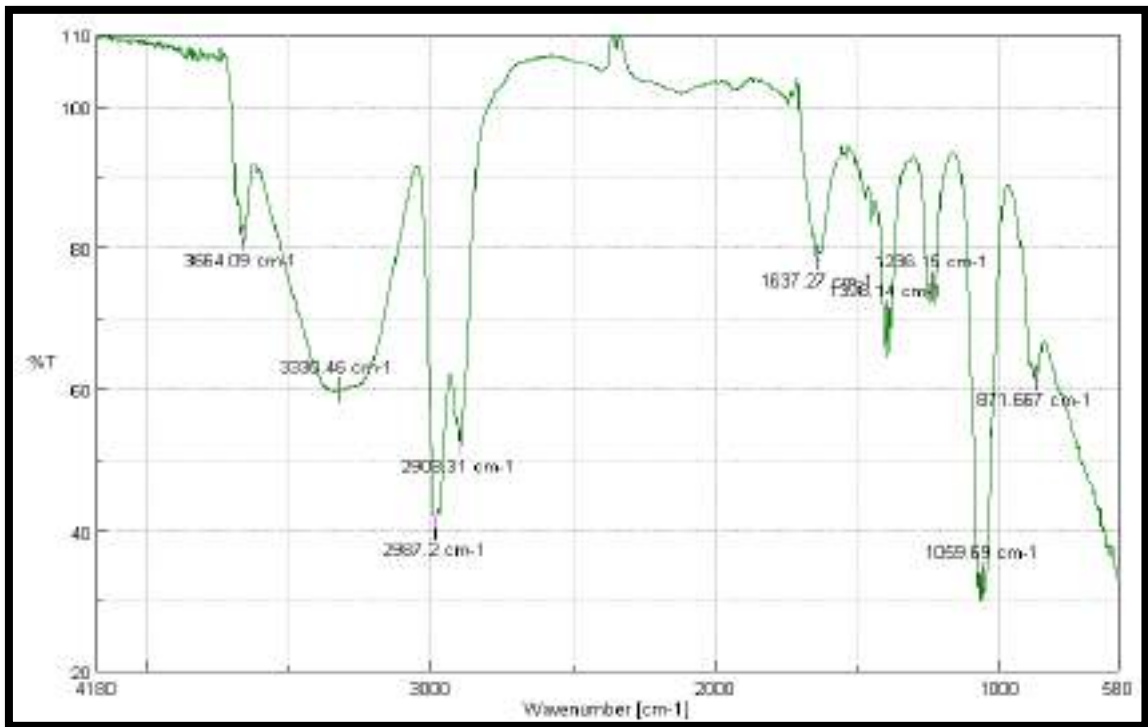


Gráfico 5-3: Espectros IR para la prueba #1

Realizado por: Javier Alba, 2018

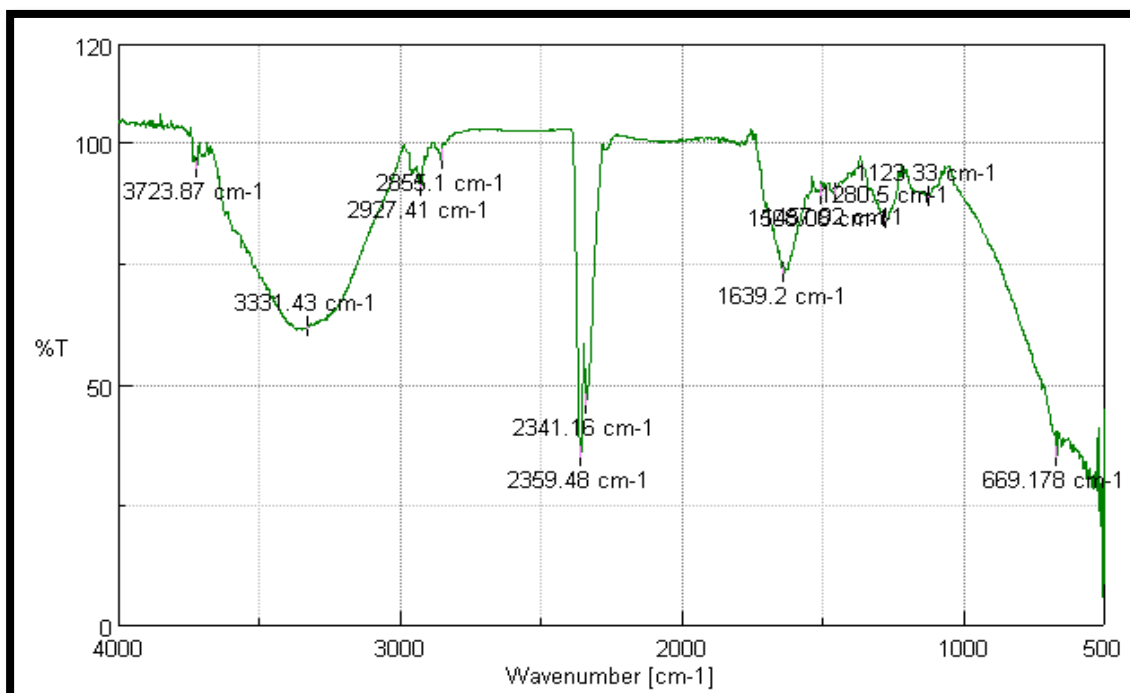


Gráfico 6-3: Espectros IR para la prueba #2
 Realizado por: Javier Alba, 2018

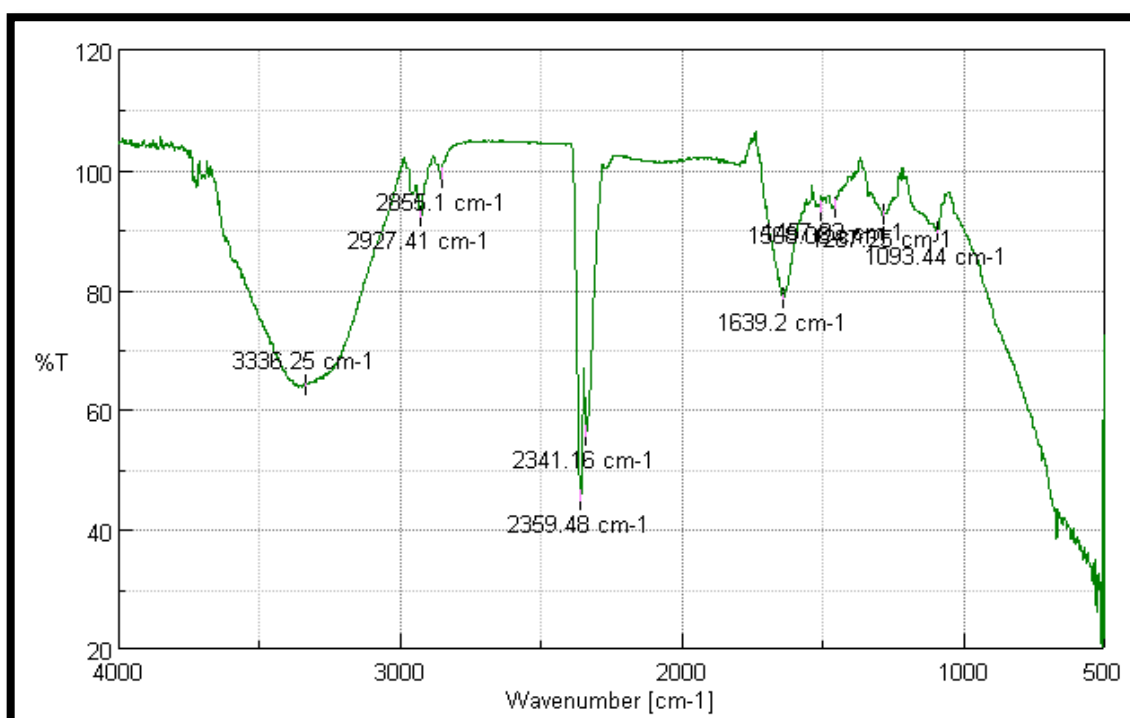


Gráfico 7-3: Espectros IR para la prueba #3
 Realizado por: Javier Alba, 2018

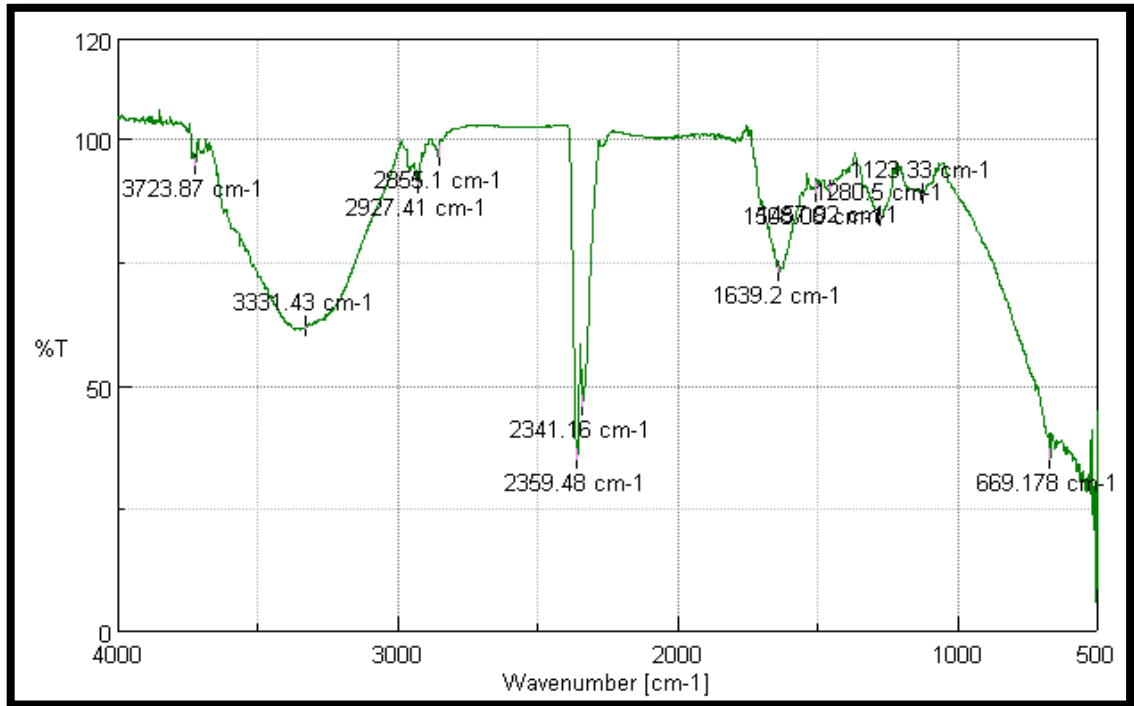


Gráfico 8-3: Espectros IR para una muestra ácido húmico comercial
 Realizado por: Javier Alba, 2018

Tabla 8-3: Comparación de los valores de IR de cada muestra.

<i>Resultado de espectroscopía</i>			<i>Unidades</i>
Prueba #1	Prueba #2	Prueba #3	
3664,09	3371,92	3336,25	cm ⁻¹
3330,46	2927,41	2927,41	cm ⁻¹
2987,2	2855,1	2855,1	cm ⁻¹
2903,31	2360,44	2359,48	cm ⁻¹
1637,27	2341,16	2341,16	cm ⁻¹
1396,14	1627,63	1639,2	cm ⁻¹
1236,15	1509,03	1508,06	cm ⁻¹
1059,69	1456,96	1457,92	cm ⁻¹
871,667	1268,93	1287,25	cm ⁻¹
	1221,68	1093,44	cm ⁻¹
	1211,08		cm ⁻¹
	1024,98		cm ⁻¹
	669,178		cm ⁻¹

Fuente: Caracterización por espectroscopía IR de las muestras de ácido húmico
Realizado por: Javier Alba, 2018

Según se observa y realizando un análisis de los datos registrados de bandas IR que se encuentran en la tabla 9-3, los datos de picos de absorción de la muestra #3 se encuentran totalmente dentro de lo establecido, por ende se comparará estos datos con los datos obtenidos de un ácido húmico de origen comercial.

Tabla 9-3: Comparación entre las bandas IR establecidas, una muestra de ácido húmico comercial y la prueba #3.

<i>Asignaciones</i>	<i>Resultado de espectroscopia</i>			<i>Unidades</i>
	Bandas establecidas	Prueba #3	Ácido Húmico comercial	
<i>Vibraciones del alcohol</i>	1170	1093,44	1123,33	cm ⁻¹
<i>C-OH y C-O-C</i>	1200-1260	1287,25	1280,5	cm ⁻¹
<i>C-H</i>	1440-1460	1457,92	1457,92	cm ⁻¹
<i>C-C</i>	1510-1540	1508,06	1508,06	cm ⁻¹
<i>C=C y C=O</i>	1640-1654	1639,2	1639,2	cm ⁻¹
-	-	2341,16	2341,16	cm ⁻¹
-	-	2359,48	2359,48	cm ⁻¹
<i>C-H de -CH3 y -CH2</i>	2840	2855,1	2855,1	cm ⁻¹
<i>C-H alifático de -CH3 y -CH2</i>	2925	2927,41	2927,41	cm ⁻¹
<i>Vibraciones de los grupos O-H de fenoles, alcoholes y COOH</i>	3300-3500	3336,25	3331,43	cm ⁻¹

Realizado por: Javier Alba, 2018

En la tabla 9-3 se puede diferenciar las cantidades en las bandas reflejadas por el IR, debido a la concentración o el tipo de ácido con el que se realice la extracción.

- **Prueba #1.** Extracción realizada con Hidróxido de sodio 0,1 M y ácido acético, este método presenta un inconveniente el cual es que genera iones acetato, que representan una forma de contaminación en la muestra, además de tener unos registros de banda de absorción muy por fuera de lo comparado con la tabla 9-3.
- **Prueba #2.** Extracción realizada con Hidróxido de potasio 0,1 M y ácido clorhídrico 6 M, en este caso se puede apreciar unas bandas de absorción más pronunciadas, con unos grupos alcoholes y carboxílicos entre el rango promedio, además de poseer una estructura IR con mayor semejanza al IR del ácido húmico comercial.

- **Prueba #3.** Extracción realizada con Hidróxido de sodio 0,1 M y ácido clorhídrico 6 M, esta es la fórmula definitiva, en los gráficos 10-3 y 11-3 se pueden comparar los espectros IR, el número de onda y la transmitancia a la que se midieron los espectros, siendo totalmente semejante la muestra #3 con la del ácido húmico comercial.

Por lo tanto los resultados expuestos en la tabla 9-3, da a conocer la importancia de tener un buen manejo de materiales, contar con un conocimiento adecuado del tema a realizar y evitar la contaminación de la muestra obtenida a partir del proceso de hidrólisis ácida. Todos estos factores mencionados anteriormente son justificativos necesarios para que los espectros infrarrojos se deformen. La obtención de este ácido húmico es una parte fundamental para complementar cualquier fertilizante si se desease, estos ácidos húmicos pueden ser disueltos en agua o en otro material fértilico, logrando así; que de esta manera las plantas optimicen su proceso germinativo y los suelos se acondicionen adecuadamente para el desarrollo furtivo de cualquier plantación.

Una vez obtenida la formulación adecuada resuelta mediante la espectroscopia IR, se procede a formular la muestra destinada a ser analizada, para esto se tendrá como base de cálculo obtener 1,72L de producto.

Formulación definitiva para la obtención de ácido húmico

En base a los resultados reportados por los análisis biológicos de la muestra de ácido húmico obtenido en la prueba 3 (ver tabla 11-3), se puede concluir que dicha formulación (ver tabla 10-3), es la más idónea para usarla como base, realizando las debidas modificaciones en cuanto a las cantidades y concentraciones suministradas para la obtención de ácido húmico. Por lo tanto se deduce la siguiente composición:

Tabla 10-3: Reformulación de ensayo para la muestra #3.

Reformulación para la obtención de 1,72 L de ácido húmico	
Prueba #3	
➤	107 g de humus de lombriz
➤	2,15 L de agua sin cloro
➤	8,6 g de NaOH
➤	112 ml HCl 6M
➤	6,62 g KCl
➤	136 ml KOH 0,1M

Realizado por: Javier Alba, 2018

Tabla 11-3: Análisis biológico de la muestra #3 de ácido húmico.

Identificación	Laboratorio UBA-LAB	
	<i>Unidades (%)</i>	<i>Resultados</i>
Extracto Húmico Total (Ác. Húmico + Ac. Fúlvico)	-	41,50
Ácido Húmico	-	30,68
Ácido Fúlvico	-	10,82

Fuente: Caracterización biológica de la muestra de ácido húmico

Realizado por: Javier Alba, 2018

Tabla 12-3: Análisis físico-químico de la muestra #3 de ácido húmico.

Identificación	Laboratorio CESSTA-ESPOCH	
	<i>Unidades</i>	<i>Resultados</i>
Nitrógeno	(%)	0,10
Potasio	(mg/L)	9000
pH	8,15	

Fuente: Caracterización físico-química de la muestra de ácido húmico

Realizado por: Javier Alba, 2018

Un factor importante a considerar es la cantidad de nutrientes que posee el humus de lombriz, debido a que es un producto normado por la NTE INEN 211, resulta muy satisfactorio según los verificados en el análisis físico químico que viene realizado por defecto; al igual que los análisis de nitrógeno y potasio realizados a la muestra de ácido húmico obtenido, dando resultados positivos y por lo tanto queda totalmente validado que es un recurso que puede ser utilizada para darle un uso agrícola. Previo al desarrollo de la experiencia se ha verificado que el nitrógeno presente el humus de lombriz es de 1,52% (ver Tabla 6-3).

Tabla 13-3: Resultados de pH en cada muestra, durante el proceso de extracción alcalina e hidrólisis ácida.

Identificación	Valores de pH		
	<i>Extracción alcalina</i>	<i>Hidrólisis Ácida</i>	<i>Resultado final</i>
Muestra #1	12,98	3,76	8,06
Muestra #2	12,92	1,04	8,32
Muestra #3	12,96	1,00	8,56

Fuente: Datos Experimentales realizados en el laboratorio

Realizado por: Javier Alba, 2018

Los valores de pH representados en la tabla 13-3, son relativamente básicos, esto se debe a que al final del proceso, luego de obtener el precipitado de ácido húmico y lavarlo mediante un volumen de Ácido Fluorhídrico, es necesario rediluirlo en una cierta cantidad de KOH, ya que si

conserva las propiedades ácidas podría destruir el medio donde se deposite, que generalmente es en suelos o usos agrícolas. La normativa no exige un valor de pH para los ácidos húmicos, sin embargo la experiencia se basó en datos de pH de fertilizantes comerciales que contenían ácidos húmicos, los cuales oscilan un promedio de pH entre 8 y 9.

Según el Real Decreto 824 para productos fertilizantes, establece que un ácido húmico como tal, debe cumplir con un porcentaje mínimo de extracto húmico total (Ácido Húmico + Ácido Fúlvico), y una cantidad de Nitrógeno y Potasio que no posee porcentaje mínimo, para estos dos últimos se utilizará la norma NTE INEN 0211, que establece los porcentajes de Nitrógeno y Potasio según resultados establecidos en unidades de mg/L. La muestra de ácido húmico obtenida cuenta con un porcentaje de Nitrógeno y Potasio considerable, esto más que nada debido a la contribución de estos micronutrientes por parte de la materia prima de la que se está realizando la experiencia (ver tabla 12-3).

Formulación a gran escala para la obtención de un ácido húmico

En base a los resultados reportados por los análisis biológicos de la muestra de ácido húmico obtenido en la prueba 3 (ver tabla 12-3), se puede concluir que dicha formulación (ver tabla 10-3), es la más idónea para usarla como base, realizando las debidas modificaciones en cuanto a las cantidades y concentraciones suministradas para la obtención de ácido húmico. Por lo tanto se deduce la siguiente composición a mediana escala:

Tabla 14-3: Formulación para la elaboración de 20 L de ácido húmico

Componentes	Cantidades	Unidades
Humus de Lombriz	1,25	Kg
Agua sin cloro	25	L
NaOH	0,1	Kg
HCl 6M	1,3	L
KCl	0,077	Kg
KOH 0,1M	1,593	L

Realizado por: Javier Alba, 2018

Tomando en cuenta que la formulación de la tabla 14-3 es a mediana escala, no se realizará el procedimiento debido a la falta de recursos, sirviendo esta formulación como guía para futuros procedimientos a realizar por cualquier entidad que encuentre en estos datos la respuesta a alguna duda.

Tabla 15-3: Cumplimiento de los análisis con lo establecido en las normas.

Identificación	Laboratorio UBA-LAB		Real Decreto 824 (valor min) (%)
	<i>Resultados</i>	<i>Unidades reportadas (%)</i>	
Extracto Húmico Total	41,50	-	15
Ácido Húmico	30,68	-	7
Ácido Fúlvico	10,82	-	8

Fuente: Resultados tomados del anexo G.

Realizado por: Javier Alba, 2018

Tabla 16-3: Cumplimiento de los análisis con lo establecido en las normas.

Identificación	Laboratorio CESSTA-ESPOCH			Norma NTE INEN 0211 (+/-)
	<i>Unidades reportadas</i>		<i>Transformadas a %</i>	
Nitrógeno (N)	0,10	%	0,10	0,49
Potasio (K ₂ O)	9000	mg/L	0,93	0,41

Fuente: Resultados tomados del anexo F. Transformados a %

Realizado por: Javier Alba, 2018

3.2.7.3. Análisis biológico y físico químico del ácido húmico.

Con el objetivo de validar nuestro producto, los valores reportados por el análisis del ácido húmico deben estar acordes o dentro del límite de los valores señalados en el Real Decreto 824 y la norma NTE INEN 0211. Al comparar con lo establecido en la norma, se concluye que la formulación idónea es la reportada en la tabla 10-3. Así, entonces se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 17-3: Análisis biológico del ácido húmico a partir del humus de lombriz.

Identificación	Comparación de Análisis en (%)		Valor aceptable
	<i>Laboratorio</i>	<i>Norma RD 824</i>	
Extracto Húmico Total	UBA-LAB	41,50	✓
Ácido Húmico	UBA-LAB	30,68	✓
Ácido Fúlvico	UBA-LAB	10,82	✓

Realizado por: Javier Alba, 2018

Tabla 18-3: Análisis físico-químico del ácido húmico a partir del humus de lombriz.

Identificación	Comparación de Análisis en (%)		Valor aceptable
	Laboratorio	Norma NTE INEN 0211	
Nitrógeno (N)	CESSTA	0,10	✓
Potasio (K ₂ O)	CESSTA	0,93	✓

Realizado por: Javier Alba, 2018

3. Procesos de producción.

3.3.1. *Materia prima, aditivos y reactivos.*

En el proceso para la obtención de ácido húmico, a más de la materia prima es indispensable el uso de otros componentes, los cuales cumple una función diferente dentro del proceso al combinarse entre sí.

3.3.1.1. *Materia Prima.*

Es una sustancia natural o artificial que se utiliza como base para la elaboración de un producto mediante una transformación industrial que se da lugar por diferentes operaciones unitarias (Cáceres, 2015), la materia prima para el proceso de elaboración de ácido húmico es el humus de lombriz, que es una materia prima renovable producto de la descomposición de materia inerte en el intestino de las lombrices de tierra, y será la base fundamental para nuestro proceso.

3.3.1.2. *Aditivos.*

Dicho término hace referencia a cierto componente que se agrega total o parcialmente en la elaboración de un producto (Pérez & Gardey; 2015), en la elaboración de ácido húmico los aditivos agregados son los diversos tipos de compuestos minerales que se puede adicionar, para este caso únicamente un cierto porcentaje de cloruro de potasio.

3.3.1.3. *Reactivos.*

El término reactivo se relaciona totalmente a aquello que genere o produzca un efecto de reacción, de manera simplificada, un reactivo se refiere a una sustancia que permite identificar o encontrar la presencia de otra sustancia extraña y que, a través de un encuentro, da lugar a la que se formen nuevos productos (Pérez & Merino, 2013). En el proceso para la obtención de ácido húmico, un reactivo utilizado es el hidróxido de sodio o potasio (NaOH o KOH) el cual

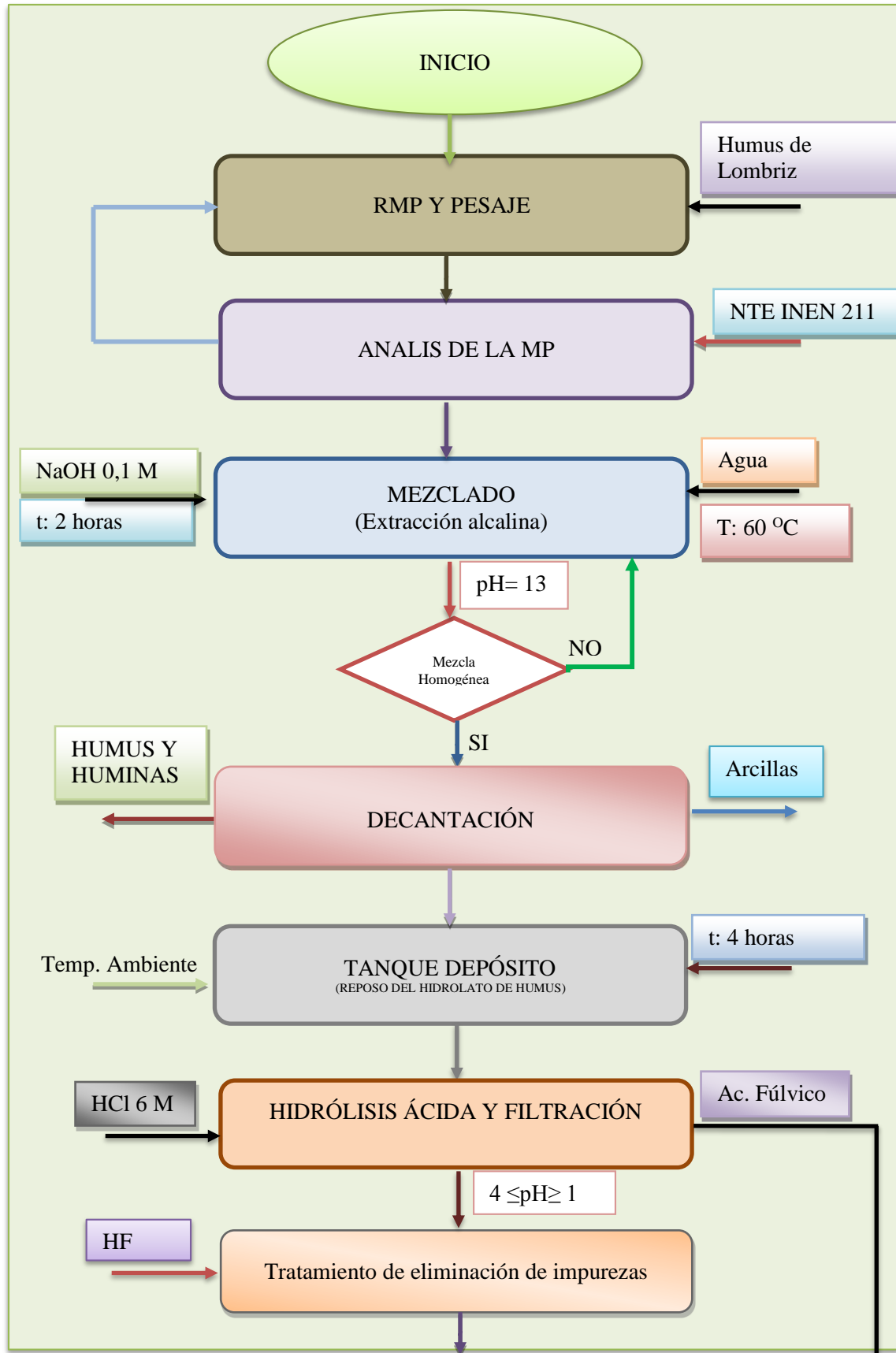
mediante su acción ayuda a estabilizar el pH óptimo para la extracción de las sustancias húmicas presentes en el humus, otro reactivo utilizado es HCl el cual mediante su acción ayuda a reducir el pH y por ende generar la precipitación del ácido húmico y la separación en dos fases en el proceso de hidrólisis ácida.

Tabla 19-3: Componentes utilizados en el proceso de obtención del ácido húmico

COMPONENTES	DESCRIPCIÓN
Materia Prima	<ul style="list-style-type: none">• Humus de lombriz
Aditivos	<ul style="list-style-type: none">• Cloruro de Potasio• H₂O
Reactivos	<ul style="list-style-type: none">• NaOH o KOH• HCl

Realizado por: Javier Alba, 2018

3.3.2. Diagrama del Proceso



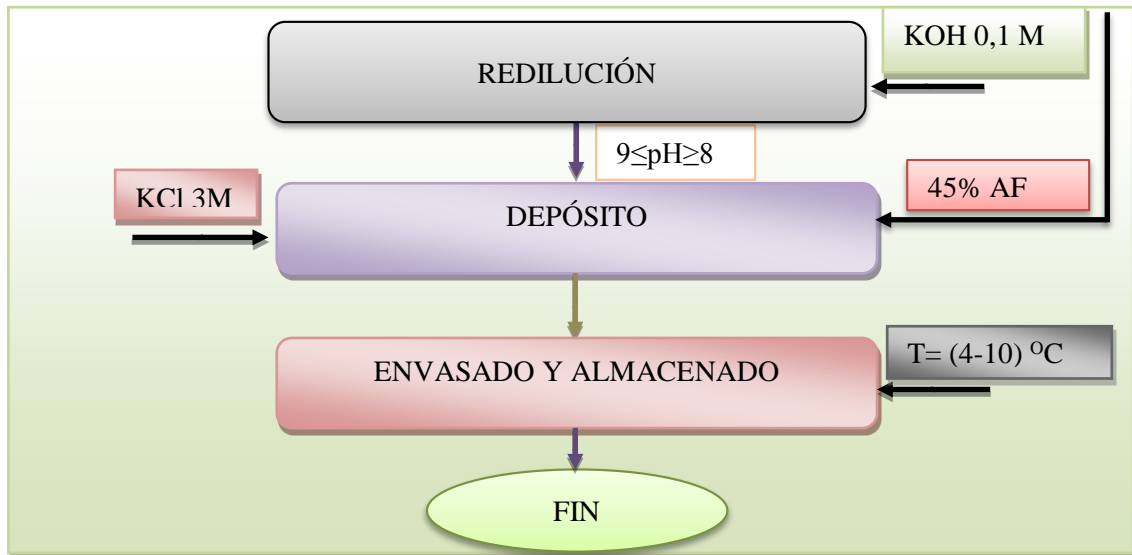


Gráfico 9-3: Diagrama de proceso para la obtención de ácido húmico a partir de humus de lombriz

Realizado por: Javier Alba, 2018

La producción de ácido húmico a escala industrial tiende a seguir los siguientes pasos:

- Identificar que el humus de lombriz que se utilizará como materia prima para el proceso de extracción alcalina y posteriormente la obtención del ácido húmico se encuentre fresco, lo cual es importante para la conservación de sus características principales, de esta forma se impedirá variabilidad en razones de pH y una posible contaminación con agentes externos.
- Tomar una muestra representativa del lote de humus, analizar el tipo de pH que debe tener un promedio entre 6 a 8 y la cantidad de materia orgánica que debe estar entre un 30% a 50%, a fin de poder determinar si contamos con un humus de lombriz estable dentro de los parámetros establecidos por la norma NTE INEN 211 para abonos o fertilizantes, posterior a ello se procede a realizar el proceso de extracción alcalina.
- Disponer previamente de todos los componentes necesarios para un lote de 400 L, para ello se requiere agregar 444 L de agua sin cloro en una mezcla en conjunto con 1,77 Kg NaOH, en una cantidad de 22,22 Kg de humus; esta mezcla de NaOH y agua ayuda a elevar el pH de humus, adecuando el medio para que las sustancias húmicas presentes queden en disolución, esto es indispensable para proseguir con el proceso de hidrólisis ácida. En un tanque agitador que se encuentre totalmente higienizado y esterilizado, introducir todos los componentes anteriormente mencionados y dar inicio al proceso de extracción alcalina a una temperatura establecida entre $60 \pm 5^{\circ}\text{C}$, asegurando que el proceso de mezclado siga las condiciones totalmente adecuadas.
- El tanque de agitación cuenta con una tapa hermética lo que impedirá la salida o ingreso de cualquier componente, logrando así un ambiente óptimo libre de microorganismos, el calor

es suministrado por un caldero generador de vapor para el tiempo estimado para el proceso que es de 2 a 4 horas. Este tanque de agitación está equipado con una doble chaqueta, lo cual ayuda a que la temperatura se distribuya proporcionalmente.

- Luego, se realiza una decantación para separar la parte líquida del sólido sobrante de humus, este sólido está compuesto por minerales y huminas, las cuales son excelentes compositores de la capacidad de intercambio catiónico, el cual es indispensable para el suelo, por ende se puede seguir utilizando como abono una vez se deja secar y realizando un lavado con HCl.
- La parte líquida sigue el proceso, para lo cual se debe depositar en un tanque depósito por al menos entre 1 a 2 horas, esto con la finalidad de que la mezcla se estabilice.
- La culminación del proceso se establece luego del periodo de tiempo establecido, y se termina mediante la adición de una mezcla de HCl 6M, alcanzando un pH óptimo de entre 1 a 4, en este valor de pH se generan dos fases, una fase líquida color amarillo claro que se identificará como ácido fúlvico y una fase sólida color negra que identificará a los ácidos húmicos. Este proceso se debe dejar en reposo por al menos 2 horas para que se genere el mayor precipitado.
- Una vez la mezcla se encuentra en las dos fases se debe realizar una decantación y separar la fase sólida de la líquida, una vez separados los ácidos húmicos se deben introducir en un volumen de HF en un recipiente plástico (PET o PP) y agitar por al menos 6 horas con el fin de eliminar impurezas, luego de esto se debe retirar el ácido húmico y rediluirlo en KOH hasta alcanzar un pH de entre 8 y 9, es necesario realizar esta operación para reducir la concentración del sodio que afecta su uso en medio agrícola y subir una concentración de iones “K” que genera riqueza al suelo, luego de esto se debe agregar KCl.
- Para obtener finalmente el producto, es necesario agregar una cierta cantidad de ácido fúlvico correspondiente al 45% de su volumen total, luego de esto se tomará una muestra y se determinará la validez y estándares de calidad establecidos en el RD 824 para productos fertilizantes y en la norma NTE INEN 211 abonos, para finalmente pasar al proceso de envasado.
- En la fase de envasado se determina el volumen y la cantidad de envases a ser dosificados en función de la cantidad de producto obtenido, dicho proceso se lo realiza manualmente con ayuda de un dosificador semiautomático al cual llega el producto desde el contenedor de almacenamiento, posterior al proceso de envasado el producto debe ser sellado al vacío y taponado a fin de evitar algún tipo de contaminación cruzada.
- Una vez envasado y taponado el ácido húmico debe atravesar un área de cuarentena exenta de humedad y a temperatura ambiente, donde se determinará si con el paso del tiempo este producto no altera sus propiedades en base a sus características básicas como pH, color, olor.

- Ya estabilizado el producto, puede pasar al área de bodega donde se despachara a diferentes lugares en función de su requerimiento.

A continuación se detalla la tabla con la formulación de los componentes y las proporciones requeridas para la elaboración de un lote de 400 L de ácido húmico, en la cual además se especifica las cantidades si se desea realizar una extracción alcalina con hidróxido de sodio o hidróxido de potasio.

Tabla 20-3: Formulación para la obtención de ácido húmico a escala industrial

Sustancia Requerida	CANTIDAD
Humus de lombriz	25,11 Kg
Hidróxido de Sodio	2 Kg
Agua sin cloro	500 L
Ácido Clorhídrico 6 M	26 L
Cloruro de Potasio	1,55 Kg
Ácido Fluorhídrico 0,3 M	31,27 L
Hidróxido de Potasio 0,1 M	31,86 L

Realizado por: Javier Alba, 2018

3.3.3. Aplicación del producto.

Los ácidos húmicos al presentar una gran versatilidad para su uso debido a su condición líquida, permiten su aplicación en extensiones considerablemente grandes y en tiempos considerablemente bajos, esto se debe realizar mediante la ayuda de una bomba de aspersión, así mismo pueden ser aplicados de forma foliar o directamente al suelo. (JISA, 2018, p.4)

Tabla 21-3: Cuadro de dosificación y usos

ÁCIDOS HÚMICOS		
Cultivos	Dosis L/200 L	Periodo de aplicación
Algodón	1 – 1,5	Antes de la floración
Tomate Páprika	1 – 1,5 1 – 1,5	Antes de la floración. Al inicio de la fructificación

Melón Sandía	1 – 2	Antes de la floración. 1-2 veces pasando 2 semanas
Arroz	1 – 2	1-2 veces pasando 2 semanas
Vid Manzana Durazno	1 – 2	Después de reventar las yemas. Repetir a la caída de los pétalos.
Cítricos	1 – 2	Al momento del brotamiento. Repetir a los 15 días después del cuajado.

Fuente: DROKASA, 2014

Realizado por: Javier Alba, 2018

3.3.4. Cálculos de Ingeniería

3.3.4.1. Datos adicionales.

Densidad del Hidróxido de sodio en solución de agua, dato tomado de (Vladimir Castillo, 2013) para el diseño de un agitador de fluidos

$$\rho = 1100 \frac{Kg}{m^3}$$

Determinación de la masa del Hidróxido de Sodio

$$X(gNaOH) = 0,1 \frac{mol}{L} NaOH * \frac{40 g}{1 mol} * \frac{1 L}{1000 L} * 100 ml \quad Ec.1$$

$$m NaOH = 0,4 g$$

Determinación de la viscosidad del Hidróxido de Sodio 0,1 M

$$\mu = \frac{2g(\rho_c - \rho_{NaOH}) * r^2}{9 * v} \quad Ec.2$$

$$\mu = \frac{2(9,8)(2052,9 - 1100) * (0,011)^2}{9 * (216,45)} = \frac{1.160 \times 10^{-3} Kg}{ms} = 0,0116 \frac{g}{cms} = 1,164 cP$$

3.3.4.2. Cálculos para dimensionar un tanque de agitación.

Volumen Real de materia prima a utilizar

$$V_r = \frac{m}{d} \quad \text{Ec. 3}$$

$$V_r = \frac{m}{d} = \frac{500 \text{ Kg}}{1100 \text{ Kg/m}^3} = 0,45454 \text{ m}^3 = 454,54 \text{ L}$$

Volumen de seguridad

$$V = f_s * V_r \quad \text{Ec. 4}$$

$$V = f_s * V_r = (0,15 * 454,54) = 68,18 \text{ L}$$

Volumen total

$$V_t = V + V_r \quad \text{Ec. 5}$$

$$V_t = V + V_r = 454,54 + 68,18 = 522,72 \text{ L}$$

Altura del tanque

$$h = \frac{V_t}{\pi * r^2} \quad \text{Ec. 6}$$

$$h = \frac{V_t}{\pi * r^2} = \frac{522,72}{\pi * (0,35^2)} = 1,35 \text{ m}$$

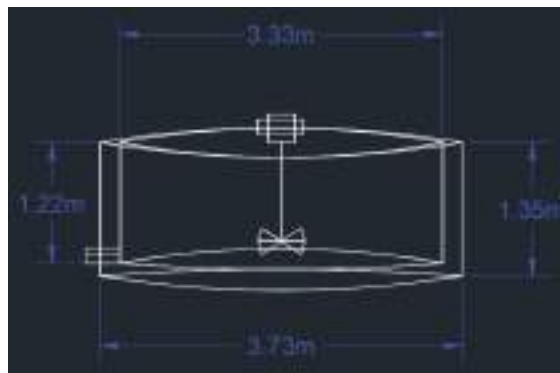


Figura 4-3. Altura del tanque de agitación
Realizado por: Javier Alba, 2018

Altura de la chaqueta para ingreso de vapor

$$h_{chaqueta} = \frac{h}{1 + f} \quad \text{Ec. 7}$$

$$h_{chaqueta} = \frac{1,35 \text{ m}}{1 + 0,10}$$

$$h_{chaqueta} = 1,22 \text{ m}$$

Área del tanque de agitación

$$A = 2\pi r(h + r) \quad \text{Ec.8}$$

$$A = 2\pi * 0,35 * (1,35 + 0,35)$$

$$A = 3,73m^2$$

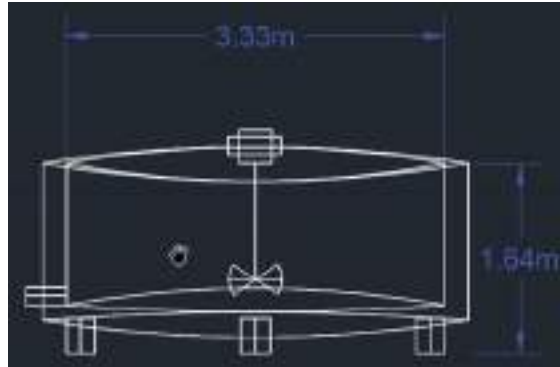


Figura 5-3. Área del tanque de agitación
Realizado por: Javier Alba, 2018

Longitud entre el brazo y el fondo del tanque (L_f)

$$L_f = \frac{1}{2} * \Phi_t \quad \text{Ec. 9}$$

$$L_f = \frac{1}{2} * 0,70$$

$$L_f = 0,35m$$

Longitud del brazo de agitación

$$L_b = h - L_f \quad \text{Ec. 10}$$

$$L_b = 1,35 - 0,35$$

$$L_b = 1,00m$$



Figura 6-3. Longitud del brazo de agitación
Realizado por: Javier Alba, 2018

Espesor del rodete

$$E_r = \frac{1}{10}(L_b) \quad \text{Ec. 11}$$

$$E_r = \frac{1}{10}(1,0)$$
$$E_r = 0,1m$$

Díámetro del rodete

$$\phi_r = \frac{2}{3}\phi_t \quad \text{Ec. 12}$$

$$\phi_r = \frac{2}{3}(0,70)$$

$$\phi_r = 0,47m$$

Número de Reynolds

$$N_{Re} = \frac{\phi_r^2 * N * \rho}{\mu} \quad \text{Ec. 13}$$

$$N_{Re} = \frac{(0,47)^2 * (1,67) * 1100}{0,00116} = 349821,8$$

Potencia

$$P = \left(\frac{k}{gc}\right) * (\rho * N^3 * \phi_r^5) \quad \text{Ec. 14}$$

$$P = \left(\frac{1,00}{1}\right) * (1100 * 1,67^3 * 0,47^5)$$

$$P = 117,49W$$

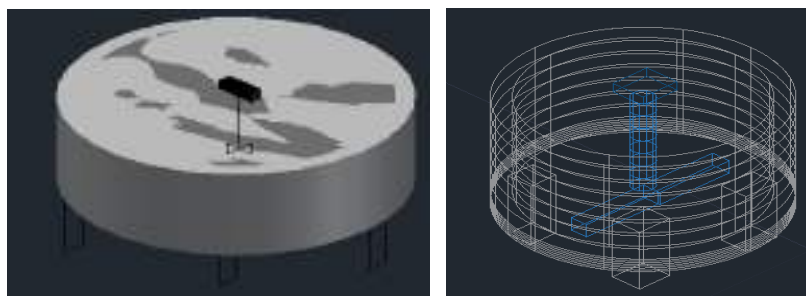


Figura 7-3. Diseño del tanque de agitación mediante el uso de AutoCAD
Realizado por: Javier Alba, 2018

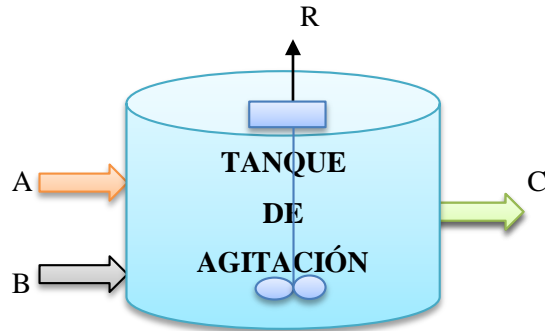
3.3.4.3. Balance de masa.

$$\text{Entrada} = \text{Salida} + \text{Acumulación}$$

Ec.15

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

Tanque de Agitación (Mezcla-Extracción alcalina)



$$A + B - R = C$$

Ec.16

Residuo generado

$$20 \text{ L} \longrightarrow 488 \text{ g}$$

$$500 \text{ L} \longrightarrow 12200 \text{ g}$$

Transformación de unidades

- **HUMUS**

$$25,11 \text{ Kg} * \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} = 25110 \text{ g Humus de lombriz}$$

- **NaOH 0,1M (NaOH + Agua)**

$$0,1 \frac{\text{mol}}{\text{l}} \text{ NaOH} * \frac{40 \text{ g}}{1 \text{ mol}} * 500 \text{ L} = 2000 \text{ g NaOH}$$

$$500 \text{ L} * 1100 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} = 550000 \text{ g NaOH 0,1M}$$

Balance de masa

$$25110,00 \text{ g Humus} + 550000 \text{ g NaOH 0,1M} - 12200 \text{ g R.H} = C \text{ g H.H}$$

$$C = 562910,00 \text{ g H.H}$$

Transformación a unidades de volumen

$$\frac{562910 \text{ g} * \text{L}}{1200 \text{ g}} = 469,09 \text{ LH.H}$$

Dónde:

H.H= Hidrolato de Humus

R.H= Residuo de Humus

3.3.4.4. Balance de energía.

$$Qm = k * A * \frac{dT}{dx} \quad Ec. 17$$

$$Qm = \frac{k * A * (TA - TH)}{l}$$

$$Qm = \frac{16,28 * 3,73 * (333 - 293)}{2,19}$$

$$Qm = 1107,04 W$$

$$Qm = 1107,04 W * \frac{1KW}{1000W} * \frac{\frac{1Kcal}{h}}{0,001163KW} = \frac{951,88Kcal}{h}$$

Cálculo del flujo de calor total que sale de la caldera

$$Qganado = Qperdido \quad Ec. 18$$

$$QT = QH2O + Qm$$

$$QT = 23,88 + 951,88$$

$$QT = 975,76 \frac{Kcal}{h}$$

Coefficiente global de transferencia de calor

$$Qm = A * U * \Delta T \quad Ec. 19$$

$$U = \frac{Qm}{A * (TA - TH)}$$

$$U = \frac{951,88}{3,41 * (60 - 20)}$$

$$U = 6,97 \frac{J}{m^2 * s * ^\circ C}$$

Rendimiento del Reactor

$$\%R = \frac{\text{Hidrolato de Humus}}{\text{Alimentación}} * 100 \quad \text{Ec. 20}$$

$$\%R = \frac{469,09L}{500L} * 100$$

$$\%R = 93,81\%$$

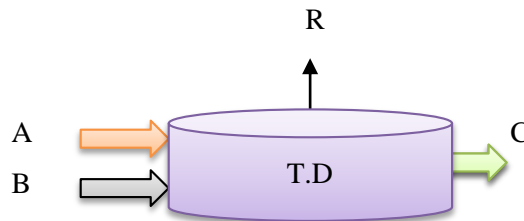
Eficiencia del reactor

$$\eta = \frac{QT - QH_2O}{QT} \quad \text{Ec. 21}$$

$$\eta = \frac{975,76 - 23,88}{1933,24} * 100$$

$$\eta = 49,23\%$$

Tanque de almacenamiento (Hidrolato de humus + ac. clorhídrico)



Entrada = Salida

Residuo generado

$$A + B = C + R \quad \text{Ec. 22}$$

$$A + B - R = C$$

$$20 \text{ L} \longrightarrow 9,8 \text{ L}$$

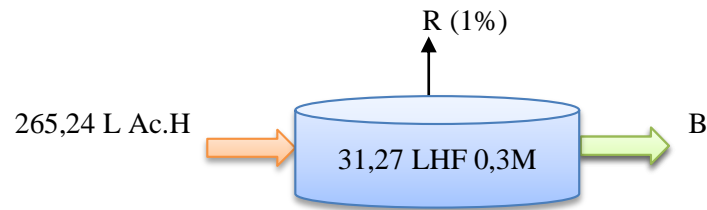
$$469,09 \text{ L} \longrightarrow 229,85 \text{ L}$$

Balance de masa

$$469,09 \text{ LH.H} + 26,00 \text{ LAc.Cl 6M} - 229,85 \text{ LA.F} = C$$

$$C = 265,24 \text{ L Ác. Húmico}$$

Sistema de eliminación de impurezas (HF + Ác. Húmico)



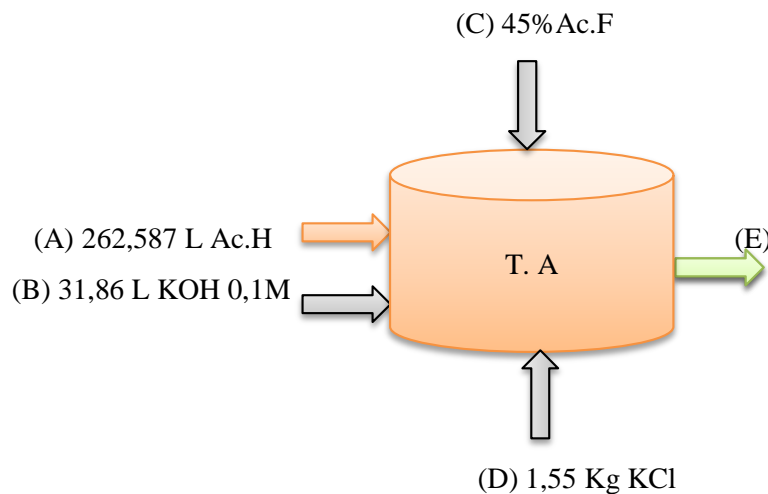
Balance de masa

$$A - A(1\%) = B \quad \text{Ec.23}$$

$$265,24 \text{ L Ác. H} - 265,24(1\%) = B$$

$$B = 262,587 \text{ L Ác. Húmico}$$

Sistema de depósito (Ác. Húmico + KOH)



$$\rho = \frac{m}{v} \therefore v = \frac{m}{\rho} \therefore v = \frac{1,55 \text{ Kg KCl}}{1987 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} = 0,78 \text{ L KCl}$$

Balance de masa

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$A + B + C + D = E \quad \text{Ec.24}$$

$$262,587 \text{ L Ac. H} + 31,86 \text{ L KOH } 0,1\text{M} + 229,85(0,45) \text{ L Ac. F} + 0,78 \text{ L KCl} = E$$

$$E = 262,587 \text{ L} + 31,86 \text{ L} + 103,43 \text{ L} + 0,78 \text{ L}$$

$$E = 398,66 \text{ L Ac. Húmico}$$

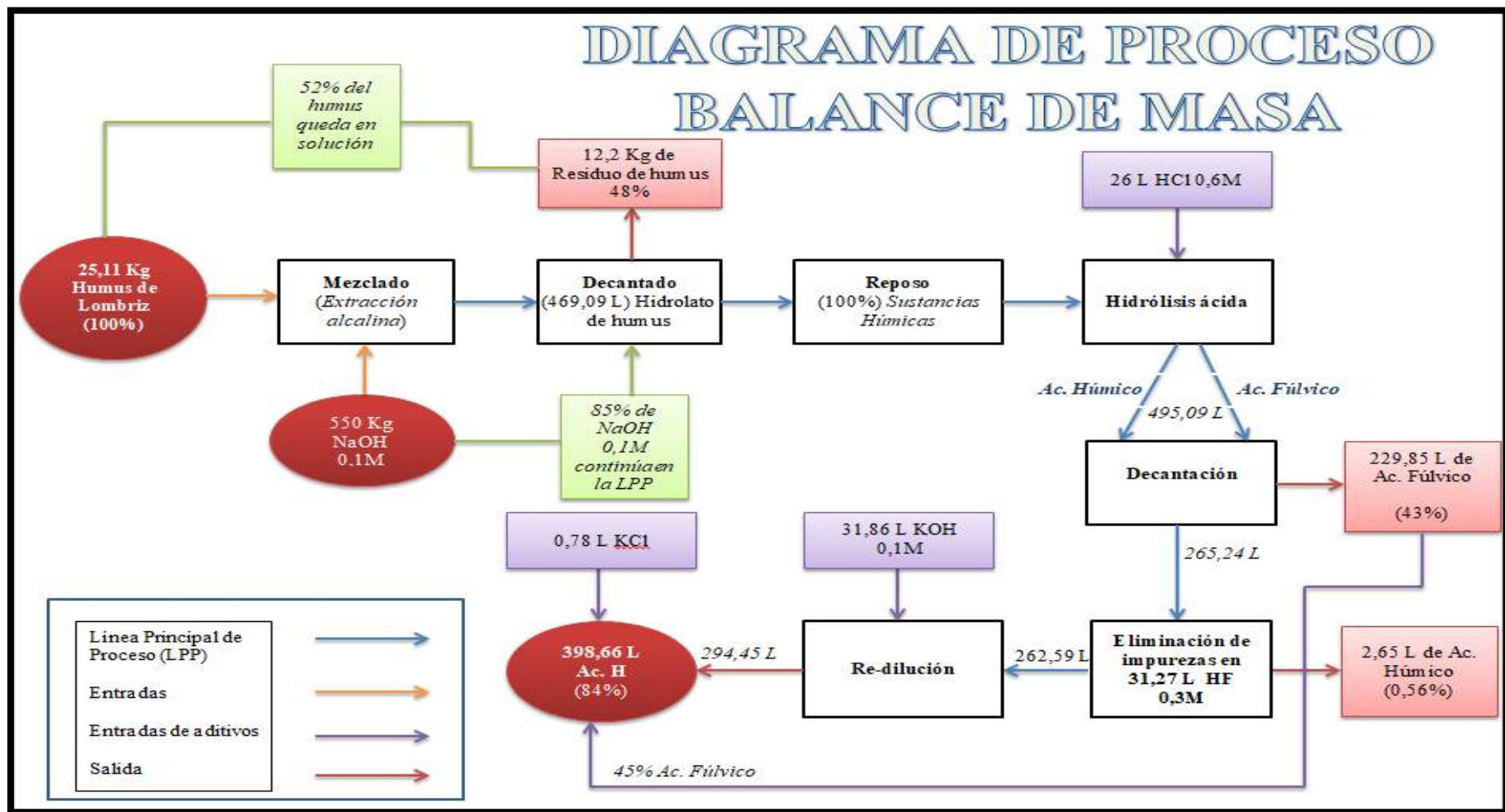


Gráfico 10-3: Balance de masa gráfico para la obtención de ácido húmico.
Realizado por: Javier Alba, 2018

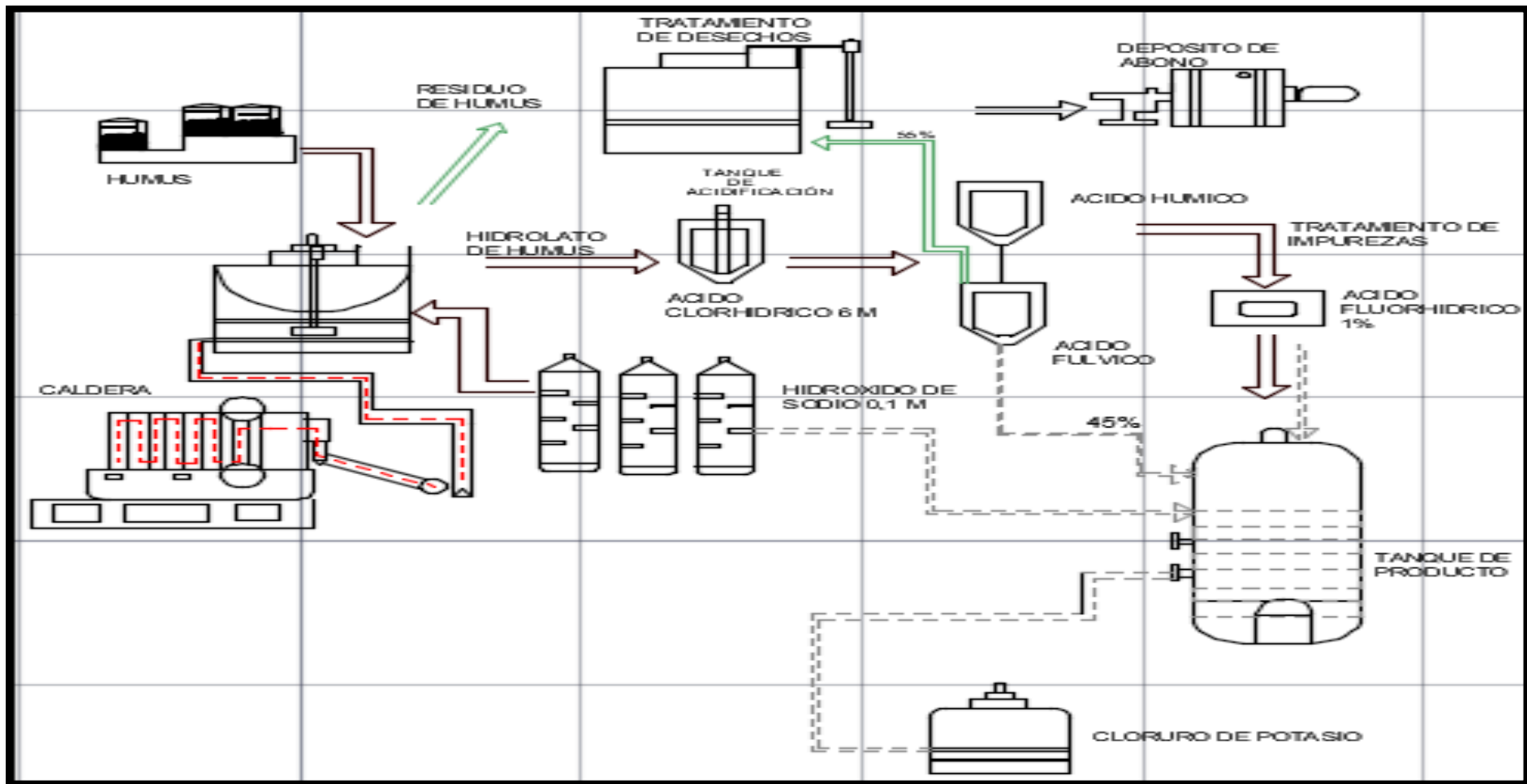


Gráfico 10-4: Diagrama de la línea de proceso para la obtención de ácido húmico
 Realizado por: Javier Alba, 2018

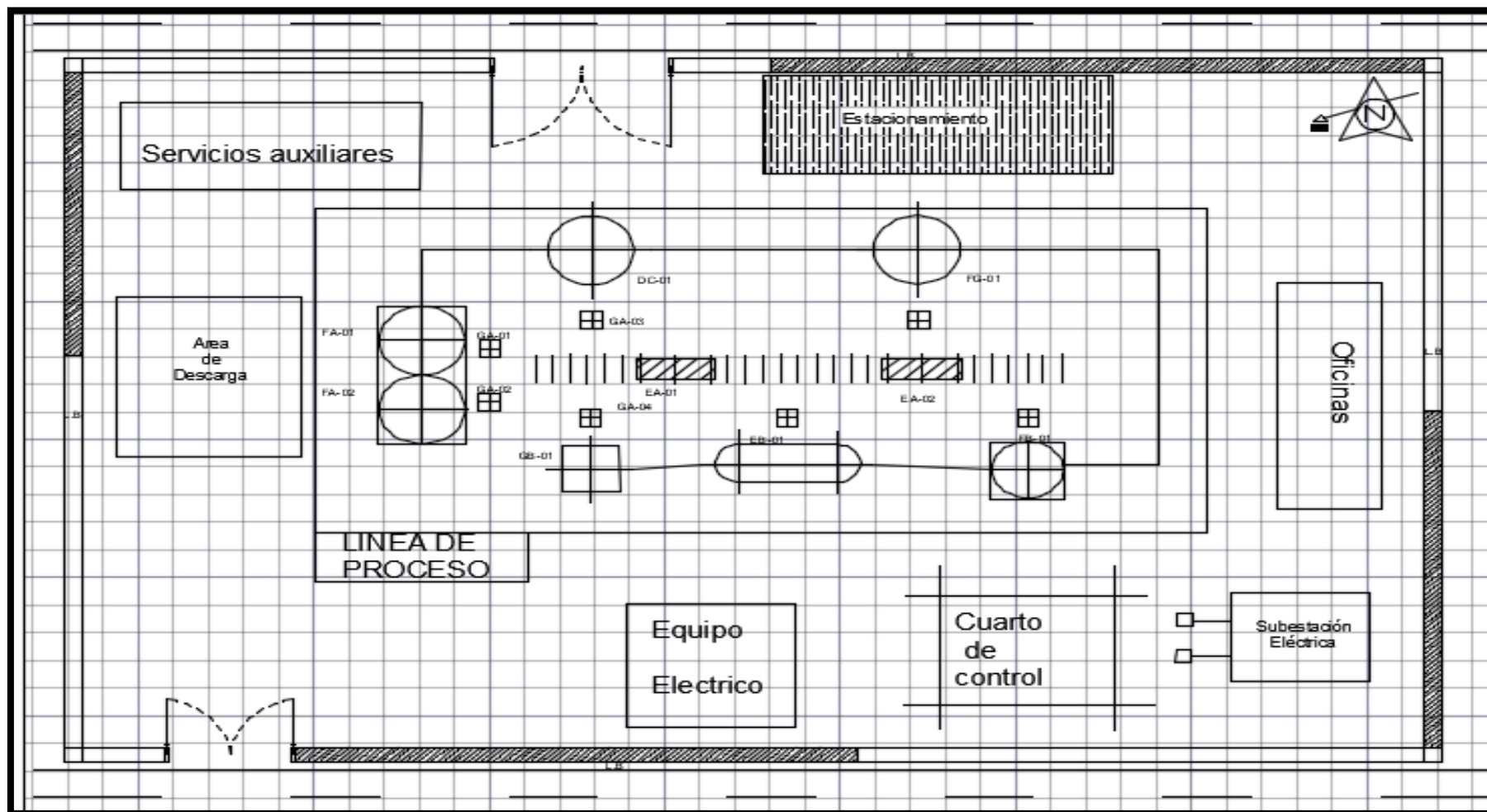


Gráfico 10-5: Diagrama de distribución de la planta de ácido húmico
 Realizado por: Javier Alba, 2018

3.3.5. Distribución y diseño de la planta

3.3.5.1. Descripción de las áreas de la planta productora de ácido húmico

La planta productora de ácido húmico cuenta con las siguientes áreas:

➤ *Área de producción.*

Lugar específico donde se producirá el ácido húmico, el cual consta con la implementación necesaria para el proceso, así tenemos: un tanque de agitación con una capacidad de 500 litros, un caldero generador de vapor para suministrar calor, un tanque de depósito implementado con un equipo de filtración conectado directamente a la salida, un tanque de almacenamiento con una capacidad de 600 litros, una envasadora de operación manual y una taponadora de botellas semiautomática.

➤ *Área de control de calidad*

Departamento necesario donde se realiza los análisis básicos requeridos de materia prima y producto terminado como: medición de pH, concentración. También se determina las concentraciones de ácidos y cantidades de los componentes a ser utilizados en el proceso, además de controlar y supervisar las variaciones de temperatura o desviaciones producidas en las operaciones.

➤ *Área de cuarentena*

Lugar adecuado apropiadamente para el almacenamiento de producto terminado durante la fase de estabilización del producto, cuenta con sensores especializados para medir el nivel de humedad y la temperatura en el área.

➤ *Área de Bodegas*

Esta área se divide en dos partes; una área específica para el almacenamiento de insumos, materiales, envases, entre otros; y otra área para el almacenamiento de producto terminado previo su disposición.

3.3.5.2. Distribución grafica de la producción por envase de producto.

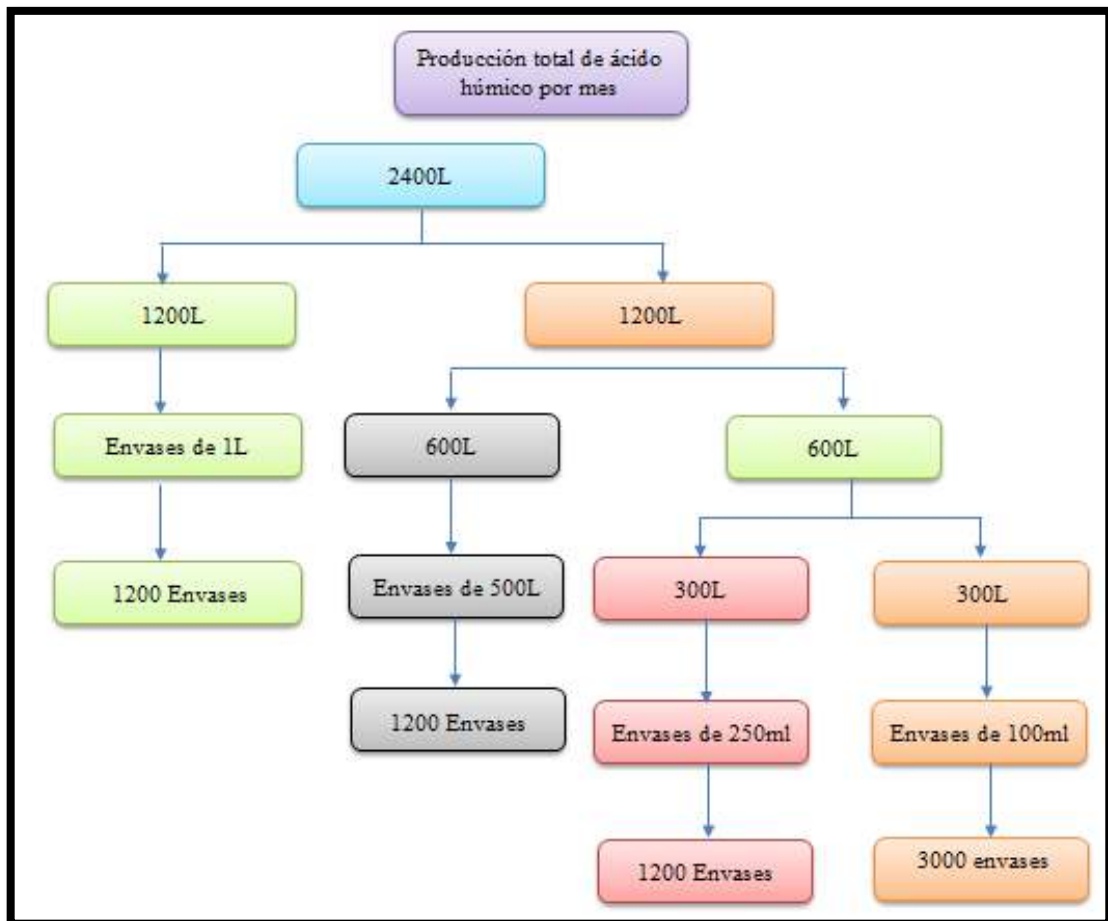


Figura 8-3: Diagrama de la distribución de botellas y su volumen de producto.
 Realizado por: Javier Alba, 2018

4. Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria.

3.4.1. Equipos para el proceso

Los equipos tecnológicos y maquinaria requerida en este proyecto son los siguientes;

Tabla 21-3: Características y descripción de los equipos.

EQUIPOS	CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN
Tanque de agitación	<ul style="list-style-type: none"> • Automático • Fácil utilización • Alimentación eléctrica • Fácil de limpiar 	<ul style="list-style-type: none"> • Fabricado en acero inoxidable 340 • Capacidad 500L • Sistema automatizado • Agitador tipo axial • Termómetro
Caldero	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentado por diésel • Fácil instalación • Generador de vapor 	<ul style="list-style-type: none"> • Color negro • Acero inoxidable • Sensores • Chimenea • Bomba de agua
Equipo de filtración	<ul style="list-style-type: none"> • No consume energía • Fácil de transportarlo • Tamices cambiables • Inclinación variable • Económico 	<ul style="list-style-type: none"> • Color plateado • Dimensiones bajo pedido • Dos tamices en diferente tamaño
Barril-contenedor	<ul style="list-style-type: none"> • Hermético • Fácil de limpiar 	<ul style="list-style-type: none"> • Acero inoxidable • Capacidad de 1000 L
Tanque	<ul style="list-style-type: none"> • Hermético • Fácil de limpiar 	<ul style="list-style-type: none"> • PVC • Capacidad de 500 L
Embotelladora	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de llenar frascos de varios volúmenes • Fácil y de práctico funcionamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Acero inoxidable • Capacidad para cuatro frascos de llenado • Funciona en base a una bomba de 1/5 HP • Cuenta con un boya para delimitar la entrada de caudal
Taponador de botellas	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentación eléctrica • Fácil movilidad • Económico • Fácil manejo 	<ul style="list-style-type: none"> • Material de acero inoxidable • Tamaño pequeño • Peso 22 Kg • Semiautomático • Capacidad de producción 400 botellas/hora

Fuente: Tomado de cotización de equipos

Realizado por: Javier Alba, 2018

3.4.1.1. Tanque de agitación

Reactor de tanque con agitación continua, es un reactor que generalmente se usa en procesos industriales, también se conoce como reactor de retro mezcla. Este reactor opera estacionariamente y de modo que se dé una buena mezcla, generalmente se realiza su modelización sin variaciones de concentración, temperatura o velocidades de reacción en todos los puntos del recipiente. Debido a que la temperatura y la concentración son idénticas en todos los puntos del reactor, son las mismas también a la salida. En los sistemas en el que el mezclado se aleja mucho de lo ideal, el modelo de bien mezclado no es adecuado, y se debe recurrir a otros sistemas de modelamiento como tiempos de residencia para obtener resultados satisfactorios. (Fogler, 2008, p.10)



Figura 9-3: Tanque de agitación de 500 litros de capacidad
Fuente: Tomado de cotización de equipos ver anexo H

3.4.1.2. Caldero.

Este es un equipo cerrado al medio y de metal de acero inoxidable, funciona a base de diésel o de búnker, su función específica es la producir vapor de agua, esto se realiza con acción del calor a una temperatura superior a la del medio y una presión superior a la atmosférica. Su funcionamiento es simple y consiste principalmente en una cámara en la cual se produce un efecto de combustión, con ayuda del aire comburente y a través de una superficie de intercambio se realiza la transferencia de calor. (ABSORSISTEM, 2005)

Un caldero generalmente consta de las siguientes partes:

- Quemador: *Sirve para quemar el combustible.*
- Hogar: *Alberga el quemador en su interior donde se realiza la combustión del combustible (diésel) generando gases calientes.*
- Tubos de intercambio de calor: *Transportan el flujo de intercambio de calor que se da de los gases hasta el agua a través de una superficie, ahí también se genera las burbujas de vapor.*
- Separador liquido-vapor: *Es necesario para separar las gotas de agua líquida con los gases aun calientes, antes de alimentar a la caldera.*
- Chimenea: *Es la vía de escape de los humos y gases de combustión después de haber cedido calor al fluido.*
- Carcasa: *Contiene el hogar y el sistema de tubos de intercambio de calor.*



Figura 10-3: Caldero generador de vapor

Fuente: Tomado de cotización de equipos ver anexo I

3.4.1.3. Equipo de filtración.

Equipo de acero inoxidable, diseñado para filtrar sustancias líquidas, cuenta con dos tamices sobre puestos una debajo de otro separadas unos 5 cm, el diámetro del tamiz es de 0,3 y 1 mm, las dimensiones del equipo de filtración requerido es de 0,5 x 1 m, muy útil para grandes descargas de efluentes, necesario para la filtración del producto una vez que salga del tanque de agitación, adaptable a todo lugar, cuenta con dos vertederas en la parte inferior las mismas que pueden ser conectadas a tuberías para la disposición del contenido hacia un contenedor de almacenamiento o despacho, es de fácil movilidad, económico, no consume energía y puede inclinarse según su necesidad.



Figura 11-3: Equipo de filtración

Fuente: Tomado de cotización de equipos ver anexo I

3.4.1.4. Embotelladora.

Equipo llenador de botellas de varios tamaños, construido en acero inoxidable, consta de un contenedor de 1 m de largo, 0,5 de ancho y 0,40 de alto, en su interior contiene una boya para controlar el derrame del contenido, el mismo que es suministrado a través de una manguera desde su lugar de origen, este proceso se da por acción de la gravedad o con la ayuda de una bomba neumática, este equipo está diseñado para llenar cuatro botellas a la vez mediante unos tubos prediseñados de acero inoxidable, que cuentan con una base automática para la succión del líquido y con ayuda de la gravedad estas se llenaran solamente hasta el límite de las mismas, también cuenta con cuatro patas de metal que sirve como base para el equipo y distanciarlo del suelo en el que se necesite trabajar y permita el movimiento de entrada y salida de las botellas.



Figura 12-3: Embotelladora manual

Fuente: Tomado de cotización de equipos ver anexos

3.4.1.5. *Tanque de depósito.*

Artefacto de acero inoxidable de 600 L de capacidad, con revestimiento alisado en su interior, ideal para almacenamiento de líquidos, sustancias, etc., consta con un orificio de entrada en la parte inferior de su base, dos orificios de escape y control de variables (temperatura, pH, etc.) en la parte superior del contenedor se encuentra una tapa hermética y una parte adaptable para un equipo de succión como una bomba, mediante la cual se puede extraer el contenido.



Figura 13-3: Barril contenedor de 600 litros de capacidad
Fuente: Tomado de cotización de equipos ver anexo H

3.4.1.6. *Taponador de botellas.*

Maquina tecnológica semiautomática de último modelo, construido en acero inoxidable, ideal para taponar botellas de tapa rosca con una productividad de 400 botellas por hora, funciona mediante una alimentación eléctrica y posee una potencia de 0,52 KW, sus dimensiones son 32 cm de largo, 25 cm de ancho y 78 cm de alto, por lo cual es muy práctico para movilizarlo, fácil de maniobrar y económico.



Figura 14-3: Taponador de botellas semiautomático para tapa rosca
Fuente: Tomado de cotización de equipos ver anexo K

Es necesario mencionar que los equipos presentados, cuentan con una garantía de fabricación de: 10 años de tiempo de vida útil a partir de la fecha de entrega, con un mantenimiento obligatorio requerido cada 12 meses, además de una gran gama de accesorios necesarios para su funcionamiento.

3.4.2. Equipos para controlar la calidad del proceso

Equipos que se necesita a nivel de laboratorio

Durante el proceso de producción del ácido húmico, es necesario tener un control absoluto sobre ciertos parámetros como: pH, temperatura, tiempo, etc.; por lo que es necesario contar con los equipos y materiales necesarios para realizar dicho trabajo.

Tabla 22-3: Características y descripción de equipos de análisis.

EQUIPO	CARACTERÍSTICA/DESCRIPCIÓN
Medidor de pH	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de sobremesa • Modelo HI 2211 • Simplicidad en el diseño • Muestra simultanea de pH y T° • Cinco tampones estándar • Compensación automática de temperatura • Calibración automática • LCD extra amplio • Rango de mV ampliado
Balanza analítica	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de sobremesa • Platillo de acero inoxidable • El dispositivo display puede situarse en diferentes lugares. • Cable de 1,5 m. de longitud. • Tamaño del display: 200x100x55 mm. • Tamaño del dígito: 25 mm. • Otras unidades de pesaje: lb, oz, ozt, tLH, tLT • Puede funcionar también mediante baterías (9 V) • Función de auto desconexión (AUTO-OFF) para ahorrar energía tras un lapso de 3 minutos. • Adaptador RS 232 C bidireccional para conexión al ordenador o impresora.
Pirómetro	<ul style="list-style-type: none"> • Rango de medición: -40 ... +800 °C • Resolución óptica: 12 : 1 • Función MIN/MAX • Círculo láser • Lectura diferencial • Promedio ponderado y la lectura diferencial
Higrómetro	<ul style="list-style-type: none"> • Rango de medición temperatura: -10 a +50°C (+14 a +122°F) • Precisión temperatura: ± 1°C • Resolución temperatura: ± 0.1 °C • Rango medición humedad: 10 a 99% RH • Precisión humedad: ±5% RH • Resolución humedad: ± 1%

Fuente: Tomado de cotización de equipos

Realizado por: Javier Alba, 2018

Tabla 23-3: Características y descripción de instrumentos de análisis

INSTRUMENTO	CARACTERÍSTICAS
Vaso de precipitación	<ul style="list-style-type: none">• Material de vidrio• Varias dimensiones• Multiusos
Reverbero	<ul style="list-style-type: none">• Fabricada en acero inoxidable• 1100 watts de potencia• Control de temperatura ajustable• Luz indicadora de encendido• Base antideslizante
Varilla de agitación	<ul style="list-style-type: none">• Material de vidrio• Útil para agitar cualquier sustancia
Tubos de ensayo	<ul style="list-style-type: none">• Material de vidrio• Necesario para tomar muestras
Matraz Erlenmeyer	<ul style="list-style-type: none">• Fabricados con vidrio de borosilicato Pyrex™ para ofrecer la más alta resistencia a choques térmicos y corrosión química• Graduaciones y zona de rotulación en esmalte blanco• Graduados en toda su capacidad• Impresos con código de trazabilidad para consulta de certificado de lote descargable
Probeta	<ul style="list-style-type: none">• Material de vidrio o plástico• Varias dimensiones• Medida exacta
Termómetro	<ul style="list-style-type: none">• Material de vidrio• Control de temperatura• Diferentes tamaños
Pipetas	<ul style="list-style-type: none">• Material de vidrio• Diferentes volúmenes• Ideal para toma de volúmenes
Espátula	<ul style="list-style-type: none">• Metálicas
Gradilla	<ul style="list-style-type: none">• Material de plástico y metal• Practico para colocar tubos de ensayo
Piseta	<ul style="list-style-type: none">• Material de plástico• Diferentes tamaños• Practico para lavar materiales

Fuente: Tomado de presupuesto de materiales de laboratorio, mercado libre ecuador.

Realizado por: Javier Alba, 2018

5. Análisis del costo/beneficio del proyecto.

3.5.1. Análisis de costo de la materia prima e insumos

Tabla 24-3: Costos de materia prima, insumos y otros componentes para obtención de ácido húmico

Materias Primas	Costos (\$)	Unidad
Humus de lombriz	0,70	Kg
Hidróxido de Sodio	14,50	Kg
Agua sin cloro	0,40	Litro
Ácido Clorhídrico	9,50	Litro
Cloruro de Potasio	5,20	Kg
Ácido Fluorhídrico	5,50	Litro
Hidróxido de Potasio	12,00	Kg

Realizado por: Javier Alba, 2018

Tabla 25-3: Costos de materia prima, insumos y otros componentes para elaboración de un lote de 400 L de ácido húmico.

Materias Primas	Cantidad	Unidad	Costo/Lote(\$)
Humus de lombriz	25,11	Kg	17,57
Hidróxido de Sodio	2	Kg	29,00
Agua sin cloro	500	L	200,00
Ácido Clorhídrico 6M	26 (4,77 HCl)	Litros	55,71
Cloruro de Potasio	1,55	Kg	8,06
Hidróxido de Potasio 0,1M	31,86 (0,178)	Kg	14,88
Ácido Fluorhídrico 0,3M	31,27 (0,15)	L	13,33
Total			\$338,55

Realizado por: Javier Alba, 2018

3.5.2. Análisis de costos de equipos e instrumentos de laboratorio

Tabla 26-3: Costos de producción para la elaboración de ácido húmico

		Cantidad	COSTO (\$)
Equipos para la PRODUCCIÓN	Tanque de agitación	3	41400,00
	Caldero	1	9000,00
	Equipo de filtración	1	150,00
	Embotelladora	1	240,00
	Depósito o contenedor	1	2800,00
	Un Tanque PVC	1	135,00
	Taponadora de botellas	1	680,00
Total			\$54405,00
Equipos para CONTROL DE PROCESOS	Medidor de pH	1	544,50
	Pirómetro	1	75,17
	Balanza Analítica	1	348,46
	Higrómetro	3	34,50
Total			\$1002,13

Realizado por: Javier Alba, 2018

Tabla 27-3: Costos de materiales para el control de calidad

MATERIALES		Costo (\$/unidad)	Cantidad	Total (\$)
Vaso de precipitación	50 ml	3,00	3	9,00
	100 ml	5,00	3	15,00
	250 ml	8,00	3	24,00
	500 ml	12,00	3	36,00
	1000 ml	14,80	3	44,40
Probeta	50 ml	7,80	2	15,60
	100 ml	12,50	2	25,00
	500 ml	14,80	2	29,60
Pipetas 10 ml		12,78	2	25,56
Pipetas 5 ml		6,39	2	12,78
Matraz aforado 500 ml		22,60	1	22,60
Varilla de agitación		5,00	2	10,00
Termómetro		18,00	1	18,00
Tubos de ensayo		0,80	10	8,00
Espátula		3,50	2	7,00
Gradilla		11,00	1	11,00
Piseta		8,00	2	16,00
Costo total				\$329,54

Realizado por: Javier Alba, 2018

Tabla 28-3: Costos de envases para el ácido húmico

ENVASE	COLOR	VOLUMEN (ml)	COSTO \$/unidad
PET	Ámbar	100	0,02
PET	Ámbar	250	0,03
PET	Ámbar	500	0,04
PET	Ámbar	1000	0,05
<i>Nota: Todos los envases incluyen tapa rosca</i>			

Fuente: Tomado de cotización de envases

Realizado por: Javier Alba, 2018

3.5.3. Análisis de costos de producción

3.5.3.1. Análisis de costo para la implementación de una planta productora de ácido húmico.

Tabla 29-3: Costos de la infraestructura de una planta de producción de ácido húmico.

Parámetro	Cantidad	COSTO (\$)
Mano de obra	4 obreros	9667
Cemento	900 quintales	6750,00
Arena	11 volquetas	880,00
Ripio	14 volquetas	1120,00
Ladrillos	8700 unidades	1740,00
Hierro	200 quintales	9000,00
Agua	100000 litros	1000,00
Transporte	Varios	1000,00
Otros	Varios	2000,00
Presupuesto total requerido		\$33157.00

Realizado por: Javier Alba, 2018

3.5.3.2. Análisis de costo de producción de ácido húmico.

Tabla 30-3: Costos de implementación de una planta de producción de ácido húmico.

INGENIERÍA DE PLANTA	COSTOS (\$)
Equipos de producción	54405,00
Equipos de control de proceso	1002,13

Instrumentos de laboratorio	329,54
Infraestructura	33157,00
Instalaciones	1000,00
Otros	1000,00
TOTAL de costo de una planta productora de Ácido Húmico	\$90893,67

Realizado por: Javier Alba, 2018

Tabla 31-3: Costo de producción mensual de ácido húmico.

# Lotes	Volumen (L)	Tiempo (días)	Costo (\$)
1 Lote	400	1	338,55
6 lotes	2400	30	2031,30

Realizado por: Javier Alba, 2018

Tabla 32-3: Costo total de producción mensual de ácido húmico.

PARÁMETRO		COSTO (\$)
Ácido húmico		2031,30
Mano de obra	Técnico	750,00
	Operario	400,00
Servicios básicos	Electricidad	20,00
	Agua	10,00
	Diésel	20,00
Envases		840,00
Etiquetas		330,00
Distribuidores	Vendedor 1	500,00
	Vendedor 2	500,00
Publicidad		1000,00
Transporte		500,00
Otros		500,00
Total de costo por producción mensual de ácido húmico		\$7401,30

Realizado por: Javier Alba, 2018

Tabla 33-3: Costo de venta de ácido húmico

Volumen/botella (ml)	P.V.P (\$)	Unidades/mes	Estimación Total de venta (\$)
100	1,50	3000	4500,00
250	2,75	1200	3300,00
500	4,00	1200	4800,00
1000	6,50	1200	7800,00
Valor total de venta estimada por mes			\$20400,00

Realizado por: Javier Alba, 2018

Tabla 34-3: Relación costo-beneficio en la producción de ácido húmico

Análisis costo-beneficio	Análisis de inversión (\$)
Estimación de beneficio por mes	20400,00
Costo de producción por mes	7401,30
Diferencia	\$12998,70
Valor estimado a obtener en el primer año	155984,40
Costo de una planta productora de ácido húmico	90893,67
Valor de ganancia neta estimado para el primer año	\$65090,73

Realizado por: Javier Alba, 2018

La inversión realizada en la producción de ácido húmico más la inversión en la instalación de infraestructura, equipos y accesorios es remunerada en el primer año según el balance económico y financiero realizado, por lo tanto a más de ser un proyecto amigable con el ambiente, es totalmente rentable.

Es importante recalcar que la problemática que se produce en este proyecto es la venta y distribución del producto, debido a la falta de conocimiento por parte de la gente, que a pesar de la información generalmente difundida sobre los beneficios que ofrecen los ácidos húmicos, no se conoce con seguridad la aceptación que tendrá dentro del ámbito de consumo agrícola.

6. Cronograma de ejecución del proyecto.

ACTIVIDADES	TIEMPO																			
	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5			
Revisión de fuente Bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Adquisición de la materia prima			■																	
Determinación de las Operaciones Unitarias			■	■																
Identificación de las variables de proceso				■	■															
Cálculos de ingeniería del proceso					■	■														
Obtención del producto						■	■	■												
Dimensionamiento del proceso							■	■	■	■										
Validación del proceso industrial									■	■	■									
Caracterización final del producto												■	■	■						
Revisión y correcciones del trabajo final de titulación														■	■					
Empastado y presentación del trabajo final															■	■	■			
Sustentación final																			■	■

Realizado por: Javier Alba, 2018

ANALISIS DE RESULTADOS

Para obtener ácido húmico a partir del humus de lombriz, se utilizó primordialmente Hidróxido de sodio 0,1 M para generar un medio básico en el que se solubilizan las sustancias húmicas presentes, indispensablemente ácido clorhídrico para separar la mezcla de Hidrolato de humus, la cual es la fuente principal de ácido húmico y fúlvico. El ácido clorhídrico genera un pH bajo de 1, esto produce el desprendimiento molecular de las sustancias húmicas y fúlvicas produciendo la formación de dos fases. Un lavado en ácido fluorhídrico produce la eliminación de cualquier resto de impurezas o arcillas que quedaron de la extracción alcalina, luego de esto se agrega un volumen de hidróxido de potasio que ayuda a reducir los iones sodio presentes y una cantidad mínima de cloruro de potasio que ayuda a incrementar el porcentaje de potasio, teniendo como resultado el valor de 9000 mg/L. Finalmente se genera una proporción con el ácido fúlvico resultante, colocando un 45% del volumen original, para obtener un resultado de 30,68% para ácido húmico y 10,82% para ácido fúlvico. Para realizar todo eso se estudiaron varios escenarios o ensayos, en específico se realizaron tres formulaciones, las cuales diferían en concentración de sus componentes, determinando que la tercera formulación con mayor concentración de ácido clorhídrico y usando hidróxido de sodio se adapta totalmente a la caracterización realizada por espectroscopia infrarroja al compararla con un ácido húmico comercial; una vez obtenida la correcta formulación, se procedió a adaptarla para obtener un lote de 1,72 litros y se procedió a analizar, finalizando que el producto cumple totalmente con lo establecido en el RD 824:2005 para ácido húmico y por lo establecido por la norma NTE INEN 0211 (1998) en post del porcentaje de potasio y nitrógeno en fertilizantes.

Se determinó que las variables a considerar en el proceso de hidrólisis ácida son: una temperatura ($60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5$), un pH de 1 para una mayor extracción, un tiempo de agitación necesariamente de (2 horas) y una concentración de ácido clorhídrico de 6 M, la cantidad de cloruro de potasio, el volumen de ácido fluorhídrico y de hidróxido de potasio fueron calculados de manera que sus cantidades sean fijas para un lote de un volumen de 400 L de ácido húmico y un pH (8 - 9) que es el rango más adecuado para este tipo de productos y el uso que se les pretenda dar.

Se determinó el procedimiento más adecuado para la obtención a escala industrial de ácido húmico a partir de 22,22 Kg de humus y 500 litros de hidróxido de sodio 0,1 M, generando un proceso de extracción alcalina e hidrólisis ácida, donde se realizó varias pruebas de ensayo, modificando la concentración de los reactivos y el tiempo de agitación, todo esto basado en métodos de operaciones unitarias relacionados con la agitación y mezclado, proceso que se da lugar en el interior de un reactor de agitación de mezcla continua diseñado apropiadamente

considerando ciertos parámetros como capacidad, hermeticidad, eficiencia, rendimiento y automatización.

Se realizó la validación del proceso en base a análisis fisicoquímicos y biológicos del producto obtenido y comparado con los valores requeridos por lo dictado por el Real Decreto 824:2005 norma establecida para fertilizantes, que en su pág. 40 dictamina el porcentaje mínimo de sustancias húmicas, fúlvicas, potasio y nitrógeno, para estos dos últimos se da uso a la norma NTE INEN 0211: para la determinación de un fertilizante, que posee los porcentajes aceptables. Se debe aclarar que el porcentaje de nitrógeno obtenido en el ácido húmico es producto del proceso de mezclado natural de la extracción alcalina, y para mejorar la eficiencia del producto se adiciono cloruro de potasio para elevar el porcentaje de potasio respectivamente.

CONCLUSIONES

- Las variables de proceso identificadas para la extracción de ácido húmico son: una temperatura promedio de 60°C, un pH de 1 en la hidrólisis ácida, un tiempo de agitación de al menos 2 horas y una concentración de 6 molar en el ácido clorhídrico con un tiempo de estancia de al menos 2 horas hasta que alcance la mayor precipitación y finalmente un producto con un pH entre 8 – 9.
- En el tanque de agitación se obtiene un Hidrolato de humus con una alimentación de 500 litros de hidróxido de sodio 0,1M, y 25,11 Kg de humus a 65°C; este Hidrolato atraviesa un proceso de hidrólisis ácida en el que se adiciona 26 litros de Ácido clorhídrico 6M a temperatura ambiente, esto mediante un sistema de purificación basado en 31,27 litros de ácido fluorhídrico 0,3M perderá el 1% de impurezas; finalmente se obtendrán 399 litros de producto que incluirán 0,78 litros de KCl, 31,86 litros de KOH 0,1M y 103,432 L de ácido fúlvico.
- A fin de determinar el procedimiento más apropiado para la obtención de ácido húmico se realizaron 3 pruebas de ensayo para 4 kilogramos de humus de lombriz, modificando la concentración de los reactivos para la hidrólisis ácida, usando ácido acético como primer modificador de pH, sin embargo no dio buenos resultados debido a que se contaminó la muestra con iones acetato y no se formó un precipitado inclusive después de 18 horas trabajando a un pH de 4; el ácido clorhídrico dio los mejores resultados trabajando a una concentración 6M dio una precipitación casi instantánea trabajando a pH 2 y pH 1. La mejor temperatura para extraer las sustancias húmicas de cualquier materia orgánica según el Instituto Nacional de Sustancias Húmicas es de 60°C y el mejor extractante es el NaOH, parámetros que generan hasta un 80% de extracción.
- Se validó el proceso en base a los análisis físico químicos y biológicos del producto obtenido reportando valores de 0,10% de nitrógeno y 0,93% de potasio, entre sus componentes principales y comparando los resultados de con los valores requeridos por la norma NTE INEN 0211 (1998): Fertilizantes o abonos, estos cumplen con lo establecido; y unos valores de 30,68% de ácido húmico y 10,82% de ácido fúlvico los cuales cumplen con lo establecido en el Real Decreto 824:2005 para productos fertilizantes; el rendimiento de diseño del reactor es de 93,81% y una eficiencia del 49,23%

RECOMENDACIONES

- Analizar las instrucciones y tomar las medidas de precaución necesarias, y que se encuentran en el manual de instrucción presentado en el anexo T para la manipulación del equipo de agitación (Reactor de mezcla perfecta con agitación continua), debido a la alta temperatura con la que se trabaja es preferible el uso de guantes industriales destinados a actividades que involucren condiciones de calor.
- Asegurar que todos los materiales, componentes y reactivos a utilizar se encuentren en óptimas condiciones a fin de garantizar un producto de calidad y un buen rendimiento durante su aplicación.
- Garantizar que la materia prima cumpla con los parámetros establecido por la normativa para poder garantizar un producto de óptima calidad.
- Realizar una estricta limpieza de los equipos y las partes que conforman todo el proceso para la obtención de ácido húmico, se debe realizar este mecanismo de limpieza para evitar algún tipo de contaminación cruzada al producto final.
- Aplicar el diagrama de flujo planteado, para la correcta elaboración de ácido húmico a partir del humus de lombriz a fin de evitar inconvenientes durante su proceso.
- Controlar en todo momento las variables establecidas, ya que el éxito para obtener un ácido húmico de óptimas condiciones depende del proceso de elaboración y las condiciones en las que se realiza.
- El producto es de fácil aplicación, no toxico y de costo accesible por lo que se recomienda una aplicación constante, en el caso de que se use como fertilizante agregar mediante rociadores de agua o si es usado para otros fines, preparar el producto en la solución que desee a fin de obtener mejores resultados.

BIBLIOGRAFÍA

AL-CE, EL. *Cueros el alce*. [en línea] Riobamba-Ecuador: 2017. [Consulta: 18 de Junio de 2018.] Disponible en:

<http://www.cueroselal-ce.com.ec/informacion.php>.

Avendaño, K. "*Sustancias húmicas, origen e impacto*". *CienciAcierta*. [en línea], 2016, (México). [Consulta: 25 de Julio de 2018.] Disponible en:

<http://www.cienciacierta.uadec.mx/2016/09/24/sustancias-humicas-origen-e-impacto-ambiental/>.

Barrera, V. *Diseño de un proceso a escala industrial para la obtención de un fertilizante biodegradable a partir del lactosuero*. ESPOCH, Ciencias, Ing. Química. Riobamba, Ecuador. 2017. pp. 75-76

C.D.T.F. *IV Seminario Nacional Frutales de clima frío moderado*. Medellín - Colombia Editorial Memorias, 2002. [Consulta: 25 de Julio de 2018.], Disponible en: https://books.google.com.ec/books/about/Iv_Seminario_Nacional_Frutales_de_Clima.html?id=G8CnojHybXoC&redir_esc=y

Cáceres, D. *Definición de materia prima. Que es la materia prima*. [en línea]. 18 de Abril de 2015. [Consulta: 28 de Julio de 2018.]. Disponible en:

<http://www.definicion.co/materia-prima/>

CENTA. *Production vegetable*. [en línea] Japón: 2013. [Consulta: 25 de Julio de 2018.] Disponible en:

https://www.jica.go.jp/project/elsalvador/0603028/pdf/production/vegetable_11.pdf.

Gobierno Autónomo de Chimborazo. *Cantón Guano*. [en línea]. Ecuador: Chimborazo, 2016. [Consulta: 25 de Julio de 2018.].

Disponible en: <http://www.chimborazo.gob.ec/chimborazo/?p=396>.

Compagnoni, L. & Putzolu, G. *Cría moderna de las lombrices y utilización rentable del humus*. USA: : Editorial DE VECCHI S.A, 2018.

Gallo, Magia. & Galarza, María. "Curtiembres, una problemática ignorada". *Creación y Producción en Diseño y Comunicación*, N°36, (2011), España pp. 13-17.

Díaz, R. *Hidrólisis* [en línea] Raúl Díaz, 2016. [Consulta: 25 de Julio de 2018.]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/hidrolisis/>.

DROKASA. *Ficha técnica fitogiser.* [en línea] España: Drokasa, 2014. [Consulta: 28 julio 2018.]. Disponible en: <http://studylib.es/doc/3612732/ficha-tecnica-fitogiser>.

FAO. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).* [en línea] Italia: FAO, 2011. [Consulta: 25 de Julio de 2018.]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-at788s.pdf>.

Giaconi, Vicente & Escaff, Moisés. *Cultivo de Hortalizas.* 15ª ed. Santiago de Chile - Chile: Editorial Universitaria, 2004, p.304

HBM, CONSULTORÍA. *Estudio de impacto ambiental ex-post y plan de manejo ambiental* [en línea]. Chimborazo-Guano : 2014. [Consulta: 25 de Julio de 2018.]. Disponible en: <https://mambientechimborazo.files.wordpress.com/2014/09/borrador-esia-cueros-el-alce-1.pdf>

Henriquez, Carlos & Mora, Luis. *Produciendo abono de lombriz* [en línea]. Costa Rica: INTA, 2013. [Consulta: 25 de Julio de 2018.]. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-0712.pdf>

IFA. *LOS FERTILIZANTES Y SU USO* [en línea]. París: FAO, 2002. [Consulta: 25 de Julio de 2018.]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>.

INEN 0211. *Normativa para abonos o fertilizantes* [en línea]. Ecuador: INEN, 2017. [Consulta: 02 de Mayo de 2018.]. Disponible en: <http://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar>

Izar, Jorge & Izar, Juan. *"lombricultura, una opción sustentable de producción de alimentos para el campo mexicano". ResearchGate* [en línea], 2014, (México) n°1(1), p:3. [Consulta: 02 de Mayo de 2018.]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/263426152_LOMBRICULTURA_UNA OPCION_SUSTENTABLE_DE_PRODUCCION_DE_ALIMENTOS_PARA_EL_CAMPO_MEXICANO/download

JISA. *Ácidos Húmicos* [en línea]. Valencia: JICA, 2018. [Consulta: 28 de Julio de 2018.]
Disponible en:
<https://www.acidoshumicos.com/acidoshumicos/>.

López, Ruben & Gonzalez, Guillermo. "Metodología para obtener ácidos húmicos y fúlvicos y su caracterización mediante espectrofotometría infrarroja". *Revista mexicana de ciencias agrícolas*.nº 8(2014), (México), pp.1397-1407

Márquez, E. *Manual de procedimiento para el humus*. [en línea], 2010, (La Habana -Cuba), p.10. [Consulta: 28 de Julio de 2018.]. Disponible en:
<https://docplayer.es/43400411-Manual-de-procedimiento-para-abonos-organicos.html>

MIP. "B092 Sector curtiembre creció un 8,6% entre 2011 y 2012" [en línea], 2012, (Ecuador), p.1. [Consulta: 28 de Julio de 2018.]. Disponible en:
<http://www.industrias.gob.ec/b092-sector-curtiembre-crecio-un-86-entre-2011-y-2012/>.

Oliva, J. *Efecto de los productos de degradación originados en la explosión por vapor de biomasa de chopo sobre Kluyveromyces marxianus*. (Tesis)(Doctoral). [en línea] Universidad Complutense de Madrid, Facultad de ciencias biológicas, España. 2003. p.13. [Consulta: 10 de Agosto de 2018.]. Disponible en:
<https://biblioteca.ucm.es/tesis/bio/ucm-t26833.pdf>

Pérez, Julián & Merino, María. *Definición de reactivo* [en línea]. 2013. [Consulta: 28 de Julio de 2018.]. Disponible en:
<http://definicion.de/reactivo/>.

Pérez, Julián & Gardey, Ana. *Definicion de aditivos*. [en línea]. 2015. [Consulta: 28 de Julio de 2018.]. Disponible en:
<http://definicion.de/aditivo/>.

Raisman, Jorge & Gonzalez, Ana. *El curtido al cromo* [en línea]. Argentina: Jorge Raisman, 1998. [Consulta: 28 de Julio de 2018.]. Disponible en:
http://www.biologia.edu.ar/tesis/forcillo/curtido_al_cromo.htm.

Reines, Martha & otros. *Lombrices de tierra con valor comercial* [en línea]. La Habana - Cuba: Universidad de Quintana Roo, 1998. [Consulta: 28 de Julio de 2018.]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=xkFMHsqQqVYC&printsec=frontcover&dq=lombrices+de+tierra+con+valor+comercial&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjClMi41v_dAhUSw1kKHTN0DyEQuwUIKDAA#v=onepage&q=lombrices%20de%20tierra%20con%20valor%20comercial&f=false.

Rodríguez, F. Sustancias Húmicas: Origen, Caracterización Y Uso En La Agricultura [en línea]. México: INTAGRI, 2015. [Consulta: 25 de Julio de 2018.] Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/acidos-humicos-fulvicos-nutricion-vegetal>.

Salazar, Enrique, Fortis, Manuel & Vasquez, Antonio. "Abonos orgánicos y plasticultura". *Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo*, (2003), (México): p.57

Scott, F. *Elementos de ingeniería de las reacciones químicas*. 3ª ed, España: Prentice Hall, 2008. p.10

Ucha, F. *Definición de Humus* [en línea]. 1 de Febrero de 2011. [Consulta: 25 de Julio de 2018.]. Disponible en: <https://www.definicionabc.com/?s=Humus>.

Vargas, Y. Evaluación del contenido nutrimental del compost elaborado con tres tipos de mezclas de desechos orgánicos y su efecto en el rendimiento de cultivo de brocoli. Riobamba . (Tesis)(Maestría). ESPOCH, Chimborazo, Ecuador. 2007. pp. 20-26

ANEXOS

ANEXO A. Norma Española para la caracterización del ácido húmico

25592 Martes 19 julio 2005 BOE núm. 171

MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA

12378 REAL DECRETO 824/2005, de 8 de julio, sobre productos fertilizantes.

El suelo agrícola es un recurso inestimable y limitado, cuyo potencial agronómico actual se debe a la labor desarrollada por el hombre durante siglos. La degradación irreversible de este recurso supone no sólo destruir el bien máspreciado de los agricultores, sino hipotecar las oportunidades agrícolas de generaciones futuras. Por este motivo, la protección del suelo constituye un objetivo prioritario en un buen abonado, para garantizar su fertilidad y su valor agronómico, presente y futuro.

La aparición de nuevos productos que contienen nutrientes para las plantas y capacidad fertilizante no debe ser óbice para que se olviden sus posibles repercusiones en la salud y seguridad de las personas y del medio ambiente, por lo que procede regular la utilización de nuevos ingredientes en la elaboración de productos fertilizantes, de modo que eviten sus posibles efectos nocivos en el agua, el suelo, la flora, la fauna y el ser humano.

La Unión Europea ha aprobado recientemente el Reglamento (CE) n.º 2003/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre de 2003, relativo a los abonos, y el Reglamento (CE) n.º 1774/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 3 de octubre de 2002, por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales no destinados al consumo humano, que obligan a los Estados miembros a modificar su normativa sobre productos fertilizantes.

La primera de las disposiciones comunitarias citadas, referida exclusivamente a los «abonos CE», refunde en una sola norma la legislación anterior y deroga determinadas directivas que la contenían. Así mismo, declara la libre circulación de los «abonos CE» y fija una serie de disposiciones comunes sobre su composición, identificación, etiquetado y envasado.

Asimismo, el Reglamento (CE) n.º 2003/2003 prevé que sean los Estados miembros quienes complementen su desarrollo en determinados aspectos, tales como la expresión de los contenidos en nutrientes principales y secundarios; la posibilidad de prohibir la circulación y venta de abonos potencialmente peligrosos para la salud y el medio ambiente; la adopción de medidas de control para evaluar la calidad de los abonos; la autorización de laboratorios de control; la posibilidad de imponer tasas y la determinación de un régimen sancionador. Estos aspectos han de regularse en unos casos mediante ley y en otros, mediante normas de rango reglamentario.

El Reglamento (CE) n.º 1774/2002 ha fijado restricciones para los materiales de origen animal que se utilicen para elaborar abonos o enmiendas orgánicas, así como una serie de medidas que obligan a los Estados miembros a garantizar que dichos materiales no contribuyan a la difusión de enfermedades.

Por otra parte, los productos fertilizantes que no están considerados como «abonos CE», vienen siendo regulados por disposiciones de cada Estado miembro. Así, en nuestro ordenamiento jurídico, esta materia queda recogida en el Real Decreto 72/1988, de 5 de febrero, sobre fertilizantes y afines, modificado por el Real Decreto 877/1991, de 31 de mayo, y en la Orden de 28 de mayo de 1998, sobre fertilizantes y afines, modificada por la Orden de 2 de noviembre de 1999, que introdujo una serie de garantías medioambientales y de salud pública en relación con dichos productos.

Con el tiempo, ha quedado demostrada la necesidad de modificar este conjunto de normas en una serie de puntos; las innovaciones más importantes que deben introducirse son la aplicación a los fertilizantes nacionales de disposiciones análogas a las recogidas en el Reglamento (CE) n.º 2003/2003 para los «abonos CE», la actualización de las especificaciones exigibles a los demás abonos y otros productos fertilizantes, el establecimiento de una regulación de los procedimientos de autorización de nuevos tipos de productos fertilizantes, sin olvidar la evaluación del posible impacto ambiental, de los residuos y sustancias diversos utilizados como ingredientes en la fabricación de los productos fertilizantes, para garantizar el cumplimiento de la Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos.

En consecuencia, con este real decreto se pretende, en primer lugar, concretar algunas de las disposiciones del Reglamento (CE) n.º 2003/2003, respecto de las que dicha norma establece que deben ser desarrolladas y completadas por los Estados miembros, y en segundo lugar, refundir y actualizar la normativa nacional existente relativa al resto de los abonos y a todo tipo de enmiendas, adaptándola, en su caso, a las exigencias del Reglamento (CE) 1774/2002.

Se presta una especial atención a determinados fertilizantes, particularmente a los que utilizan materias primas de origen orgánico, que están sometidas a reglamentaciones específicas, a los efectos de su conocimiento por parte de las autoridades competentes en materia de vigilancia y control y por todos los interesados en general, y se establece la obligatoriedad de su inscripción en el Registro de productos fertilizantes que, a tal efecto, se crea en sustitución del anterior Registro de fertilizantes y afines.

En el proceso de elaboración de este real decreto han sido consultados las comunidades autónomas y los sectores afectados.

Este real decreto ha sido sometido al procedimiento de información en materia de normas y reglamentaciones técnicas, previsto en el Real Decreto 1337/1999, de 31 de julio, por el que se regula la remisión de información en materia de normas y reglamentaciones técnicas y reglamentos relativos a los servicios de la sociedad de la información.

En su virtud, a propuesta de los Ministros de Agricultura, Pesca y Alimentación, de Industria, Turismo y Comercio, de Sanidad y Consumo y de Medio Ambiente, con la aprobación previa del Ministro de Administraciones Públicas, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 8 de julio de 2005,

DISPONGO:

CAPÍTULO I

Disposiciones generales

Artículo 1. Objeto y fines.

1. Este real decreto tiene por objeto establecer la normativa básica en materia de productos fertilizantes y las normas necesarias de coordinación con las comunidades autónomas.

2. Constituyen fines de este real decreto:

a) Regular los aspectos del Reglamento (CE) n.º 2003/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre de 2003, relativo a los abonos, cuya concreción y desarrollo han sido encomendados a los Estados miembros.

Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH	Real Decreto 824:2005 Productos fertilizantes		
	a)Por aprobar b)Por calificar c)Por certificar		Realizado por: Javier Alba	Escala	Fecha
			A4	2018	1

ANEXO B. Norma Española para la caracterización del ácido húmico

Nº	Denominación del Tipo	Información sobre la forma de obtención y los componentes esenciales	Contenido mínimo en nutrientes (porcentaje en masa) Información sobre la evaluación de los nutrientes Otros requisitos	Otras informaciones sobre la denominación del tipo o del etiquetado	Contenido en nutrientes que debe declararse y garantizarse. Formas y solubilidad de los nutrientes. Otros criterios
1	2	3	4	5	6
03	Ácidos húmicos	Producto obtenido por tratamiento o procesado de turba, lignito o nonardita, que contiene fundamentalmente ácidos húmicos	<ul style="list-style-type: none"> • Ácidos húmicos: 7% • Extracto húmico total (ácidos húmicos + ácidos fúlvicos): 15% 	<ul style="list-style-type: none"> • PH 	<ul style="list-style-type: none"> • Extracto húmico total • Ácidos húmicos • Ácidos fúlvicos • N total (si supera el 1%) • K₂O soluble en agua, (si supera el 1%)
04	Abono con ácidos húmicos	Abono CE o abono del grupo 1, al que se le han incorporado ácidos húmicos.	<ul style="list-style-type: none"> • Ácidos húmicos: 3% • Extracto húmico total (ácidos húmicos + ácidos fúlvicos): 6% • Todos los requisitos exigidos para el abono al que se adicionan los ácidos húmicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • PH 	<ul style="list-style-type: none"> • Todo lo exigido para el abono al que se adicionan los ácidos húmicos. • Extracto húmico total • Ácidos húmicos • Ácidos fúlvicos • N total (si supera el 1%) • K₂O soluble en agua, (si supera el 1%)

Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH Realizado por: Javier Alba	Real Decreto 824:2005 Productos fertilizantes		
	a) Por aprobar		Escala	Fecha	Lámina
	b) Por calificar c) Por certificar		A4	2018	2

ANEXO C. Norma INEN para toma de muestras de abonos



Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 220:2013
Segunda revisión

FERTILIZANTES O ABONOS. MUESTREO

Primera edición

FERTILIZERS OR MANURE. SAMPLING

First edition

Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH Realizado por: Javier Alba	Normas NTE INEN		
			Escala	Fecha	Lámina
	a) Por aprobar b) Por calificar c) Por certificar		A4	2018	3


ANEXO D. Norma INEN para toma de muestras de abonos

NTE INEN 220	2013-05																														
<p>5.2.5 Cuando el producto esté en movimiento, durante la fase final del proceso de fabricación o durante las operaciones de carga y descarga, la toma de unidades de muestreo se hará a base del tiempo que va a durar el producto en movimiento, y se dividirá dicho tiempo para el número de porciones de muestreo que se deben tomar. El resultado indica la frecuencia de la extracción.</p>																															
<p>TABLA 1. Número de muestras elementales de fertilizantes</p>																															
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Tamaño del lote (Kg)</th> <th style="text-align: center;">Número mínimo de muestras elementales</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Hasta 15</td><td style="text-align: center;">3</td></tr> <tr><td>16 - 25</td><td style="text-align: center;">4</td></tr> <tr><td>26 - 50</td><td style="text-align: center;">5</td></tr> <tr><td>51 - 90</td><td style="text-align: center;">7</td></tr> <tr><td>91 - 150</td><td style="text-align: center;">10</td></tr> <tr><td>151 - 280</td><td style="text-align: center;">15</td></tr> <tr><td>281 - 400</td><td style="text-align: center;">20</td></tr> <tr><td>401 - 500</td><td style="text-align: center;">25</td></tr> <tr><td>501 - 1 200</td><td style="text-align: center;">35</td></tr> <tr><td>1 201 - 3 200</td><td style="text-align: center;">50</td></tr> <tr><td>3 201 - 10 000</td><td style="text-align: center;">75</td></tr> <tr><td>10 001 - 35 000</td><td style="text-align: center;">100</td></tr> <tr><td>35 001 - 150 000</td><td style="text-align: center;">150</td></tr> <tr><td>Mayor a 150 000</td><td style="text-align: center;">200</td></tr> </tbody> </table>		Tamaño del lote (Kg)	Número mínimo de muestras elementales	Hasta 15	3	16 - 25	4	26 - 50	5	51 - 90	7	91 - 150	10	151 - 280	15	281 - 400	20	401 - 500	25	501 - 1 200	35	1 201 - 3 200	50	3 201 - 10 000	75	10 001 - 35 000	100	35 001 - 150 000	150	Mayor a 150 000	200
Tamaño del lote (Kg)	Número mínimo de muestras elementales																														
Hasta 15	3																														
16 - 25	4																														
26 - 50	5																														
51 - 90	7																														
91 - 150	10																														
151 - 280	15																														
281 - 400	20																														
401 - 500	25																														
501 - 1 200	35																														
1 201 - 3 200	50																														
3 201 - 10 000	75																														
10 001 - 35 000	100																														
35 001 - 150 000	150																														
Mayor a 150 000	200																														
<p>* El tamaño de la muestra puede cambiar dependiendo del nivel de inspección (Muestreo por variables).</p>																															
<p>5.3. Muestreo para productos sólidos (polvos y gránulos)</p>																															
<p>5.3.1 Sólidos Envasados</p>																															
<p>Colocar el saco seleccionado horizontalmente, introducir el dispositivo o calador muestreador en forma diagonal dentro del saco, cuidando que las ranuras del tubo exterior estén orientadas hacia arriba y cerradas por el tubo interior.</p>																															
<p>Hacer girar el tubo interior, para permitir que el material penetre en la sonda; girar nuevamente para cubrir las ranuras del tubo exterior y extraer la sonda.</p>																															
<p>Descargar el contenido del dispositivo en el envase y repetir la operación para obtener las muestras elementales necesarias.</p>																															
<p>5.3.2 Sólidos a granel</p>																															

Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH Realizado por: Javier Alba	Normas NTE INEN		
	a) Por aprobar b) Por calificar c) Por certificar		Escala	Fecha	Lámina
			A4	2018	4

ANEXO E. Norma INEN para la determinación de un fertilizante.

CDU: 631.8
ICS: 65.080



CIU: 3512
AG 03.03-401


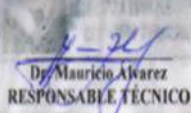

<p>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</p>	<p>FERTILIZANTES O ABONOS TOLERANCIAS</p>	<p>NTE INEN 211:98 Primera revisión 1998-07</p>																																																																						
<p>1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece las tolerancias mínimas y máximas permitidas en el grado garantizado de los fertilizantes o abonos, cuando se realice la inspección de fertilizantes.</p> <p>2. DEFINICIONES</p> <p>2.1 Tolerancia. Cantidad de unidades que se suman o se restan al grado garantizado de un fertilizante o abono.</p> <p>2.2 Otras definiciones constan en la NTE INEN 209.</p> <p>3. REQUISITOS</p> <p>3.1 Los valores de tolerancia mínima y máxima para cada uno de los nutrientes no debe sobrepasar los valores absolutos indicados en La tabla 1.</p> <p style="text-align: center;">TABLA 1. Tolerancia. Garantía mínima y máxima</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="3" style="text-align: center;">NUTRIENTE GARANTIZADO %</th> <th colspan="3" style="text-align: center;">TOLERANCIA MINIMA Y MAXIMA</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">NITROGENO TOTAL</th> <th style="text-align: center;">FÓSFORO ASIMILABLE</th> <th style="text-align: center;">POTASIO SOLUBLE</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">N (+/-)</th> <th style="text-align: center;">P₂O₅ (+/-)</th> <th style="text-align: center;">K₂O (+/-)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">4 ó menos</td><td style="text-align: center;">0,49</td><td style="text-align: center;">0,67</td><td style="text-align: center;">0,41</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">6</td><td style="text-align: center;">0,52</td><td style="text-align: center;">0,67</td><td style="text-align: center;">0,47</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">8</td><td style="text-align: center;">0,55</td><td style="text-align: center;">0,68</td><td style="text-align: center;">0,60</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">10</td><td style="text-align: center;">0,60</td><td style="text-align: center;">0,70</td><td style="text-align: center;">0,70</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">12</td><td style="text-align: center;">0,61</td><td style="text-align: center;">0,75</td><td style="text-align: center;">0,79</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">14</td><td style="text-align: center;">0,63</td><td style="text-align: center;">0,80</td><td style="text-align: center;">0,87</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">16</td><td style="text-align: center;">0,67</td><td style="text-align: center;">0,85</td><td style="text-align: center;">0,94</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">18</td><td style="text-align: center;">0,70</td><td style="text-align: center;">0,90</td><td style="text-align: center;">1,01</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">20</td><td style="text-align: center;">0,73</td><td style="text-align: center;">0,95</td><td style="text-align: center;">1,08</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">22</td><td style="text-align: center;">0,75</td><td style="text-align: center;">1,00</td><td style="text-align: center;">1,15</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">24</td><td style="text-align: center;">0,78</td><td style="text-align: center;">1,05</td><td style="text-align: center;">1,21</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">26</td><td style="text-align: center;">0,81</td><td style="text-align: center;">1,10</td><td style="text-align: center;">1,27</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">28</td><td style="text-align: center;">0,83</td><td style="text-align: center;">1,15</td><td style="text-align: center;">1,33</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">30</td><td style="text-align: center;">0,86</td><td style="text-align: center;">1,20</td><td style="text-align: center;">1,39</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">32 ó más</td><td style="text-align: center;">0,88</td><td style="text-align: center;">1,25</td><td style="text-align: center;">1,44</td></tr> </tbody> </table> <p style="font-size: x-small;">(*) Para tolerancias mínimas y máximas, que no se indican en la tabla, calcular el valor apropiado por interpolación.</p>			NUTRIENTE GARANTIZADO %	TOLERANCIA MINIMA Y MAXIMA			NITROGENO TOTAL	FÓSFORO ASIMILABLE	POTASIO SOLUBLE	N (+/-)	P ₂ O ₅ (+/-)	K ₂ O (+/-)	4 ó menos	0,49	0,67	0,41	6	0,52	0,67	0,47	8	0,55	0,68	0,60	10	0,60	0,70	0,70	12	0,61	0,75	0,79	14	0,63	0,80	0,87	16	0,67	0,85	0,94	18	0,70	0,90	1,01	20	0,73	0,95	1,08	22	0,75	1,00	1,15	24	0,78	1,05	1,21	26	0,81	1,10	1,27	28	0,83	1,15	1,33	30	0,86	1,20	1,39	32 ó más	0,88	1,25	1,44
NUTRIENTE GARANTIZADO %	TOLERANCIA MINIMA Y MAXIMA																																																																							
	NITROGENO TOTAL	FÓSFORO ASIMILABLE		POTASIO SOLUBLE																																																																				
	N (+/-)	P ₂ O ₅ (+/-)	K ₂ O (+/-)																																																																					
4 ó menos	0,49	0,67	0,41																																																																					
6	0,52	0,67	0,47																																																																					
8	0,55	0,68	0,60																																																																					
10	0,60	0,70	0,70																																																																					
12	0,61	0,75	0,79																																																																					
14	0,63	0,80	0,87																																																																					
16	0,67	0,85	0,94																																																																					
18	0,70	0,90	1,01																																																																					
20	0,73	0,95	1,08																																																																					
22	0,75	1,00	1,15																																																																					
24	0,78	1,05	1,21																																																																					
26	0,81	1,10	1,27																																																																					
28	0,83	1,15	1,33																																																																					
30	0,86	1,20	1,39																																																																					
32 ó más	0,88	1,25	1,44																																																																					
<p><i>(Continúa)</i></p>																																																																								
<p>DESCRIPTORES: Productos químicos para uso agrícola, fertilizantes. Tolerancias</p>																																																																								

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3090 – Bequerzo Moreno E8-20 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

-1- 1994-024

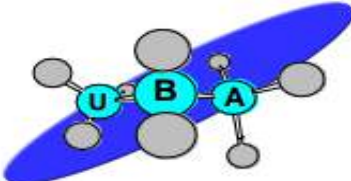
Notas	Categoría del diagrama	<p>ESPOCH</p> <p>Realizado por: Javier Alba</p>	Normas NTE INEN		
	a) Por aprobar b) Por calificar c) Por certificar		Escala	Fecha	Lámina
			A4	2018	5

ANEXO F. Análisis químico del contenido de potasio y nitrógeno según lo exigido por la norma.

 <p>CESTTA SGC</p>	<p>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p>DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>															
<p>INFORME DE ENSAYO No: F-070-18 ST: 013- 18 ANÁLISIS DE FERTILIZANTES Nombre Peticionario: NA Atn. Javier Alba Dirección: Riobamba Riobamba-Chimborazo</p>																
<p>FECHA: 03 de Agosto del 2018 NUMERO DE MUESTRAS: 1 FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2018/07/26 - 16:20 FECHA DE MUESTREO: 2018/07/20 - 16:00 FECHA DE ANÁLISIS: 2018/07/26 - 2018/08/03 TIPO DE MUESTRA: Fertilizante orgánico CÓDIGO CESTTA: LAB-F-070-18 CÓDIGO DE LA EMPRESA: NA PUNTO DE MUESTREO: Laboratorio ANÁLISIS SOLICITADO: Químico PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Javier Alba CONDICIONES AMBIENTALES: T máx. 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C</p>																
<p>RESULTADOS ANALÍTICOS:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>PARÁMETROS</th> <th>MÉTODO /NORMA</th> <th>UNIDAD</th> <th>RESULTADO</th> <th>VALOR LIMITE PERMISIBLE (■)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nitrógeno Total Kjeldhal</td> <td>Kjeldhal</td> <td>%</td> <td>0,10</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Potasio</td> <td>ICP</td> <td>mg/L</td> <td>9000</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>		PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE (■)	Nitrógeno Total Kjeldhal	Kjeldhal	%	0,10	-	Potasio	ICP	mg/L	9000	-
PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE (■)												
Nitrógeno Total Kjeldhal	Kjeldhal	%	0,10	-												
Potasio	ICP	mg/L	9000	-												
<p>OBSERVACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> Muestra receptada en laboratorio. Fertilizante a base de ácido húmico 																
<p>RESPONSABLE DEL INFORME:</p> <p style="text-align: center;">  Dr. Mauricio Alvarez RESPONSABLE TÉCNICO </p> <p style="text-align: center;">  CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA CESTTA TECNOLÓGICA AMBIENTAL </p>																

Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH Realizado por: Javier Alba	ANÁLISIS QUÍMICOS		
			Escala	Fecha	Lámina
			A4	2018	6

ANEXO G. Análisis biológico del contenido de ácido húmico y fúlvico en el producto.



Analytical Laboratories
Testing & Consulting

WWW.UBA-LAB.COM

INFORME DE RESULTADOS
IDR 21673-2018

Fecha: 18 de Julio del 2018

DATOS DEL CLIENTE							
Nombre	ALBA RIOS JAVIER ENRIQUE						
Dirección	Riobamba - Cda Juan Montalvo						
Teléfono	0996693896						
Contacto	Ing. Javier Alba						
DATOS DE LA MUESTRA							
Tipo de muestra	Producto terminado	Cantidad	Aprox. 500 mL				
No. de muestras	1 (n=1)	Lote	N/A				
Presentación	Frasco plástico	Fecha de recepción	13 de Julio del 2018				
Colecta de muestra	Realizado por el CLIENTE	Fecha de colecta de muestra	N/A				
CONDICIONES DEL ANALISIS							
Temperatura (°C)	23.6	Humedad (%)	63.0				
Fecha de inicio de Análisis	16 de Julio del 2018						
Fecha de Finalización del análisis	17 de Julio del 2018						
RESULTADOS							
CODIGO CLIENTE	CODIGO UBA	PARAMETROS	METODO	RESULTADOS	Unidad	Límite Cuantificación (ppm)	*Cumplimentación
Producto terminado Ácido Húmico	UBA-21673-1	Ácidos Húmicos	Walkley & Black 1934	30.68	%	200	-
		Ácidos Fúlvicos		10.82	%	200	-
Observaciones: 1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibidas por el laboratorio. No siendo extensivo a cualquier lote. 2. Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita por parte del laboratorio. 3. Nomenclatura: N.E. = No Estimado; N.A. = No aplica; AA = Aminoácidos							

R.P. 1215

FOR ADM. 04 R01

Página 1 de 1

CONTROL DE CALIDAD

ALIMENTOS FARMACEUTICOS AMBIENTALES COSMETICOS

Av. Carlos L. Plaza Dañin, Cda. La FAE, Mz 20 Solar 12 (Frente al primer bloque de la Atarazana)
 PBX: 2288-578, 601-7745 Cel.: 0992737500 / 0984780671
 e.mail: nmontoya@uba-lab.com
nmontoya@mail.com
 Guayaquil-ECUADOR

COPIA Y FOTOCOPIA
 Prohibida la reproducción por cualquier medio electrónico o mecánico sin el consentimiento escrito de la UBA-LAB
 Copyright © 2018 UBA-LAB
 Todos los derechos reservados

Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH Realizado por: Javier Alba	ANALISIS BIOLÓGICOS		
	a) Por aprobar b) Por calificar c) Por certificar		Escala	Fecha	Lámina
			A4	2018	7

ANEXO H. Cotización de equipos para implementar una planta de ácido húmico

INOX LAC

Fabricante de Maquinaria Alimenticia en Acero Inoxidable
 Dir.: Av. Solanda y calle Las Malvas Oe2560 (Sector Solanda)
 Telf : 2 685 983 - Cel : 0999 081 727
 Quito - Ecuador

COTIZACIÓN DE UN AGITADOR

FORMA DE ELABORACIÓN

Hecho en acero inoxidable, capacidad de 450 litros, altura 1,17 metros, diámetro 0.70 m, cuenta con sensores y controladores de temperatura, pH, oxígeno disuelto y velocidad de agitación interconectados a un sistema de control.

PRECIO

\$ 13800 (trece mil ochocientos dólares americanos) El precio no incluye IVA



COTIZACIÓN DE UN BARRIL CONTENEDOR DE 1000 L

FORMA DE ELABORACIÓN

Hecho en acero inoxidable 2 mm, acceso superior e inferior, capacidad de 1000 litros, altura 2,2 metros, diámetro 1,5 m, tapa hermética de seguridad y base para soporte.

PRECIO

\$ 2800 (dos mil ocho cientos ochenta dólares americanos) El precio no incluye IVA



Fuente: BARRERA, VICTOR. 2017

Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH Realizado por: Javier Alba	COTIZACIÓN DE EQUIPOS		
			Escala	Fecha	Lámina
	a) Por aprobar b) Por calificar c) Por certificar		A4	2018	8

ANEXO I. Cotización de equipos para implementar una planta de ácido húmico.

INOX LAC

Fabricante de Maquinaria Alimenticia en Acero Inoxidable
 Dir.: Av. Solanda y calle Las Malvas Oe2560 (Sector Solanda)
 Telf.: 2 685 983 Cel.: 0999 081 727
 Quito - Ecuador

CALDERO DE 10 HP HORIZONTAL

FORMA DE ELABORACIÓN

Caldero tubular de 3 pasos echo en acero negro con quemador eléctrico a diésel, un macdonal a nivel de agua y un sensor de bajo nivel y una chimenea para el desalajo de humo y una bomba de agua de media HP. El caldero será forrado con plancha de acero inoxidable.

PRECIO

\$ 9000 (nueve mil dólares americanos) El precio no incluye IVA



FILTRO ESTÁTICO

Construido en acero inoxidable, dimensiones de 0.5 m de largo x 1 m de alto, inclinación adaptable según el caudal, cuenta con doble filtro de 0.3 y 1 mm (Tamiz de varilla triangular)

PRECIO

\$ 150 (ciento cincuenta dólares americanos) El precio no incluye IVA



Fuente: BARRERA, 2017

Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH Realizado por: Javier Alba	COTIZACIÓN DE EQUIPOS		
			Escala	Fecha	Lámina
a) Por aprobar			A4	2018	9
b) Por calificar					
c) Por certificar					

ANEXO J. Cotización de equipos para implementar una planta de ácido húmico.

INOX LAC

Fabricante de Maquinaria Alimenticia en Acero Inoxidable
Dir.: Av. Solanda y calle Las Malvas Oe2560 (Sector Solanda)
Tel.: 2 685 983 Cel.: 0999 081 727
Quito - Ecuador

COTIZACIÓN DE UN FERMENTADOR DE 400 L.

FORMA DE ELABORACIÓN

Hecho en acero inoxidable 2 mm, de 1 m de largo, 0.5 de ancho y 0.4 de alto cuenta con una boya que impide el derrame del contenido, conexión de mangueras transportadoras por caída de presión o por acción de una bomba, 4 dispensadores manuales para envases de diferentes dimensiones, tapa de protección y base para su elevación.

PRECIO

\$ 240 (doscientos cuarenta dólares americanos) El precio no incluye IVA.

El precio puede variar en función de las dimensiones requeridas y específicamente bajo pedido.



Cotización valido 30 días.

Tiempo de elaboración: 20 días laborables a partir de la firma del contrato.

Forma de pago: 60% al firmar el contrato y 40% al finalizar el trabajo.

Garantía: 1 año

**Atentamente,
Luis Aymacaña
PROPIETARIO**

Fuente: BARRERA, 2017

Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH Realizado por: Javier Alba	COTIZACIÓN DE EQUIPOS		
			Escala	Fecha	Lámina
	a) Por aprobar b) Por calificar c) Por certificar		A4	2018	10

ANEXO K. Cotización de equipos para implementar una planta de ácido húmico.



Somos un micro empresa radicada en la ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas. Dedicada a la fabricación de máquinas envasadoras automáticas, semiautomáticas, manuales, envasadoras horizontales y verticales, llenadora de Doy Pack, llenadoras de botellas, frascos, llenadoras de bidones, embolsadoras, empacadoras, bandas transportadoras, codificadoras, selladoras industriales en acero inoxidable, dosificadores volumétricos para producto denso, líquido, sólido, granulado, y polvos, tapadoras de botellas, generadores de ozono, purificadores de aire, esterilizadores por calor seco, esterilizadores ultravioleta, autoclaves, dispensadores, surtidores, bebederos en acero inoxidable, plantas purificadoras de agua de uso residencial e industrial, lavadoras de botellas, y máquinas especiales para el envasado.

Hemos recibido su correo solicitando una preforma sobre uno de nuestros productos.

El equipo solicitado cuenta con las siguientes características:

Características	Easy Capper
Material	Acero inoxidable
Largo	320 mm
Ancho	250 mm
Altura	780 mm
Peso	22 Kg
Producción horaria	400 botellas/hora
Alimentación	230 V
Potencia	0.52 KW



PRECIO COMERCIAL


El costo del equipo taponador de botellas Easy Capper es de **\$680** Dólares Americanos, **NO** incluye impuestos ni gastos de envío.

Atentamente
Mercedes Logroño
Área de ventas

Fuente: BARRERA, VICTOR. 2017

Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH Realizado por: Javier Alba	COTIZACIÓN DE EQUIPOS		
			Escala	Fecha	Lámina
a) Por aprobar			A4	2018	11
b) Por calificar					
c) Por certificar					

ANEXO L. Cotización de equipos para análisis del producto.



Comercialización y Calibración de equipos para Laboratorios
 (Acreditado por la SAE bajo la norma ISO 17025)
 Dirección Mucho Lote I Paraiso del Río. Mz 3083 Sr 15
 Telf. 04-4548151/04-6027745/0996010924
 Guayaquil-Ecuador

Preforma de Equipos solicitados


MEDIDOR DE PH

Fabricante: HANNA INSTRUMENTS

Los medidores de pH de sobremesa HI 2211 y HI 2210 son peachimetros económicos de gran precisión útiles para realizar mediciones y análisis en laboratorio.

Características principales:

- Simplicidad en el diseño
- LCD Extra Amplio (15,9 x 3,8 cm)
- Calibración Automática
- 5 Tampones Estándar
- Muestra simultáneamente pH y Temperatura
- Compensación Automática de Temperatura
- Rango de mV Ampliado (HI 2211)



MODELO	PRECIO	UNIDADES
HI 2210	\$544,50	1

Fuente: BARRERA, 2017

Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH	COTIZACIÓN DE EQUIPOS		
	a) Por aprobar	Realizado por: Javier Alba	Escala	Fecha	Lámina
	b) Por calificar		A4	2018	12
	c) Por certificar				

ANEXO M. Cotización de equipos para el desarrollo del proceso.



Comercialización y Calibración de equipos para Laboratorios
 (Acreditado por la SAE bajo la norma ISO 17025)
 Dirección Mucho Lote 1 Paraiso del Río. Mz 3083 Si 15
 Telf. 04-4548151/04-6027745/0996010924
 Guayaquil-Ecuador

BRIXOMETRO

Fabricante: ATAGO

Son considerados como un estándar en la industria, siendo utilizados por las universidades y profesionales del sector. Los avances tecnológicos constantes ponen a ATAGO en la vanguardia de la tecnología.

Características:

- Rango de Medida: Brix 0.0 to 53.0 %
- Resolución: Brix 0.1%
- Exactitud de medida: Brix ± 0.2 %
- Temperatura Ambiente: 10 to 40°C
- Temperatura de Medición: 10 a 100°C
- Volumen de Muestra: 0.3 ml
- Tiempo de Medición: 3 segundos
- Clase de protección internacional: IP65
- Dimensiones y Peso: 806mm x 600mm x 100mm



MODELO	PRECIO	UNIDADES
HI 96801	\$245,54	1

HIGRÓMETRO

Excelente equipo digital que permite medir temperatura y humedad ambiental en diferentes lugares, de fácil uso, incluye pilas y manuales.

Características:

- * Rango de medición temperatura: -10 a +50°C (+14 to +122°F)
- * Precisión temperatura: ± 1 °C
- * Resolución temperatura: ± 0.1 °C
- * Rango medición humedad: 10 a 99% RH
- * Precisión humedad: ± 5 % RH
- * Resolución humedad: ± 1 %




MODELO	PRECIO	UNIDADES
NTC-1	\$11,50	1

Fuente: BARRERA, VICTOR. 2017

Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH	COTIZACIÓN DE EQUIPOS		
			Escala	Fecha	Lámina
	a) Por aprobar b) Por calificar c) Por certificar	Realizado por: Javier Alba	A4	2018	13

ANEXO N. Cotización de equipos para el desarrollo del proceso.

	Comercialización y Calibración de equipos para Laboratorios (Acreditado por la SAE bajo la norma ISO 17025) Dirección Mucho Lote 1 Paraíso del Río, Mz 3083 Si 15 Telf. 04-4548151/04-6027745/0996010924 Guayaquil-Ecuador
---	--

BALANZA

Están fabricadas para trabajar cómodamente sobre una mesa horizontal y sus usos son muy diversos en la industria.

Características:

- Platillo de acero inoxidable
- El dispositivo display puede situarse en diferentes lugares. Cable de 1,5 m. de longitud. Se puede situar sobre la pared.
- Display LCD de grandes dimensiones. Tamaño del dígito: 25 mm.
- Tamaño del display: 200x100x55 mm. (Ancho x Profundo x Alto)
- Sistema cuentapiezas (PCS) con valores de referencia de 5, 10, 25, 50 piezas.*
- Otras unidades de pesaje: lb, oz, ozt, tLH, tLT
- Posibilidad de funcionamiento mediante baterías (9 V)
- Función de autodesconexión (AUTO-OFF) para ahorrar energía tras un lapso de 3 minutos.
- Adaptador RS 232 C bidireccional para conexión al ordenador o impresora.

MODELO	PRECIO	UNIDADES
PCE-BS 3000	\$348,46	1



Plazo de entrega: 3 semana/s aprox.
 Envió: **GRATUITO** pedidos superiores a \$200
 Forma de pago: Transferencia, tarjeta de crédito, PayPal
 I.V.A. Incluido: Los precios llevan el I.V.A. incluido

Fuente: BARRERA, 2017

Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH Realizado por: Javier Alba	COTIZACIÓN DE EQUIPOS		
			Escala	Fecha	Lámina
	a) Por aprobar b) Por calificar c) Por certificar		A4	2018	14

ANEXO O. Cotización de frascos para envasado del producto.



Fabricación de tapas y envases plásticos en Polietileno, Polipropileno y PET
 Dirección: De Los Anzures 154 y E9 (Quito-Ecuador)
 Teléf.: 2803123 / 2803800 / 2803798
 Mail: info@loscocos.com.ec

LOSCOCOS, con más de 25 años de experiencia, produce y comercializa envases plásticos, tapas y moldes, sus productos tienen altos estándares de calidad y precios muy competitivos dentro del mercado de la industria plástica.

En petición a su requerimiento adjuntamos los precios que estipula nuestra empresa para envases conforme su necesidad, recalcando que todos los envases incluyen tapa rosca de color blanco.

Envase	Capacidad	Color	P.V.P/unidad
PET	100 ml	Ámbar/blanco	2ctv
PET	250 ml	Ámbar/blanco	3ctv
PET	500 ml	Ámbar/blanco	4ctv
PET	1000 ml	Ámbar/blanco	5ctv
Precio incluye IVA			

NOTA:

La validez de la preforma tiene un lapso de 90 días desde la fecha estipulada y la entrega se lo realiza por mensajería en cualquier parte del país en un tiempo no mayor a cinco días desde la confirmación de su pedido, costo de entrega no incluye en el valor mencionado.

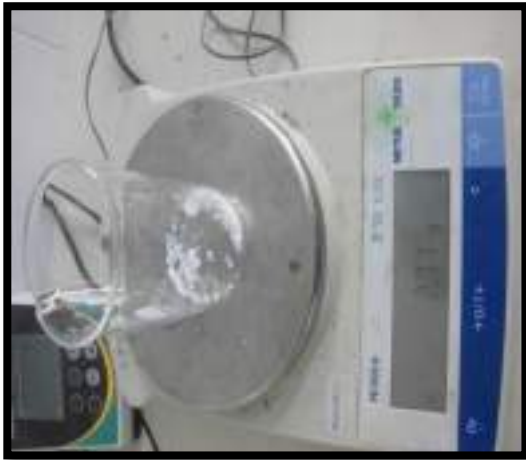
Atentamente:

La Gerencia

Fuente: BARRERA, 2017

Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH Realizado por: Javier Alba	COTIZACIÓN DE ENVASES		
			Escala	Fecha	Lámina
			a) Por aprobar	A4	2018
b) Por calificar					
c) Por certificar					

ANEXO P. Ensayos de proceso para la obtención de ácido húmico.



Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH Realizado por: Javier Alba	Ensayo de los procesos de Obtención		
	a) Por aprobar b) Por calificar c) Por certificar		Escala	Fecha	Lámina
			A4	2018	16

ANEXO Q. Ensayos de proceso para la obtención de un ácido húmico.



Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH Realizado por: Javier Alba	Ensayo de los procesos de Obtención		
			Escala	Fecha	Lamina
	a) Por aprobar b) Por calificar c) Por certificar		A4	2018	17

ANEXO R. Ensayos de proceso para la obtención de un ácido húmico.



Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH Realizado por: Javier Alba	Ensayo de los procesos de Obtención		
	a) Por aprobar b) Por calificar c) Por certificar		Escala	Fecha	Lamina
			A4	2018	18

ANEXO S. Ensayos de proceso para la obtención de un ácido húmico.



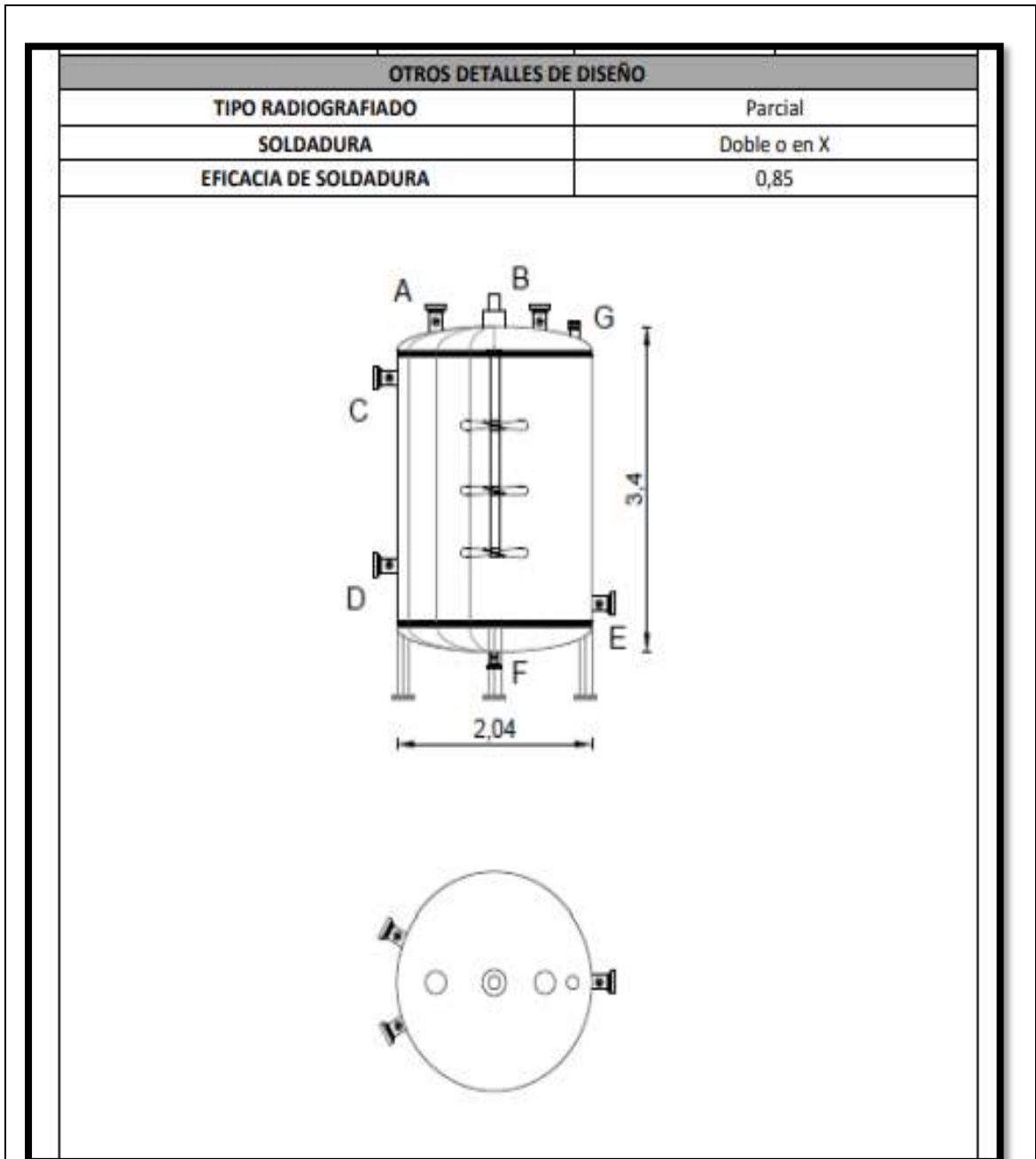
Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH Realizado por: Javier Alba	Ensayo de los procesos de Obtención		
	a) Por aprobar b) Por calificar c) Por certificar		Escala	Fecha	Lamina
			A4	2018	19

ANEXO T. Ficha técnica y de seguridad de un tanque de agitación y mezclado.

DATOS GENERALES	
DENOMINACIÓN EQUIPO	Tanque mezclador de 3 corrientes
FUNCIÓN	Almacenamiento y homogenización de corrientes de metanol
DATOS DE OPERACIÓN	
FLUIDO	Metanol
TEMPERATURA DE OPERACIÓN (°C)	70
PRESIÓN DE OPERACIÓN (atm)	1.8
PESO EN OPERACIÓN (kg)	8415.3
DENSIDAD (kg/m ³)	792
VOLUMEN ÚTIL (%)	74
DATOS DE DISEÑO	
VOLUMEN (m ³)	10.33
DIÁMETRO (m)	2.04
ALTURA (m)	3.40
POSICIONAMIENTO	Vertical
GRUESO CILINDRO (mm)	3
GRUESO FONDO (mm)	4
PESO VACÍO (kg)	532.74
PESO CON AGUA (kg)	10485.54
TEMPERATURA DE DISEÑO (°C)	85
PRESIÓN DE DISEÑO (atm)	2.53
MATERIAL CONSTRUCCIÓN	AISI 316L
DENSIDAD MATERIAL (kg/m ³)	7670
NORMA DE DISEÑO	Código ASME
TIPO DE CABEZAL	Toriesférico
SOBREEPESOR POR CORROSIÓN (mm)	1
AISLANTE	
ESPESOR AISLANTE (cm)	6.83
MATERIAL AISLANTE	Espumas de Polietileno
AGITACIÓN	
TIPO	Hélice axial
NÚMERO DE TURBINAS	3
NÚMERO DE PALAS	3
POTENCIA [kW]	0.135

Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH Realizado por: Javier Alba	Ficha Técnica		
			Escala	Fecha	Lamina
	a) Por aprobar b) Por calificar c) Por certificar		A4	2018	19

ANEXO U. Ficha técnica y de seguridad de un tanque de agitación y mezclado.



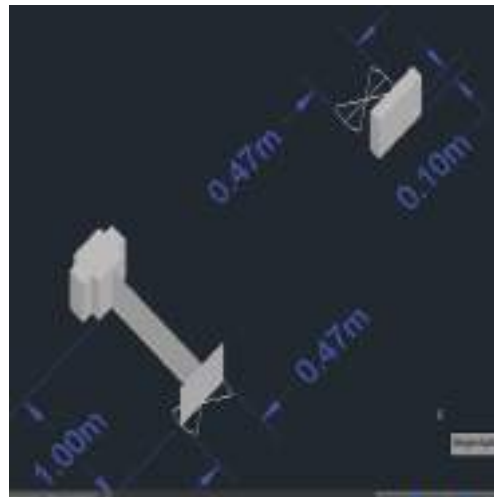
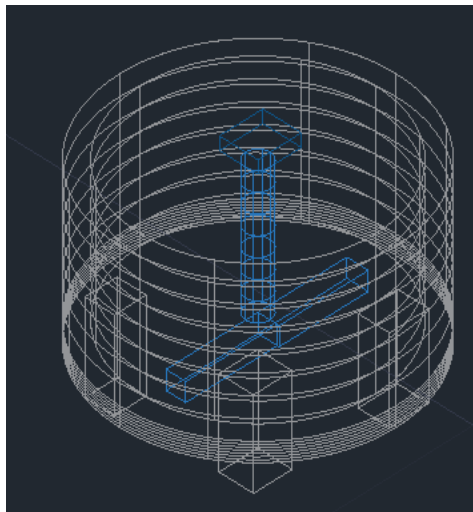
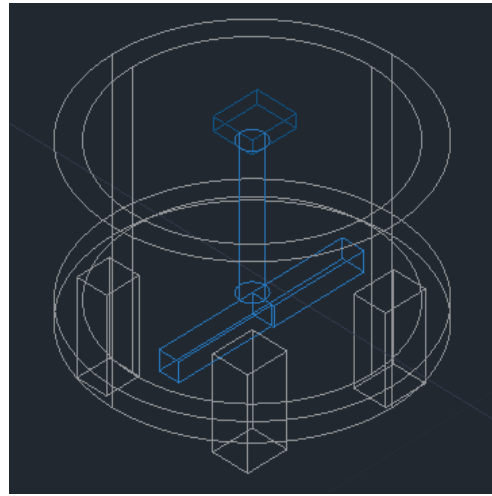
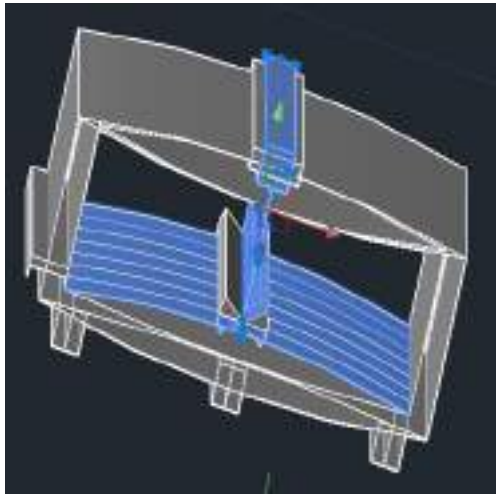
Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH Realizado por: Javier Alba	Ficha Técnica		
	a) Por aprobar		Escala	Fecha	Lamina
	b) Por calificar		A4	2018	19
	c) Por certificar				

ANEXO V. Ficha técnica y de seguridad de un tanque de agitación y mezclado.

HOJA DE DATOS						
DESCRIPCIÓN: AGITADOR DE MEZCLA						
N° EQUIPO: AE-122						
N° DOCUMENTO: EV-006						
DATOS DE OPERACIÓN						
Corriente	Fluido	Caudal (m ³ /h)	Sólidos (%)	Densidad (kg/m ³)	Presión (barg)	T(°C)
Alimentación	Agua residual	5,257	0,094	1000	atm.	13
Alimentación	Ca(OH) ₂	0,009	30,000	1216	atm.	13
Alimentación	FeCl ₃	0,002	0,000	1430	atm.	13
Alimentación	Plielectrolito	0,008	0,000	1000	atm.	13
DIMENSIONES DEL RECIPIENTE			CARACTERÍSTICAS DE LA AGITACIÓN			
Tipo		Rectangular	Finalidad de la agitación		Homogeneizar	
Posición		Vertical	Funcionamiento		Discontinuo	
Dimensiones L x W (m)		1,50 X 1,50	DATOS DEL MOVIL			
Altura (m)		1,170	Diámetro de las palas (mm)		220	
Fondo		Plano	N° de álabes		4,0	
CARACTERÍSTICAS DEL AGITADOR			Recirculación (m ³ /s)			
Modelo		Sumergible	Velocidad de rotación (rpm)		70	
Tipo		Palas inclinadas	Material		AISI 316	
Montaje		Vertical	DATOS DEL MOTOR			
Materiales:			Tipo		Trifásico	
Partes sumergidas		AISI 316	Tensión (V)		400	
Partes no sumergidas		AISI 316	Frecuencia (Hz)		50	
Tornillería		AISI 316	Potencia (kW)		0,18	
Sistema de fijación		A puente metálico	Protección		IP 55	
Sistema de elevación		No	Protección térmica		No	
OBSERVACIONES						

Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH Realizado por: Javier Alba	Ficha Técnica		
	a) Por aprobar b) Por calificar c) Por certificar		Escala	Fecha	Lamina
			A4	2018	19

ANEXO W. DISEÑO DEL EQUIPO



Notas	Categoría del diagrama	ESPOCH Realizado por: Javier Alba	Diseño		
			Escala	Fecha	Lamina
	a) Por aprobar b) Por calificar c) Por certificar		A4	2018	19