



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA**

**“DISEÑO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE LOMBRICOMPOSTA EN  
LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA.”**

**T E S I S**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

PRESENTA:

**HÉCTOR RESÉNDIZ VÁSQUEZ**

DIRECTOR DE TESIS:

**M.C. JOSÉ ALFREDO CARAZO LUNA**

HUAJUAPAN DE LEÓN, OAXACA. MAYO 2009

## **Dedicatoria**

A mi madre y a las dos importantes personas que adelantaron su partida, a ellos tres, que son la prueba irrefutable de que Dios existe.

## **Agradecimientos**

A mi familia, por el infinito e incondicional apoyo.

A mi director de tesis, sinodales y a todos y cada uno de los profesores y personal de la universidad que se vieron involucrados directa e indirectamente en la realización de esta tesis, por el soporte, tiempo, espacio y los tan útiles consejos.

A las personas externas a esta institución y a sus respectivas empresas por haberme obsequiado una fracción su tiempo.

Y finalmente y no menos importante, a mis amigos, por que sin querer los he hecho parte de todo esto.

## Índice general

Relación de tablas. iv

Relación de figuras. v

### Capítulo I. Elementos introductorios.

1.1. Introducción. 2

1.2. Antecedentes. 3

1.3. Objetivos. 4

1.3.1. General. 4

1.3.2. Específico. 4

1.4. Justificación. 5

1.4.1. Responsabilidad Social. 5

1.4.2. Tipo de suelo. 5

1.5. Delimitaciones. 6

### Capítulo II. Marco teórico y metodología.

2.1. Marco teórico. 8

2.1.1. Lombricomposta. 8

2.1.2. Diseño de plantas industriales. 10

2.1.3. Seguridad e higiene en los centros de trabajo. 13

2.2. Metodología. 14

2.2.1. Proceso Analítico Jerárquico. 14

2.2.2. Systematic Layout planning. 18

### Capítulo III. Desarrollo y resultados.

3.1. Gráfica de proceso de la operación. 23

3.1.1. Gráfica de flujo del proceso. 26

3.2. Determinación de la razón de planta. 29

<b>3.3. Variaciones en la generación de desechos orgánicos.</b>	<b>32</b>
<b>3.4. Selección de la maquinaria.</b>	<b>34</b>
<b>3.5. Distribución de planta.</b>	<b>42</b>
3.5.1. Estimación del área de los departamentos.	43
3.5.2. Descripción de los departamentos y layout de la planta.	45
<b>3.6. Seguridad e higiene.</b>	<b>58</b>
3.6.1. Equipo de protección personal.	58
3.6.2. Reglamento de seguridad e higiene.	61
3.6.3. Señalización.	62
<b>3.7. Costos de inversión.</b>	<b>63</b>
<b>Capítulo IV. Conclusiones y recomendaciones</b>	
<b>4.1. Conclusiones.</b>	<b>66</b>
<b>4.2. Acciones futuras</b>	<b>67</b>
4.2.1. Crecimiento de la población de lombrices.	67
4.2.2. Tratamiento de desechos inorgánicos.	67
<b>Anexos</b>	
<b>5.1. Resultados de las encuestas aplicadas.</b>	<b>69</b>
<b>5.2. Matrices de comparación.</b>	<b>72</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>76</b>

## Relación de tablas

Tabla 1.	Tipos de lombrices.	8
Tabla 2.	Tipos básicos de distribución.	12
Tabla 3.	Escala de preferencias	15
Tabla 4.	Índices aleatorios de Consistencia	16
Tabla 5.	Descripción de las actividades del proceso.	23
Tabla 6.	Requerimientos de materia prima por esfera de maduración.	29
Tabla 7.	Características del equipo a emplear.	34
Tabla 8.	Descripción del equipo seleccionado.	36
Tabla 9.	Descripción de las alternativas de selección.	39
Tabla 10	Matriz final de decisión.	41
Tabla 11.	Criterios de evaluación para la selección de departamentos.	42
Tabla 12.	Departamentos empleados en la planta de lombricomposta.	46
Tabla 13a	Tabla de correlaciones departamentales.	47
Tabla 13b.	Clasificación de proximidad.	47
Tabla 13c.	Razones del valor de proximidad.	47
Tabla 14.	Valor total de la relación entre departamentos.	48
Tabla 15.	Hoja de trabajo.	49
Tabla 16a.	Evaluación de la cuadrícula opción 1.	53
Tabla 16b.	Evaluación de la cuadrícula opción 2.	53
Tabla 16c.	Evaluación de la cuadrícula opción 3.	54
Tabla 17.	Riesgos en los puestos de trabajo.	58
Tabla 18.	Claves de regiones anatómicas y EPP	59
Tabla 19.	Determinación del equipo de protección personal.	60
Tabla 20.	Imágenes para señalización.	62
Tabla 21.	Costos de la maquinaria y equipo.	63
Tabla 22.	Costos de la materia prima.	64
Tabla 23.	Costos de obra civil.	64
Tabla 24.	Costo total de la inversión	64

## Relación de figuras

Figura 1.	Árbol de jerarquía.	14
Figura 2.	Diagrama de flujo del proceso analítico jerárquico.	17
Figura 3.	Planeación sistemática de Layout de Richard Muther.	20
Figura 4.	Bloque de diagrama adimensional.	21
Figura 5.	Gráfica del proceso de la operación.	25
Figura 6.	Línea del tiempo del proceso de lombricomposteo.	30
Figura 7	Esfera de maduración y apilación de cuatro esferas.	31
Figura 8a.	Árbol de decisión para la selección de la biotrituradora.	40
Figura 8b.	Árbol de decisión para la selección de la báscula.	40
Figura 9.	Disposición de las esferas de maduración.	43
Figura 10.	Departamento de recepción.	44
Figura 11.	Departamentos de trituración y vaciado.	44
Figura 12.	Departamento de producto terminado.	45
Figura 13a.	Diagrama de bloques adimensional: Opción 1.	49
Figura 13b.	Diagrama de bloques adimensional: Opción 2.	50
Figura 13c.	Diagrama de bloques adimensional: Opción 3.	50
Figura 14a.	Cuadrícula opción 1.	51
Figura 14b.	Cuadrícula opción 2.	51
Figura 14c.	Cuadrícula opción 3.	52
Figura 15a.	Layout de la planta de lombricomposta.	55
Figura 15b.	Cortes X-X' y Y-Y' del layout.	56

# Capítulo I.

Elementos introductorios.

## 1.1. Introducción.

En años anteriores, se realizó una investigación con el fin de determinar las principales fuentes de contaminación en la Heroica Ciudad de Huajuapán de León, de la cuál se encontró que los agentes más dañinos al medio son el manejo inadecuado de los desechos sólidos (Orgánicos e inorgánicos) y los vertederos de aceite que van directamente al drenaje de la ciudad, contaminando el suelo y el agua subterránea. (Gómez, M. y Ramírez, R. 2007)

Por otro lado, en la Universidad Tecnológica de la Mixteca se generan aproximadamente 800 kg de basura diariamente (Ver anexo 5.1), de los cuales 150 kg son desechos orgánicos provenientes de las residencias de profesores y el resto se compone de plástico, vidrio, aluminio, etc. (desechos inorgánicos) y ninguno de es reciclado, añadiendo a esto el desinterés hacia el problema ecológico planteado.

Este trabajo propone una solución para la reducción de la basura orgánica generada en la universidad mediante la implementación de una planta productora de lombricomposta como un medio de reciclaje y empleando el producto resultante en el vivero y áreas verdes de la universidad. Se recurre a dos metodologías para dicho propósito, la primera de ellas propuesta por Thomas L. Saaty llamada Análisis Jerárquico de prioridades, utilizada para la selección de alternativas de acuerdo a criterios establecidos; y la segunda propuesta por Richard Muther, Systematic Layout Planning, útil en el diseño de plantas industriales.

## **1.2. Antecedentes.**

Durante un periodo de cuatro años desde el 2003, el Instituto de Minería llevó a cabo un proyecto de elaboración de lombricomposta con fines de investigación; las camas de lombricomposta se colocaron en el vivero de la universidad. Inicialmente las lombrices fueron alimentadas con los desechos de la cafetería, obteniendo buenos resultados en la producción de lombricomposta y la reproducción de las mismas, posteriormente fueron alimentadas con cartón, pasto y palma, con resultados nada deseables, ocasionando su migración; aparte de la alimentación, algunos depredadores acabaron con gran parte de la población de lombrices. Actualmente en el vivero ya no se cuenta con la producción de lombricomposta desde hace casi un año.

Otra institución interesada en este tipo de abono es el Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, que actualmente cuenta con la producción de lombricomposta, esto sin instalaciones debidamente ordenadas, es decir, no tienen una planificación para la producción de lombricomposta, las lombrices en este centro educativo son alimentadas con desechos orgánicos pecuarios, mismos que son criados en este centro educativo.

## **1.3. Objetivos.**

### **1.3.1. General.**

Diseñar una planta productora de lombricomposta en la Universidad Tecnológica de la Mixteca para el reciclaje de los desechos orgánicos generados en la misma a través de la Planeación Sistemática de Layout.

### **1.3.2. Específicos.**

- Determinar el tamaño de planta mediante la cantidad de lombricomposta demandada por el vivero de la universidad.
- Seleccionar la maquinaria y equipo a emplear en el proceso de lombricomposta por medio del Proceso Analítico Jerárquico.
- Proponer las medidas de seguridad e higiene necesarias para la planta en base a lo establecido en las normas mexicanas sobre seguridad e higiene.

## **1.4. Justificación**

### **1.4.1. Responsabilidad social.**

Las afirmaciones sobre Desarrollo Sustentable hablan de acciones que debemos "tomar en cuenta" (Medio ambiente) como un reto hacia la protección de nuestro entorno, pero de esto surge una pregunta ¿Por qué afirmamos como un nuevo reto algo que debió ser obvio? (Vallaey, 2007) La formación del alumno dentro de un centro educativo no solo debe basarse en conocimientos técnicos, sino también a formar personas sensibles a los problemas de los demás, es decir empáticos, con el objetivo de crear una ciudadanía consiente de su entorno. (Universidad de las Américas Puebla, 2007)

La conciencia ecológica busca establecer un vínculo entre el medio ambiente y el individuo, cuyo propósito es que este último procure el bienestar y equilibrio entre ambas partes, ya que finalmente este será el más beneficiado. (Corral, 2008)

### **1.4.2. Tipo de suelo**

La región de la mixteca oaxaqueña es conocida como una de las regiones más pobres de México, con un enorme deterioro del suelo, altos niveles de deforestación y escasez de agua, se estima que cerca de 500 000 ha de esta región presentan problemas muy severos de erosión. (Censo medioambiental, 2005) Por lo que la ciudad de Huajuapán de León solamente emplea el 22% de su territorio para la agricultura, el resto está conformado por matorrales y pastizales que no aportan ningún beneficio a la agricultura y economía de esta ciudad, convirtiéndola en una de las principales zonas de expulsión laboral del país. (Censo socioeconómico, 2005)

Se sabe también que las cosechas extraen nutrientes del suelo según el tipo de cultivo, nutrientes que deben ser repuestos continuamente para evitar el empobrecimiento o la pérdida de fertilidad. Esta reposición se realiza mediante el aporte de abonos naturales o fertilizantes químicos. (Rosinsky, 2007) La manera mas adecuada de fertilizar la tierra es a través de abono orgánico que aporta los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas (Hudson, 2002). La lombricomposta ayuda mucho en este aporte de nutrientes y se utiliza como apoyo en la agricultura con excelentes resultados. (Rodríguez, 2003)

## **1.5. Delimitaciones**

Con este trabajo se busca principalmente la total utilización de la basura orgánica generada en la Universidad Tecnológica de la Mixteca, para emplear el producto resultante en beneficio de la misma. Dado que no se pretende comercializar el producto, en este trabajo se omiten el estudio financiero y de mercado, al igual que las fluctuaciones en el precio de lombriz y lombricomposta; sin embargo, si se estiman los costos de inversión para este proyecto.

La lombricultura es parte esencial del proceso productivo de la planta, pero el estudio físico-químico del metabolismo de las lombrices que lleva a la obtención de lombricomposta, es un tema extraído de la norma competente y la literatura previamente revisada.

## Capitulo II.

### Marco teórico.

## 2.1. Marco teórico.

### 2.1.1. Lombricomposta.

Se nombra lombricomposta (Humus de lombriz) al producto resultante de la transformación digestiva de la materia orgánica por medio de la crianza de lombrices de tierra, denominada Lombricultura. (NMX-FF-109-SCF-2007, 2008) La producción de lombrices tiene grandes perspectivas a futuro, ya que ofrece una excelente alternativa para el manejo de desechos que se vuelven contaminantes tales como la basura de las ciudades, los desperdicios de restaurantes, los excedentes de los establos, etc. (Legall, 2006)

Existen pruebas de que las lombrices de tierra tienen efectos benéficos físicos y químicos sobre el suelo, además se ha demostrado que el cultivo de lombrices incrementa el desarrollo y el rendimiento de los cultivos, mejorando las propiedades y la estructura del suelo a una mayor disponibilidad de elementos nutritivos para las plantas. (Moreno, 2006) En la lombricultura se emplean solo dos tipos de lombrices (Legall, 2006) que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Tipos de lombrices

Tipo de lombriz	Nombre científico	Características
Roja californiana	<i>Eisenia foetida</i>	Color rojo púrpura, engrosamiento céntrico, de 8 a 10 cm de longitud. (Rodríguez, 2003)
Roja africana	<i>Fudrillus ssp</i>	Color rojo oscuro, engrosamiento craneal, de 15 a 20 cm de longitud. (Legall, 2006)

No todo desecho es viable para la producción de lombricomposta, la norma anteriormente citada enlista los siguientes desechos como materia prima adecuada para su producción:

- a) Residuos de la producción agrícola.
- b) Residuos de agroindustrias.
- c) Residuos de sistemas pecuarios.
- d) Residuos de industrias de preparación y transformación de carnes y pescados.
- e) Residuos orgánicos domiciliarios, de mercados y supermercados.
- f) Residuos orgánicos urbanos (de poda, de jardines, de parques y áreas verdes).
- g) Residuos de la industria maderera que no tenga sustancias tóxicas, lacas ni barnices.
- h) Lodos de plantas de tratamiento secundario y de aguas servidas (domésticas y agroindustriales).

Y de igual manera excluyen a los residuos no aptos para la producción de lombricomposta, tales como residuos sanitarios, hospitalarios, infecciosos y peligrosos, animales muertos por zoonosis o por enfermedades de alto riesgo, lodos de plantas de tratamiento de aguas de zonas industriales y algunos que las autoridades competentes determinen como materia prima no apta para producir lombricomposta.

### **2.1.2. Diseño de plantas industriales.**

La mayor parte de las actividades que el hombre realiza se llevan a cabo en áreas diseñadas por él mismo, partiendo de espacios íntimos como una recámara hasta llegar a grandes construcciones como los centros urbanos. (Mc. Cormick, 2005) El diseño de estos espacios influyen directamente sobre las personas en aspectos físicos, emocionales, de motivación, etc., es por ello que debe haber una especialización para el diseño de cada uno de esos espacios. (Plazola, 1994)

Esta búsqueda de espacios idoneos llegó a la manufactura a partir de la revolución industrial en el siglo XVIII, los descubrimientos tecnológicos y la constante evolución de la industria impulsaron la búsqueda de nuevos métodos de producción, capaces de fabricar bienes en grandes cantidades y de características iguales. (López, 2005)

Es por lo anterior que la manufactura organizada se ha esforzado en lograr que las instalaciones de producción sean cada vez más eficientes, distribuyendo a los departamentos de tal manera que influyan positivamente en la forma en la que la planta opera. (Sule, 2001)

Surgiendo de aquí el concepto de diseño de plantas, que se explica como el ordenamiento de los elementos de la producción de acuerdo a las necesidades de la misma. (Arnoletto, 2007) Los objetivos mas relevantes que se buscan con la distribución de planta son:

- Determinación del equipo y las herramientas para llevar a cabo el proceso productivo
- Diseño del layout de la planta
  - Distribución de departamentos.
  - Disposición de Maquinaria.
- Garantizar la seguridad de los trabajadores.
- Estimación de los costos de inversión por conceptos del equipo y materia prima.

La planta se distribuye de acuerdo a las necesidades de la misma, teniendo como resultado diferentes tipos de distribución, como lo son la distribución orientada al producto, al proyecto, al proceso, la distribución para oficinas, almacenes o las híbridas. (Jiménez, 2001) Sin embargo, las empresas deben implementar distribuciones flexibles, es decir, aquellas que les permitan una adaptación a cambios tecnológico y productivos, capaces de incorporar las características de las distribuciones básicas. (Baca, 2001) Finalmente, lo importante en una distribución es que esta satisfaga las necesidades básicas de una empresa, que son el flujo continuo de información y de materiales, ambos de una manera sencilla y fácil. (Félix, 2002)

A pesar de la variedad de distribuciones que actualmente pueden implementarse, son tres las que se consideran como básicas y es a partir de ellas de donde surge esa gama de distribuciones. Dichas distribuciones y características se muestran resumidas en la tabla 2.

Tabla 2. Tipos básicos de distribución.

Tipo de distribución	Descripción	Ventajas
Por proceso	Agrupación de la maquinaria de acuerdo al proceso. Este es un sistema de trabajo estacionario, conocido también como fabricación según tipo de realización. (Félix, 2002) El trabajo es intermitente y guiado por órdenes de trabajo pequeñas. (Baca, 2001)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flexibilidad. (Jiménez, 2001)</li> <li>• Equipo poco costoso. (Félix, 2002)</li> </ul>
Por producto	En esta distribución, la maquinaria y mano de obra se agrupan de acuerdo a la secuencia de las operaciones a realizar sobre el producto. (Baca 2001) El empleo de esta distribución se da cuando la variedad de productos es pequeña, se produce en grandes volúmenes y la demanda es estable. (Félix, 2002)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rutas directas. (Jiménez, 2001)</li> <li>• Poca manipulación de materiales. (Sánchez, 2005)</li> <li>• Bajos costos de capacitación de mano de obra. (Sule, 2001)</li> </ul>
Por componente fijo	La mano de obra, materiales y equipos se trasladan al sitio de trabajo, como en la construcción de un edificio o un barco. (Baca, 2001)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variedad en la maquinaria. (Jiménez, 2001)</li> <li>• Empleo de técnicas de planeación como PERT (Vaneskahian, 2005)</li> </ul>

### **2.1.3. Seguridad e higiene en los centros de trabajo.**

El hombre a lo largo de la historia se ve acompañado por los accidentes, estos vistos como sucesos impredecibles pero si prevenibles; al realizar actividades productivas es evidente la existencia de riesgos de trabajo que atentan contra la salud y bienestar del trabajador. (Hernández, 2006)

La seguridad industrial en un nuevo concepto, mas que una situación de seguridad, actualmente es vista por las empresas como un estado de bienestar personal y una imagen de modernización y filosofía, un hecho muy importante que forma parte de la cultura organizacional de la empresa (Ramírez, 2006) Es por lo anterior que la seguridad y salud de los trabajadores en los centros de trabajo debe ser vigilada constantemente, con el fin de mantener un entorno agradable y cumplir al mismo tiempo lo establecido por las leyes en la materia. (Reglamento Federal de Seguridad e Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, 1997)

Cumplir con este objetivo, requiere tomar en cuenta aspectos importantes, el primero de ellas es contar con un reglamento interno de trabajo, portar siempre que sea indicado el equipo de protección personal y mantener las señalizaciones necesarias, estas últimas establecidas en las normas oficiales sobre seguridad e higiene. (Ramírez, 2006) Vale la pena recordar que las enfermedades producidas por agentes físicos (Ruido, suciedad, temperatura, etc.) o agentes biológicos no se manifiestan de manera inmediata, estas se presentan por la continuidad a su exposición (Meza, 1998); y finalmente que portar con el equipo de protección personal adecuado no impedirá un accidente de trabajo, más aún si este se realiza de manera irresponsable y sin vigilar normas de seguridad que ayudan a prevenir estos eventos. (Hernández, 2006)

## 2.2. Metodología.

### 2.2.1. Proceso Analítico Jerárquico.

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP), desarrollado por Thomas Saaty ayuda a resolver problemas complejos y de múltiples criterios, en el cuál el resultado es una jerarquización con prioridades que muestra la preferencia para cada alternativa de desición.

El en AHP se visualizan los problemas como una jerarquización, en la que el primer lugar lo ocupa una meta global, seguido de criterios y alternativas como los niveles subsecuentes, mismos que son mostrados en la figura 1.

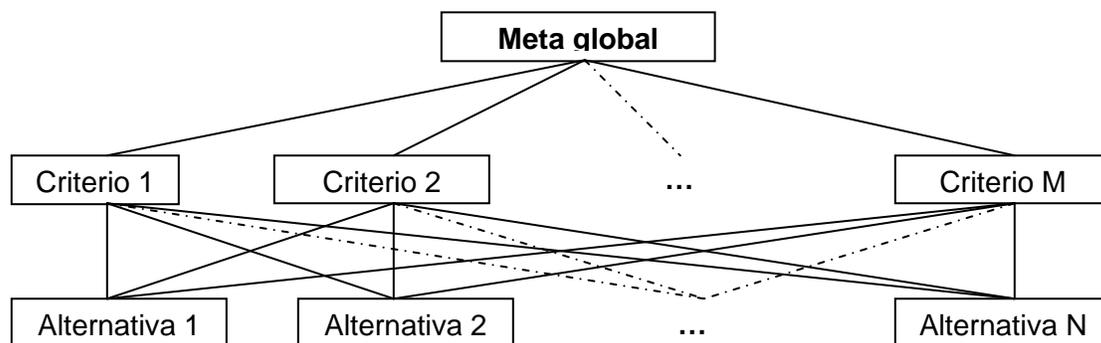


Figura 1. Árbol de jerarquía

Posterior a la elaboración del árbol de jerarquía, los criterios se comparan para determinar cual de ellos tiene mayor prioridad mediante una matriz llamada matriz de comparaciones pareadas a través de una escala de números impares del 1 al 9 con expresiones verbales comunes, estos se describen en la tabla 3.

Tabla 3. Escala de preferencias

Fuente: Ramírez, 2004

Calificación numérica	Planteamiento	Explicación
9	Extremadamente preferible	Existe una dominancia absoluta de un elemento sobre otro.
7	Muy fuertemente preferible	Existe una dominancia mucho más fuerte de un elemento sobre otro.
5	Fuertemente preferible	Existe una fuerte dominancia de un elemento sobre otro.
3	Moderadamente preferible	Existe una débil dominancia de un elemento sobre otro.
1	Igualmente preferible	Los elementos contribuyen de igual manera al objetivo.
2,4,6,8	Valores intermedios	Valores intermedios de decisión.

Una vez realizada la matriz de comparaciones pareada, se calcula la prioridad de cada uno de los elementos de la matriz, a este paso en el AHP se le denomina sintetización, que es una operación matemática resumida a continuación:

1. Sumar los valores en cada columna de la matriz.
2. Dividir cada elemento de la matriz por el valor anterior (Total de su columna correspondiente), esta matriz es llamada matriz pareada normalizada.
3. Promediar los valores de cada renglón.

Esta sintetización se emplea para cada una de las matrices de comparaciones que se realizan a lo largo de todo el procedimiento de análisis. Los resultados de todas las matrices son colocados en una matriz final de decisión que a través de la multiplicación

y suma de sus componente podemos generar valores, siendo el más alto de ellos la alternativa adecuada.

Es importante también, que las evaluaciones hechas a cada alternativa y criterios sean consistentes, es decir, que las decisiones tomadas sean coherentes y no se contradigan entre sí, esto sucede con frecuencia cuando se evalúan valores cualitativos. (Noriega, 2006) Esta consistencia se evalúa con la siguiente ecuación:

$$IC = \frac{n_{m\acute{a}x} - n}{n - 1}$$

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

IC = Índice de consistencia

$n_{m\acute{a}x}$  = Máximo Eigenvalor de la matriz

n = Tamaño de la matriz

RC = Razón de consistencia.

IA = Índice aleatorio de consistencia

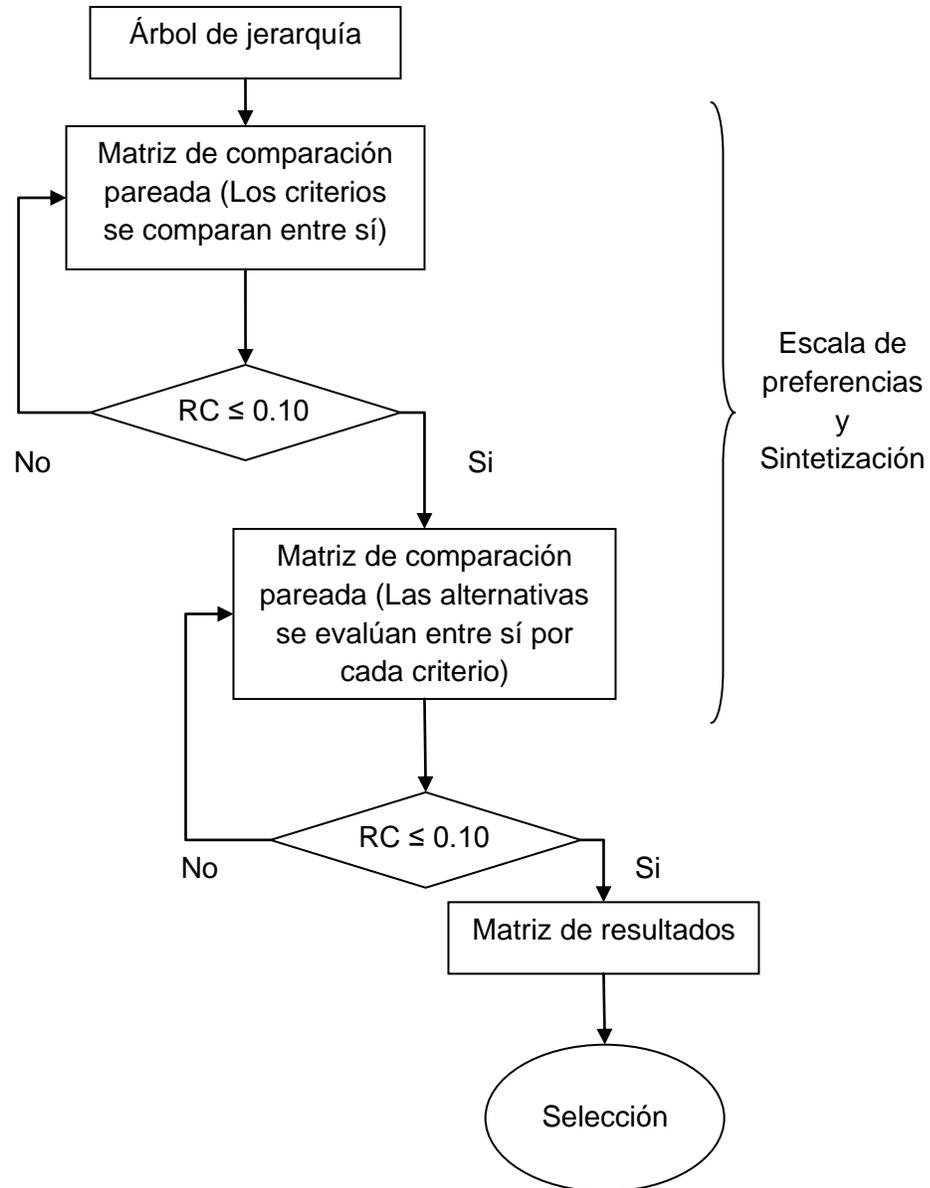
La matriz debe cumplir que  $RC \leq 0.10$  para decir que es consistente. El índice aleatorio de consistencia surge del estimado del promedio de IC de 500 matrices generadas de manera aleatoria (Íbidem), la tabla 4 muestra los valores que se utilizan para el IA de acuerdo al tamaño de la matriz:

Tabla 4. Índices Aleatorios de Consistencia.

Fuente: Toscano, 2000.

n	3	4	5	6	7	8	9	10
IA	0.58	0.89	1.11	1.24	1.32	1.40	1.45	1.49

El método se ilustra en la figura 2 a través de un diagrama de flujo, para su mayor comprensión



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Diagrama de flujo del proceso analítico jerárquico.

### **2.2.2. Systematic Layout Planning.**

Se han descrito previamente los tipos de distribución de planta que podemos encontrar en la manufactura, cada cual con sus beneficios e inconveniencias, en cualquier caso, el sistema mayormente empleado para el diseño y distribución de planta es la Planeación Sistemática de Layout o SLP por sus siglas en ingles. (Sule, 2001) Este procedimiento consta de tres fases: análisis, búsqueda y selección; basándose en la relación entre actividades y departamentos. (Tompkins, 2003)

#### **a) Análisis**

Previo al análisis se debe contar con información del proceso y de los requerimientos de espacio. La etapa de análisis consta de cinco pasos que ayudan a determinar las relaciones departamentales, las necesidades y limitaciones de espacio:

- i. Flujo de materiales: Es la secuencia de operaciones que sigue la materia prima para transformarse en producto terminado.
- ii. Relación entre actividades: Elaboración de una tabla que enlista los departamentos de la planta y de acuerdo a prioridades se mide la importancia de proximidad entre cada departamento. (Tompkins, 2003)
- iii. Diagrama de relaciones: Este diagrama muestra si existe o no flujo de materiales en los departamentos y la relación que hay entre ellos. (Tompkins, 2003)
- iv. Requerimiento de espacio: De acuerdo a la disponibilidad de espacio, se establecen las dimensiones para cada departamento, considerando el movimiento del material, la comodidad del operador y las dimensiones de la maquinaria. (Amorós, 2003)

b) Búsqueda.

En esta etapa se realizan las alternativas de layout de acuerdo al análisis realizado. Esta etapa intermedia consta de cuatro pasos:

- i. Diagrama de relación de espacio: Este diagrama es la unión del diagrama de relaciones y los requerimientos de espacio. (Tompkins, 2003)
- ii. Considerar modificaciones: Revisión del trabajo hasta ahora realizado y efectuar las modificaciones pertinentes. (Tompkins, 2003)
- iii. Limitaciones prácticas: Se consideran las limitantes de la distribución propuesta, como disposición de espacio, recursos, capital, etc. (Amorós, 2003)
- iv. Desarrollo de alternativas: Después de realizar modificaciones y revisar las limitantes, se desarrollan como mínimo tres alternativas de layout para que posteriormente sean evaluadas. (Sule, 2001)

c) Selección

Revisión de las propuestas de layout para seleccionar las que tengan un mejor rendimiento, para ello se realiza una evaluación de acuerdo al proceso y la distancia entre departamentos, seleccionando la que tenga un mayor porcentaje de eficiencia. (Amorós, 2003) En la figura 3, Muther y asociados (2002) explican el Systematic Layout Planning mediante tres conceptos: Fases, Procedimientos y Convenciones, siendo necesario contar con cinco elementos preliminares: Producto (P), Cantidad (Q), Recursos (R), Estándares (S) y Tiempo (T).

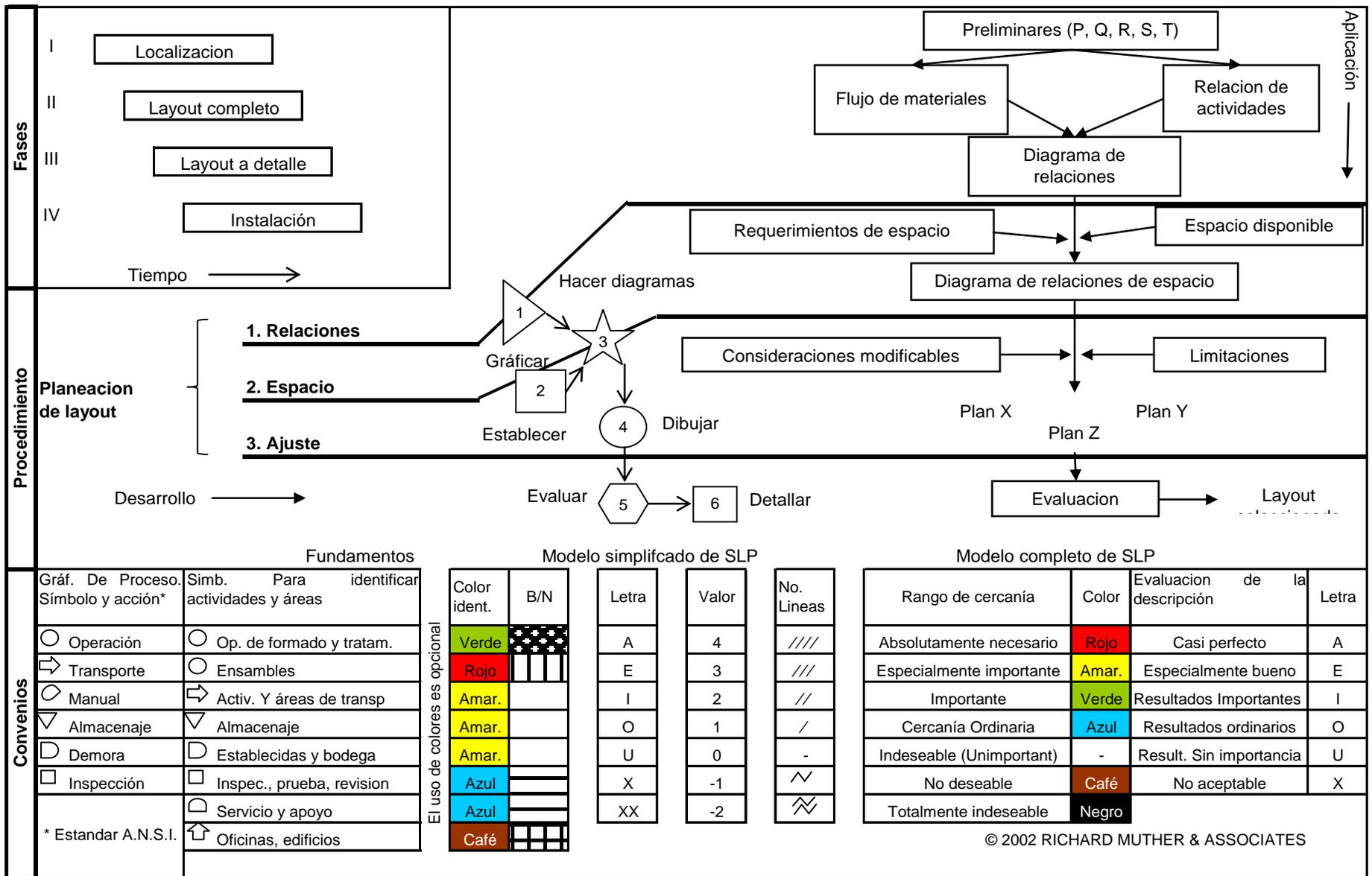


Figura 3. Planeación sistemática de Layout de Richard Muther.

Se emplearán diagramas de bloque adimensionales para la creación de alternativas, estos se elaboran en base al resumen de las relaciones de departamentos (Hoja de trabajo); se realiza un bloque por cada departamento colocando en el centro el nombre del departamento y sus relaciones con el resto de los departamentos en las posiciones que se muestran a continuación.

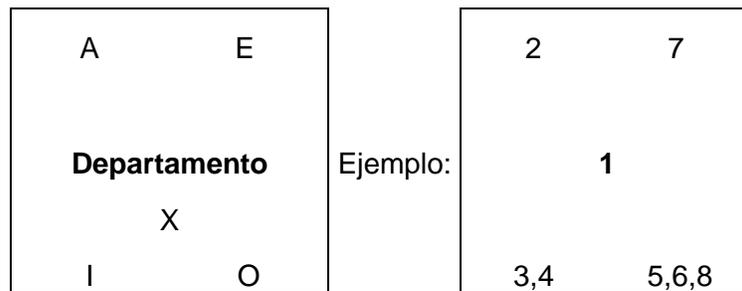


Figura 4. Bloque de diagrama adimensional.

Baca (2001) propone la elaboración de cuadrículas con las dimensiones a escala del tamaño de los departamentos, con las que se obtiene un bosquejo del diseño de la planta, estas son evaluadas a través del valor de las relaciones departamentales.

## Capitulo III.

# Desarrollo y resultados

### 3.1. Gráfica de proceso de la operación

Es necesario tener conocimiento del proceso de producción que se llevará a acabo en la planta productora de lombricomposta, y que mejor que mostrarlo mediante una gráfica del proceso de la operación.

La figura 5 muestra esta gráfica, que consta de 11 operaciones y 8 inspecciones descritas en la tabla 5, mismas que se desglosan de mejor manera en el tema 3.1.1. Gráfica del flujo del proceso, en la que se detallan las distancias que han de recorrerse dentro de la planta y las observaciones pertinentes a cada operación, inspección, demora, transporte y almacenamiento.

Tabla 5. Descripción de las actividades del proceso.

Fuente: Elaboración propia.

	Actividad	Descripción.
Operación	Recolección.	Referente a la recolección de la basura orgánica generada en la zona de residencia de profesores.
	Colocar en cama.	La basura orgánica se coloca en la mesa de inspección.
	Trituración.	La basura seleccionada es triturada.
	Vaciado.	La basura triturada y pesada es vaciada en las esferas de maduración.
	Apilación.	Se apilan las esferas para su maduración
	Maduración.	Las lombrices realizan su proceso digestivo y reproductivo durante este tiempo, produciendo lombricomposta.

	Desmante de lombricomposta madura.	Las esferas con lombricomposta madura son desmontadas para extraer de ellas la lombricomposta.
	Tamizado en criba.	Se criba la lombricomposta para extraer de ella posibles desechos orgánicos o lombrices.
	Recolección.	La lombricomposta es recolectada de la criba.
	Secado.	El producto es secado hasta perder humedad.
Inspección	Inspección.	Se realiza para extraer de la basura orgánica recolectada posibles desechos ajenos a este tipo de basura, así como también desechos ácidos como cáscaras de naranja, limón, etc.
	Pesaje.	Las lombrices, basura orgánica y tierra son pesados.
	Análisis fisicoquímico.	Análisis de laboratorio a la tierra empleada.
	Registros de pH y conductividad.	Registros hechos para determinar el grado de madurez de la lombricomposta en su etapa inicial y final.
	Análisis de madurez.	Se toma una muestra de lombricomposta y se analiza en el laboratorio.

García (2009) estipula los métodos adecuados para realizar el análisis fisicoquímico a la tierra, los registros de conductividad y pH y los análisis de madurez a la lombricomposta.

Trabajo:	Producción de lombricomposta		
Elaboró:	García J. Brenda y Reséndiz V. Héctor		
Método:	Propuesto	Fecha	06/02/2009
Página:	1 de 1		

Resumen:		
Símbolo	Función	Total
○	Operación	11
□	Inspección	8

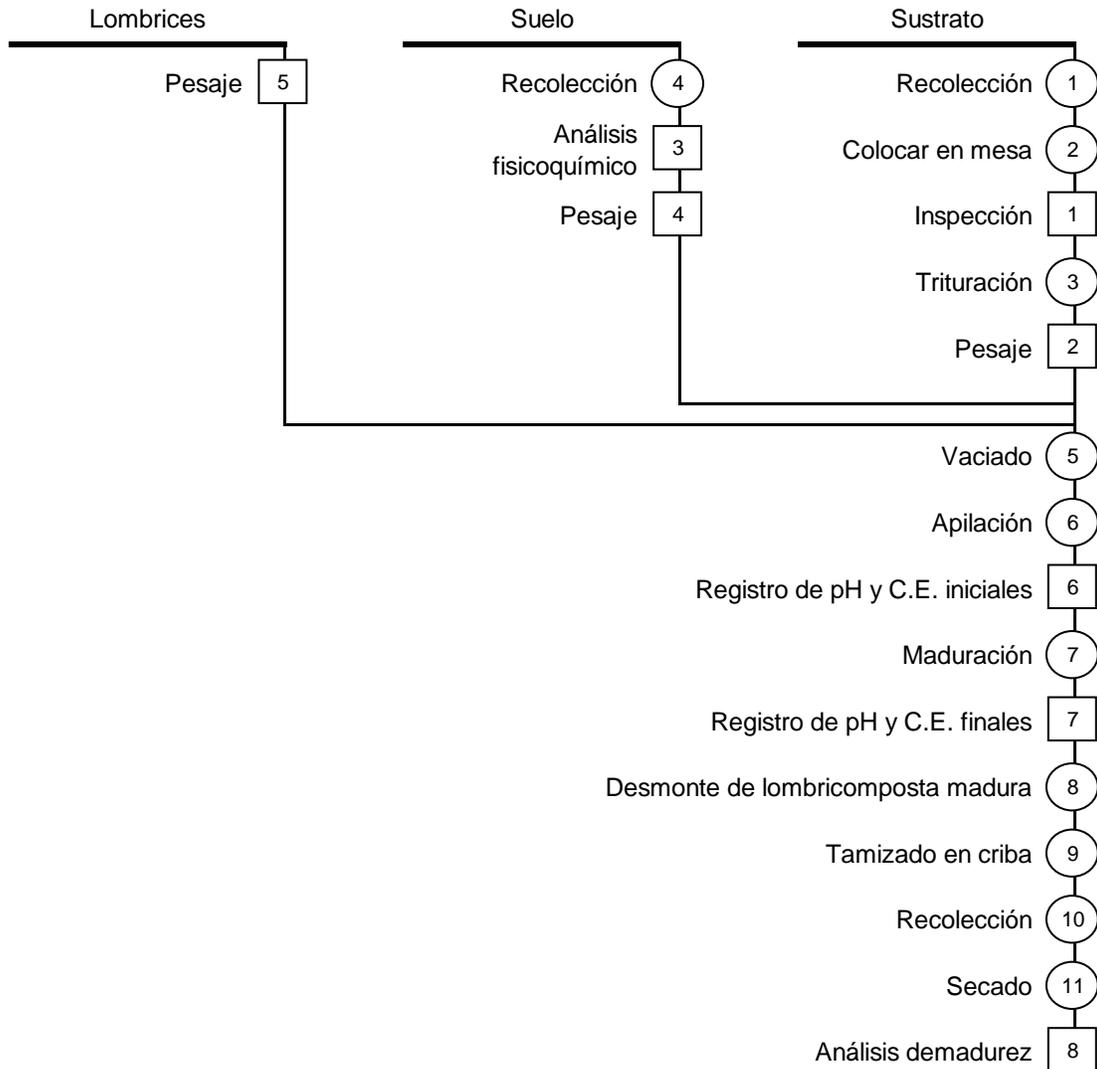


Figura 5. Gráfica del proceso de la operación

### 3.1.1. Gráfica de flujo del proceso.

Trabajo:	Producción de lombricomposta
Elaboró:	García Jarquín Brenda y Reséndiz Vásquez Héctor

Método:	Propuesto
Fecha:	02/04/2009
Página:	1 de 3

Resumen	<input type="radio"/>	Operaciones	10
	<input type="checkbox"/>	Transportes	4
	<input type="checkbox"/>	Inspecciones	6
	<input type="checkbox"/>	Retrasos	0
	<input type="checkbox"/>	Almacenajes	1

Detalles del método	Operaciones					Análisis				Dist. (m)	Notas
	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	¿Qué?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Cómo?		
Selección de basura orgánica.	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					X	Se retiran los desechos ácidos como cáscaras de naranja, limón, toronja, etc.
Envío a trituración.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X				3	Los desechos orgánicos inspeccionados son enviados al área de trituración
Trituración de basura.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	X				Mediante una biotrituradora, los desechos son molidos.
Envío de basura triturada a Vaciado.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					2	
Pesado de basura triturada.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X					75 Kg de basura orgánica triturada por esfera de maduración.
Pesado del suelo.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						1 Kg de suelo.
Vaciado de sustrato y suelo* previamente pesados y seleccionados.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X				X	La cantidad de sustrato suministrado es de 75 kg y 1,6 kg de suelo. Existen estudios fisicoquímicos de salinidad y fertilidad, los cuales indican que la zona ideal para extraer suelo, es en la zona de compostaje del vivero de la universidad.
Transporte de los recipientes al área de maduración.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X				6	Los recipientes esfericos llenos listos a madurar.
Precomposteo.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						Precomposteo de 7 días.

Detalles del método	Operaciones				Análisis				Dist. (m)	Notas
	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	¿Qué?	¿Dónde?	¿Cuándo?		
Vaciado de lombrices a recipiente con sustrato precompostado.	●	⇒	□	D	▽	X			X	Después del precomposteo, en el día 7 le son vaciados 3,2 kg de lombriz.
Registro del pH y Conductividad Eléctrica iniciales.	○	⇒	■	D	▽	X				El pH y conductividad eléctrica son detectados mediante los sensores ya especificados en los anexos. Donde inicialmente el pH debe ser 7-8 y la CE. <=1 dS/m.
Maduración.	●	⇒	□	D	▽					La maduración empieza en este momento y dura 23 días más.
Registro de pH y Conductividad eléctrica para verificar madurez.	○	⇒	■	D	▽				X	El pH y conductividad eléctrica son detectados mediante los sensores ya especificados en los anexos. Donde inicialmente el pH debe ser 7-8 y la CE. <=1 dS/m.
Revisión de humedad.**	○	⇒	■	D	▽	X				Conservar una humedad del 70-80%.
Intercalado de recipientes para migración	●	⇒	□	D	▽	X		X	X	El día 23 se intercalará un recipiente con sustrato y suelo previamente compostado, por debajo del recipiente en maduración. Inicia la migración de lombrices hacia el nuevo recipiente.
Inspección del pH y Conductividad Eléctrica para verificar madurez.	○	⇒	■	D	▽	X			X	En el día 30 se ha culminado la maduración de la lombricomposta. Se lee el pH y conductividad eléctrica mediante los sensores donde el pH debe ser 7-8 y la CE. <=4 dS/m.

Detalles del método	Operaciones					Análisis				Distancia	Notas	
	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	¿Qué?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Cómo?			
Transporte a área de Producto Terminado	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X					5	El recipiente con lombricomposta madura se desmonta y se transporta al almacén de producto terminado
Cirba de lombricomposta madura	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			X				Tamizado del producto obteniendo un tamaño de grano de 3,86 mm de diámetro.
Secado	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		X		X			Se extiende sobre papel kraft en anaquel expuesto a extractor de aire. Disminución de la humedad a un 20%
Prueba de biomasa y nitrógeno	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X			X			Una vez listo el producto con 20 % de humedad, se extrae una muestra de 10g por cada esferoide y se lleva al laboratorio de edafología para determinar cantidad de biomasa y nitrógeno según NMX-FF-109-SCFI-2007.
Almacenamiento	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	X	X					La lombricomposta es vaciada a los depósitos de almacenamiento.

Observaciones
*Los estudios fisicoquímicos de salinidad y fertilidad indican que la zona ideal para extraer suelo, es en la zona de compostaje.
**Este proceso se lleva a cabo de la siguiente forma: Sumergir varilla de acero inoxidable de 30 cm graduada en el interior de los esferoides hasta el fondo. Extraer varilla, si la mitad está húmeda, humedad adecuada; de lo contrario, suministrar agua corriente o lixiviados.

### 3.2. Determinación de la razón de planta.

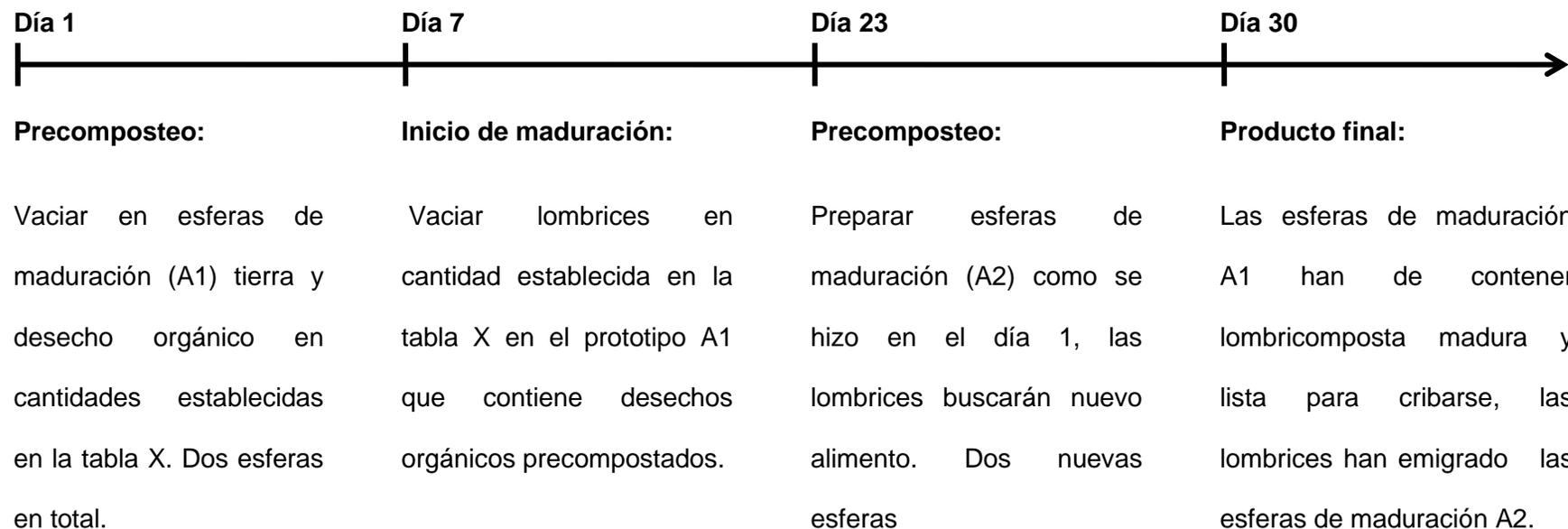
El Ing. Eusebio César Pedro Santos, estima una demanda anual de lombricomposta de 28 300 kg, repartidos entre el Vivero con una demanda de 22 500 y el resto para el área de jardinería. Esta cantidad demandada se traduce a 88.32 kg durante los 320 días laborables en la universidad, para los cuales es necesario procesar 150 kg de desechos orgánicos diariamente en el mismo periodo de tiempo. Las esferas de maduración (García, 2009) son capaces de producir 44.16 kg de lombricomposta en 30 días con las cantidades de materia prima que se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Requerimientos de materia prima por esfera de maduración.

Fuente: García, 2009

<b>Materia Prima requerida</b>	<b>Cantidad (kg.)</b>	<b>Cantidad de lombricomposta</b>	<b>Tiempo de maduración</b>
Desechos orgánicos	75	44.16 kg	30 días
Lombriz roja californiana	3.2		
Tierra	1.6		

Dada la capacidad de producción de cada prototipo de maduración, la planta empleará cuatro esferas para cubrir procesar el total de basura generada a diario, produciendo con ellas un total de 88.32 kg diariamente durante 320 días, la figura 6, presenta una línea del tiempo para explicar de forma mas sencilla el proceso de lombricomposteo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Línea del tiempo del proceso de lombricomposteo

Como se sabe, la generación diaria de basura en la universidad es de 150 kg, por lo que son necesarios dos prototipos de maduración para el primer día, estos mismos se emplean hasta el día 30 y 7 días antes se estarán utilizando dos más, haciendo un total de 4 prototipos de maduración por ciclo de producción.

Dado que un ciclo de producción tiene una duración de 30 días, en total se utilizan 120 esferas de maduración para los primeros 30 días de inicio de operaciones de la planta. El diseño de las esferas de maduración se muestra en la figura 7, que en su lado izquierdo muestra una esfera de maduración, mientras que el lado derecho una apilación de cuatro de estas esferas para procesar los 150 kg de basura que se generan diariamente.

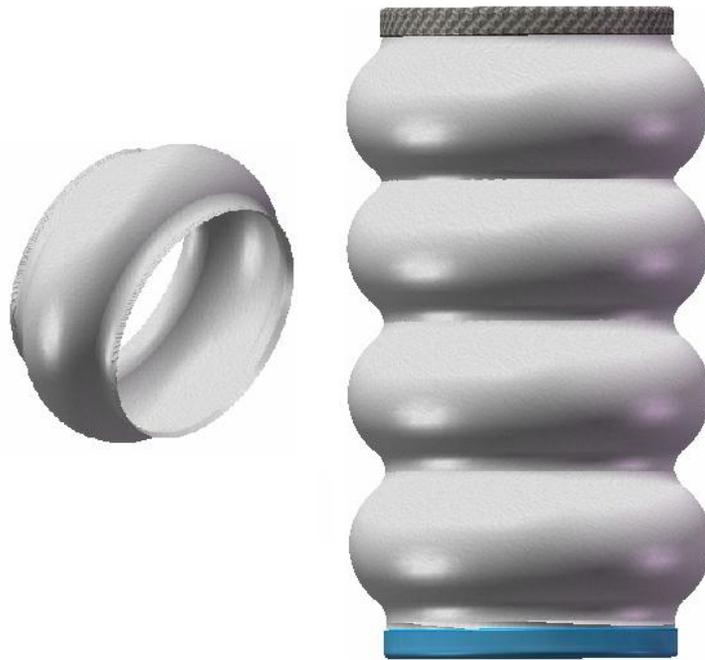


Figura 7. Esfera de maduración y apilación de cuatro esferas

### 3.3. Variaciones en la generación de desechos orgánicos.

La cantidad de desechos generada diariamente no es constante a lo largo del año, ya que la universidad tiene tres periodos vacacionales (Semana Santa, Verano y Decembrinas), en los cuales todo el cuerpo de profesores se ausenta, reduciendo en su totalidad la generación de desechos orgánicos. Esto afecta a la alimentación de las lombrices puesto que en estos periodos los desechos orgánicos con los que estas se alimentan escasean drásticamente.

Esta situación puede controlarse mediante el almacenamiento de desechos previo al inicio vacacional, puentes, etc., con la ayuda del siguiente mecanismo. Cabe señalar que pese a que en el periodo de almacenamiento de desechos, la planta estará laborando a menor capacidad, pero esto no afecta la producción anual de lombricomposta. Primero se definen las siguientes literales para el entendimiento del proceso de almacenamiento de desechos y la aplicación de las mismas en el ejemplo posterior.

**$S_d$**  = Desechos generados diariamente [kg/día]. Actualmente es de 150 kg/día en promedio, extraídos de la zona de residencias de profesores.

**$A$**  = Cantidad de desechos a almacenar [kg/día]. Esta cantidad es a criterio de quien haga el cálculo y es un porcentaje del total de la basura necesaria para la producción diaria.

$a$  = Número de días de almacenamiento [días]. Estos dependen de la cantidad que se desea almacenar, el número de días de descanso y el total de desechos orgánicos generados diariamente.

$V$  = Número de días de descanso [días]. Es conveniente revisar los calendarios escolares emitidos por la universidad y conocer los días no laborables.

En este ejemplo se pretende un ahorro de desechos del 35 %, suponiendo un total de 8 días de descanso. Estos datos sirven para ejemplificar el funcionamiento del procedimiento de almacenamiento de desechos.

$$A = S_d(\%ahorro) = \left(150 \frac{kg}{día}\right)(35\%) = 52.5 \frac{kg}{día}$$

$$a = \frac{(S_d - A)V}{A} = \frac{\left(150 \frac{kg}{día} - 52.5 \frac{kg}{día}\right) * 8días}{52.5 \frac{kg}{día}} = 14.8 \approx 15días$$

Entonces, para un período de 8 días de descanso, deseando ahorrar el 35 % del total de desechos orgánicos generados, es necesario reservar 52.5 kg/día durante 15 días previos al inicio del periodo de descanso, por lo que es conveniente contar con un contenedor en el que esta cantidad de basura pueda almacenarse con suficiente tierra y humedad. Es necesario hacer estos cálculos con anticipación para evitar el almacenamiento de grandes cantidades de desechos y tener holgura en el tiempo de almacenamiento.

### 3.4. Selección de la maquinaria.

La maquinaria y equipo que se emplearán se enlistan en la tabla 7, de acuerdo al proceso de producción.

Tabla 7. Características del equipo a emplear

Equipo	Función	Capacidades mínimas
Pala	Manejo de materiales en mayor cantidad	-
Cuchara	Manejo de materiales en menor cantidad	-
Transporte de material	Equipo para el transporte de material.	150 kg
Biotrituradora	Esta maquina triturará los desechos orgánicos para facilitar el proceso de lombricomposteo	75-150 kg/hr
Contenedor plástico	Este recipientes contendrá las lombrices durante el proceso de llenado de los prototipos	0.05 m <sup>3</sup>
	Este recipientes contendrá la tierra durante el proceso de llenado de los prototipos	0.1 m <sup>3</sup>
Báscula	Se empleará para pesar la cantidad de lombrices, tierra y desechos orgánicos que se establecen en	Min: 1kg Máx: 200 Kg
Tamizadora	Equipo que sirve para filtrar partículas indeseables en el prodcuto final.	-

Anaqueles	Equipo para mantener la lombricomposta tamizada mientras es secada.	-
Prototipo de maduración	Equipo propuesto por García (2009), en el cual se lleva la maduración de la lombricomposta.	-
Extractor de aire	Mecanismo que servirá para la agitación en el secado de la lombricomposta una vez tamizado.	Caudal de 12.5 m <sup>3</sup> /h (García, 2009)

Debido a la sencillez de las herramientas, su selección se basó en la cercanía de los distribuidores, precios y disponibilidad en el mercado, en la tabla 8 se muestran los equipos y herramientas elegidos. La tamizadora y el extractor de aire son equipos propuestos, evaluados y seleccionados por García (2009).

Tabla 8. Descripción del equipo seleccionado

Equipo	Fabricante	Descripción	Contacto	Precio (M/N)
Almacenamiento de material.	Wintech	Contenedor de poliuretano. Modelo HP 125. Apilable lleno. 125 L de capacidad.	Contenedores y rotomoldeo S.A. de C.V. Av.16 de septiembre No. 68 Fracc. Industrial Alce Blanco, México D.F.  Tel: (01-55) 5358-7501	645.00
		Caja apilable. Largo 49.5 cm. Ancho 36 cm. y Alto 30.5 cm.		238.00
	Universidad Tecnológica de la mixteca	Anaqueles con espacios de 15 cm. de separación. 1.5 x 1.5 m.	Universidad Tecnológica de la Mixteca	6 192.00
Manguera	Truper	1/ 2" y 10 m de largo	Ferretería y aceros Delta. Av 5 de febrero No. 26 Col. La providencia. Huajuapan de León Oaxaca. Tel: 01 (953) 53 20 021	145.00
Pala		Pala redonda de irrigación, mango de 32". Garantía: 1 año		105.00
Cuchara		Cuchara transplantadota, mango de 6". Garantía 1 año		36.50

Transporte de material	Mecalux	Carretilla manual (diablito) ruedas traseras.		450.00
Criba	Filtra Vibración	Vibrotamizador Modelo FTI-2M-0800. 1500 – 1800 rpm. Diam. 1.265, Alto 0.7 m	Filtra Vibración S.L. Complejo Industrial Vallejo, Poniente 12. Distrito Federal. Tel: 55 11 3473 3750	6 721.76
Papel Kraft	Auro	Papel Kraft natural 1.6m de ancho	Grupo Industrial AURO. Gustavo Bas #115. San Jerónimo Tepetlaco. Tlalnepantla, Edo de México. Tel (55) 5397 5944	3 850.00
Extractor de aire	Sodeca	Modelo TD/250-100, caudal 12 m3/hora	Climatecnica. Av. Álvarez Thomas 1278, España Tel 4553-5200	2 600.00

Por su parte, la selección de la biotrituradora y la báscula se basó en los siguientes criterios, estos de acuerdo a los requerimientos del proceso y la cantidad de basura generada diariamente. En la tabla 9 se muestran tres alternativas para estos equipos.

- a) Capacidad (Ca): Referente a la cantidad de desechos que la maquina es capaz de triturar en determinado lapso de tiempo. Todas las alternativas muestran este criterio en kg/hr de trabajo. Este criterio es cuantitativo y se desea un valor alto.
- b) Costo de la maquinaria (Co): Se evalua a la inversion inicial que se hará por la adquisición de la maquinaria y depende de las exigencias del distribuidor y/o la marca del equipo ha comprar, el I.V.A. y el costo de envio estan incluidos en los precios que se muestran en la tabla. Este criterio es cuantitativo y se desea un valor bajo.
- c) Servicio Postventa (SP): Este criterio hace referencia a la garantía ofrecida por el distribuidor o fabricante de la maquinaria adquirirda, refiriéndose especialmente al tiempo de vigencia del servicio. Este criterio es cuantitativo y se desea un valor alto.
- d) Consumo de energía (CE): El criertio evalúa la capacidad de la maquina por operar hasta su maximo nivel con el minimo consumo de energía. Este criterio es cuantitativo y se desea un valor bajo. Y se utiliza unicamente para la selección de la biotrituradora
- e) División mínima (DM): Criterio empleado unicamente en la selección de la báscula. Hace referencia al valor más bajo que una báscula puede registrar. Este criterio es cuantitativo y se busca un valor bajo.

Tabla 9. Descripción de las alternativas de selección.

Equipo	Marca	Descripción.	Contacto	Precio (M/N)
Biotrituradora	Garland. (Gr)	Modelo BGS 2400. 140 kg/hr. 2.4 kWh. Garantía: 18 meses	Ferrovicmar. Guma, 12 y Sta. Lucia 26 . Caspe Zaragoza, España ferrovicmar@ferrovicmar.com	4 157.20
	Bosch. (Bs)	Modelo AXT 2500. 150 kg/hr, 2.5 kWh. Garantía: 12 meses		4 423.80
	Torotrac. (Tr)	Modelo TS 200. 80 kg/hr, 1.2 kWh. Garantía: 15 meses.	Campotencia. Av. Domingo Díaz. Centro Empresarial “Los Diamantes” #2, Ciudad de Panamá, Panamá. panama@torotrac.com	1 978.00
Báscula	Braunker (Bk)	Modelo M45CS 50. Capacidad: 70 kg. Div. Min.: 20 gr. Garantía: 5 años.	Básculas Braunker S.A. de C.V. Trípoli # 413 Col. Portales, México D.F. Tel: 5605 1807/1853	3 248.00
	Poise (Ps)	Modelo R320/PFR-75. Capacidad: 75kg. Div. Min.: 25 gr. Garantía: 3 años.	Playa #508 Col. Morelos Monterrey, N.L. México 64180	2 450.00
	Radwag (Rw)	Modelo CPWplus. Capacidad: 60kg. Div. Min.: 20 gr. Garantía: 18 meses.		3 400.00

Una vez establecidas las alternativas y los criterios deseados, se elaboraron los árboles de decisión para selección de maquinaria, la figura 8a muestra el elaborado para la biotrituradora, la figura 8b lo hace para la báscula.

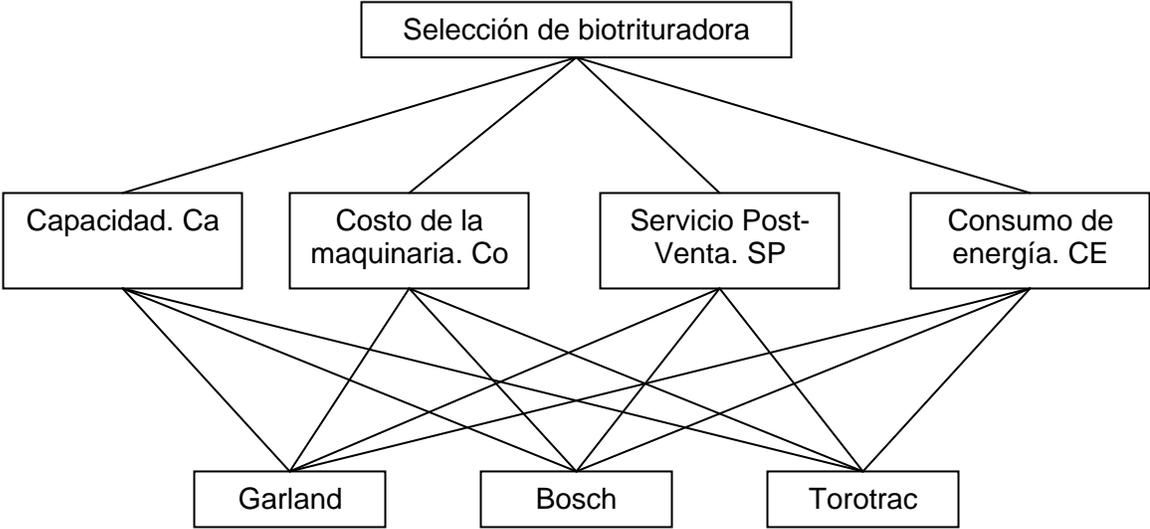


Figura 8a. Árbol de decisión para la selección de la biotrituradora.

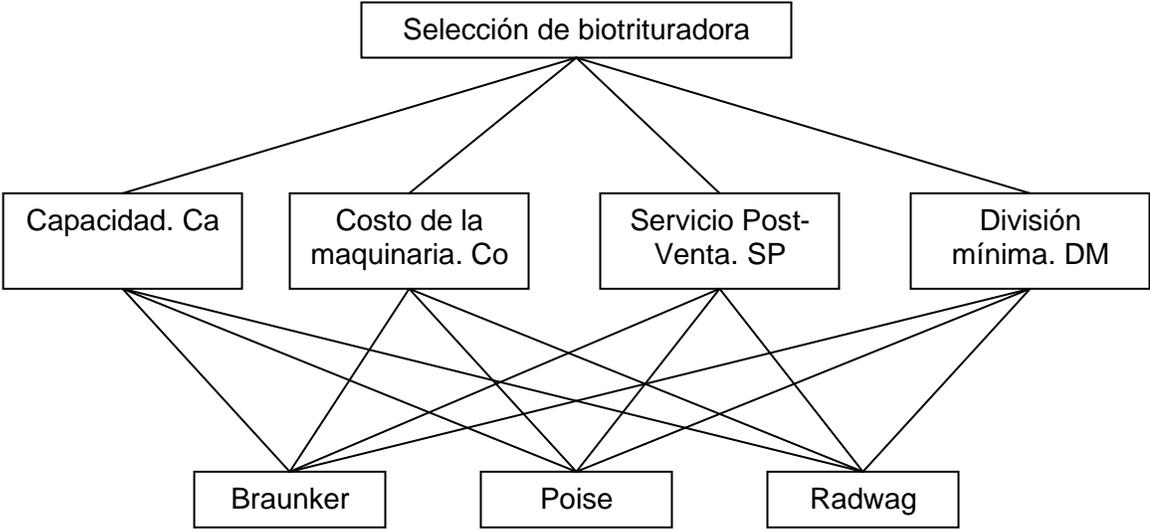


Figura 8b. Árbol de decisión para la selección de la báscula.

Las matrices empleadas para la selección de la maquinaria se encuentran en el anexo 5.2, de las cuales surge el cuadro de resultados mostrado en la tabla 10, en el que los valores de cada alternativa se multiplican de acuerdo al criterio evaluado por la importancia del mismo criterio, para finalmente sumarlos de manera horizontal.

Tabla 10. Matriz final de decisión.

Equipo	Alternativa	Criterios					Resultado
		Ca	Co	SP	CE	DM	
Biotrituradora	Garland	0.178 (0.33 X 0.53)	0.035 (0.16 X 0.22)	0.036 (0.59 X 0.06)	0.036 (0.19 X 0.19)	-	0.285
	Bosch	0.302 (0.57 X 0.53)	0.015 (0.07 X 0.22)	0.008 (0.13 X 0.06)	0.025 (0.13 X 0.19)	-	0.350
	Torotrac	0.053 (0.10 X 0.53)	0.169 (0.77 X 0.22)	0.017 (0.28 X 0.06)	0.129 (0.68 X 0.19)	-	<b>0.365</b>
Báscula	Braunker	0.182 (0.35 X 0.52)	0.086 (0.30 X 0.29)	0.079 (0.64 X 0.012)	-	0.030 (0.43 X 0.07)	0.376
	Poise	0.248 (0.48 X 0.52)	0.156 (0.54 X 0.29)	0.035 (0.28 X 0.012)	-	0.01 (0.14 X 0.07)	<b>0.448</b>
	Radwag	0.089 (0.17 X 0.52)	0.047 (0.16 X 0.29)	0.047 (0.07 X 0.012)	-	0.030 (0.43 X 0.07)	0.176

De acuerdo al método, la Biotrituradora Torotrac Modelo TS 200. 80 y la báscula Poise Modelo R320/PFR-75, generaron un mayor puntaje, siendo estos los equipos a seleccionar ya que satisfacen de mejor manera los criterios planteados.

### 3.5. Distribución de planta.

Explicado previamente, el Systematic Layout Planning permite la realización de una distribución de planta eficiente a través de la evaluación de distintos criterios como la distancia entre departamentos, costo en el manejo de materiales, personal involucrado, etc. (Amorós, 2003) En la tabla 11 se explican estos criterios en base a las necesidades de la planta.

Tabla 11. Criterios de evaluación para la selección de departamentos.

<b>Criterio</b>	<b>Condiciones</b>
Cantidad de flujo	Se consideró importante, ya que el flujo entre departamentos será de materia prima, personal y producto terminado.
Necesidades de comunicación	La comunicación debe ser fluida de un departamento a otro para evitar cualquier confusión que afecte la producción.
Separación entre departamentos por condiciones ambientales.	Debido a algunos factores inherentes al proceso, este criterio se tomo en cuenta para evitar la cercanía de algunos departamentos.

### 3.5.1. Estimación del área de los departamentos.

Como se observó en la determinación de la razón y capacidad de planta, se emplearán 120 esferas de maduración, con la posibilidad de apilarlas en grupos de cuatro. Cada uno de ellas ocupa un área de  $1.5625 \text{ m}^2$ , con el fin de ahorrar espacio y respetar las dimensiones mínimas de pasillos establecidos en el Reglamento Federal de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2007), las esferas de maduración tienen la distribución dentro del área de maduración, mostrado en la figura 9

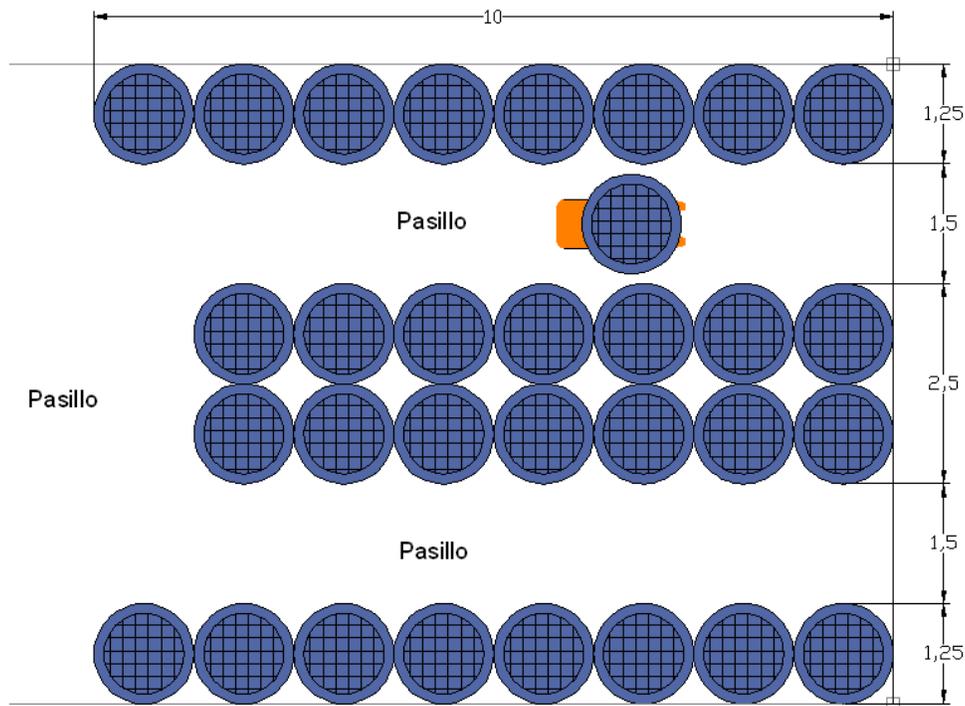


Figura 9. Disposición de las esferas de maduración.

El área de maduración ocupa entonces un mínimo de  $92 \text{ m}^2$ . El área del resto de los departamentos, área de recepción, se determinó en base a la maquinaria que ahí se colocará y las mismas dimensiones para los pasillos. La figura 10 presenta el espacio que emplea el departamento de recepción.

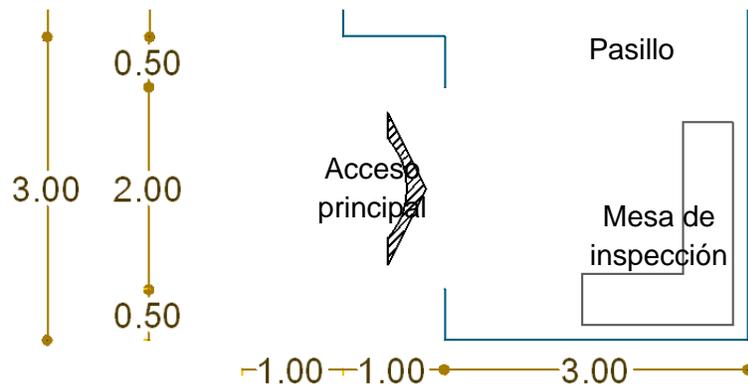


Figura 10. Departamento de recepción

Los departamentos de trituración y vaciado fueron ubicados en un mismo espacio de 16 m<sup>2</sup>, respetando igualmente espacio para el movimiento de personal, material y maquinaria, cada uno hace uso de un área de 8m<sup>2</sup>, mostrados en la figura 11.

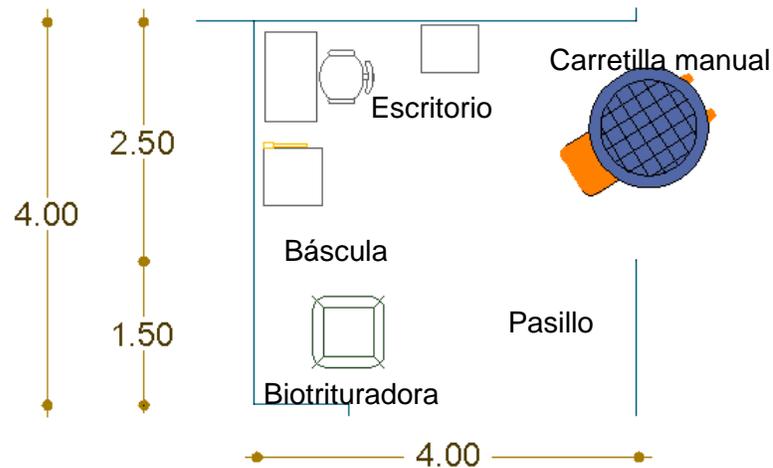


Figura 11. Departamentos de trituración y vaciado.

Finalmente, en la figura 12 se muestra el almacén de producto terminado ocupando un área de 25 m<sup>2</sup>.

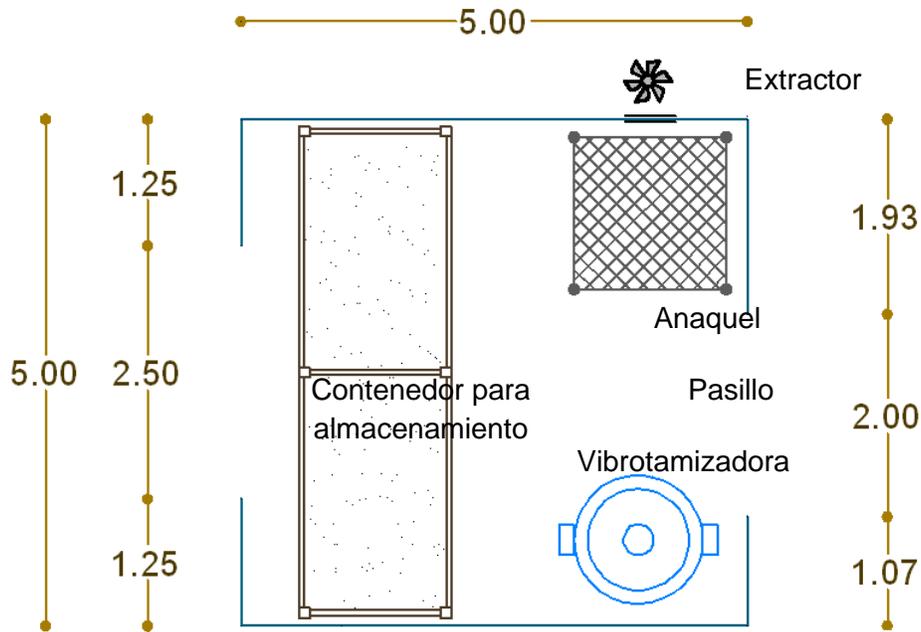


Figura 12. Departamento de producto terminado.

Como se observa, el departamento de recepción cuenta con una mesa de inspección, esta no está contemplada dentro del tabulador de Costos de la Maquinara y Equipo, ya que se elaborará de concreto y fue cotizada dentro del servicio de construcción, de igual manera que los contenedores para el almacenamiento del producto terminado; por su parte el mobiliario de oficina para el departamento de vaciado (Escritorio, silla y archivero) tampoco fue contemplado en dicho tabulador, ya que el almacén de la universidad cuenta con estos equipos en su inventario

### 3.5.2. Descripción de los departamentos y layout de la planta.

Una vez que los departamentos fueron asignados, es necesario conocer las funciones que cada uno de estos cumplirá y así determinar sus necesidades de proximidad. Esto es mostrado en la tabla 12.

Tabla 12. Departamentos empleados en la planta de lombricomposta

Departamento		Descripción
Almacenes	Recepción	Departamento encargado de recibir y almacenar la materia prima (Lombrices, tierra y desechos orgánicos), es también en este sitio en el que se lleva a cabo la inspección de los desechos orgánicos.
	Producto terminado	Departamento en el que se tamiza la lombricomposta madura, se lleva a cabo el secado y el almacenamiento de la misma.
Producción	Trituración	Espacio en la cual se realiza la trituración de los desechos orgánicos previamente seleccionados por el departamento de recepción.
	Vaciado	En este departamento la materia prima es pesada y vaciada en los prototipos de maduración. Siendo también un espacio para la administración de la planta.
	Maduración.	Aquí son colocados los prototipos de maduración hasta que la lombricomposta este lista para ser tamizada y secada.

Una vez que los departamentos han sido definidos, es necesario encontrar las relaciones que hay entre ellos, en la tabla 13a se muestran estas relaciones, la tabla 13b muestra las clasificaciones de proximidad y la tabla 13c las razones por las cuales se tomo tal decisión.

Tabla 13a. Tabla de correlaciones departamentales.

Departamento		Área (m <sup>2</sup> )				
1	Recepción	9				
2	Trituración	8	A 6			
3	Vaciado	8	A 6	I 2		
4	Maduración	92	A 6	O 4	O 4	
5	Almacén de PT	25	A 6	O 4	O 4	O 4

Tabla 13b. Clasificación de proximidad

Valor	Proximidad
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Proximidad ordinaria
U	No importante
X	Indeseable

Tabla 13c. Razones del valor de proximidad

Clave	Razón
1	Registros comunes
2	Comparte el mismo personal
3	Comparte el mismo espacio
4	Grado de contacto personal
5	Grado de contacto de papeleo
6	Secuencia de flujo de trabajo
7	Realiza trabajo similar
8	Usa el mismo equipo
9	Posible olor desagradable

A través de la grafica de relaciones se evaluó cual es el departamento en el que se concentra la mayor cantidad de actividades. En la tabla 14 se muestra esta evaluación.

Tabla 14. Valor total de la relación entre departamentos.

<b>Departamento</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Tot.</b>
1. Recepción	-	4	2	2	1	9
2. Trituración	4	-	4	1	1	10
3. Vaciado	2	4	-	4	1	11
4. Maduración.	2	1	4	-	1	9
5. Almacén de PT	1	1	1	1	-	4

Cada casilla tiene el valor de la relación que le fue asignada entre un departamento y otro, la suma representa la importancia que tienen los departamentos respecto al resto, el departamento que debe colocarse prioritariamente al centro de la distribución es el que ha obtenido mayor puntaje. En este caso, el departamento de vaciado es el que concentra más actividades.

Después de haber generado las relaciones departamentales de acuerdo a los criterios o razones del valor de proximidad, la tabla 15 presenta la hoja de trabajo, elaborada para así realizar los diagramas de bloque adimensional.

Tabla 15. Hoja de trabajo

No	Departamento	Relaciones					
		A	E	I	O	U	X
1	Recepción	2		3,4	5		
2	Trituración	1,3			4,5		
3	Vaciado	2,4		1	5		
4	Maduración	3,5		1	2		
5	Almacén P.T.	4			1,2,3		

Continuando con la metodología se presenta la anterior hoja de trabajo con bloques adimensionales, los cuales se muestran a continuación. Estos bloques representan un primer bosquejo de cómo quedará distribuida la planta. La figura 13 a, b y c muestra cada una, la primera, segunda y tercer opción respectivamente de los diagrama de bloques elaborados.

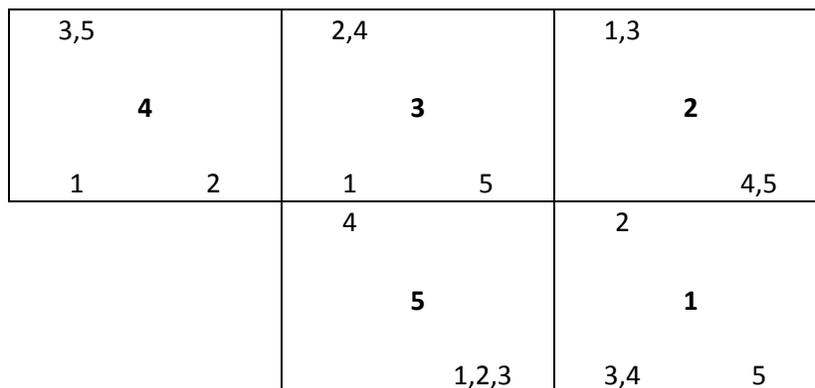


Figura 13a. Diagrama de bloques adimensional: Opción 1

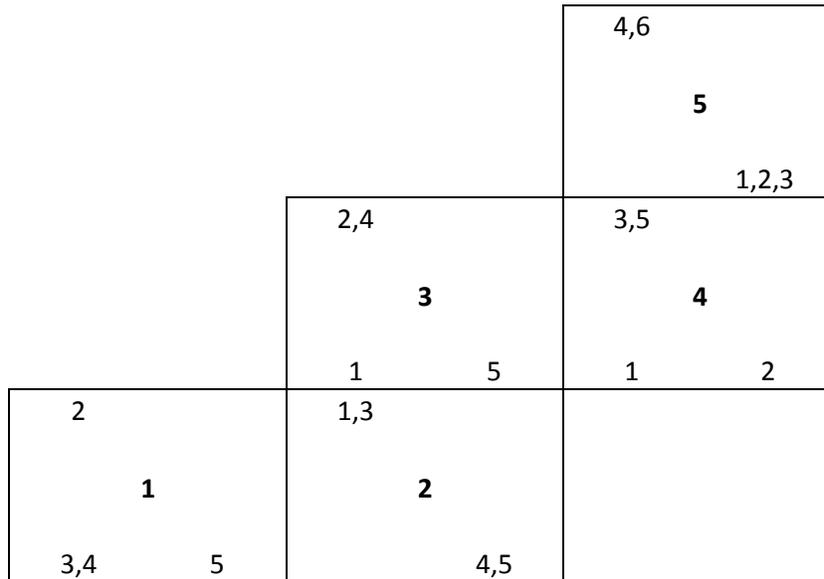


Figura 13b. Diagrama de bloques adimensional: Opción 2

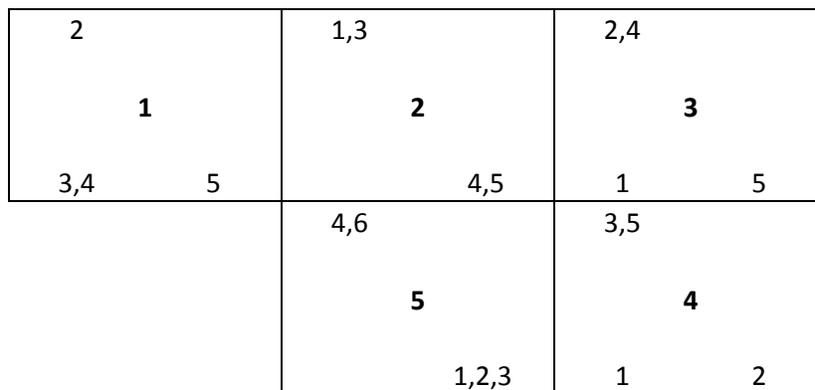


Figura 13c. Diagrama de bloques adimensional: Opción 3

Resta representar la distribución de la planta empleando las áreas asignadas previamente, de acuerdo a los diagramas de bloques adimensionales. Con ello se obtuvieron tres opciones, mostradas cada una de ellas en la figura 14a b y c, para ser evaluadas. Cada número en estos cuadros representa 1 m<sup>2</sup>, y tener una idea más clara el tamaño de la planta.

4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	2	2
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	2	2
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	2	2
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	2	2
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	1	1
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	1	1
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	1	1
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	1	1
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	1

Figura 14a. Opción 1. Cuadrícula para evaluación.

5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	3	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2	1	1	1	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Figura 14b. Opción 2. Cuadrícula para evaluación.

1	1	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
1	1	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
1	1	1	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Figura 14c. Opción 3. Cuadrícula para evaluación.

Las distribuciones anteriores se evalúan multiplicando el valor de la relación departamental por el número de departamentos que hay entre ellos. Por ejemplo, en la opción 1, el valor de la relación entre el departamento 1 y 3 es de 2 y es necesario cruzar un departamento (trituration) para llegar del 1 al 3, por lo tanto el valor de la multiplicación correspondiente a estos departamentos es 2. Esta operación debe realizarse para cada departamento en cada una de las tres opciones presentadas. Las tablas 16a,b y c son las evaluaciones para cada distribución.

Tabla 16a. Evaluación de la cuadrícula opción 1

Departamento	1	2	3	4	5	Tot.
1. Recepción	-	0 4 x 0	2 2 x 1	2 2 x 1	0 1 x 0	4
2. Trituración		-	0 4 x 0	2 2 x 1	0 1 x 0	2
3. Vaciado			-	0 4 x 0	0 1 x 0	0
4. Maduración				-	0 4 x 0	0
5. Almacén de PT					-	-
Total						6

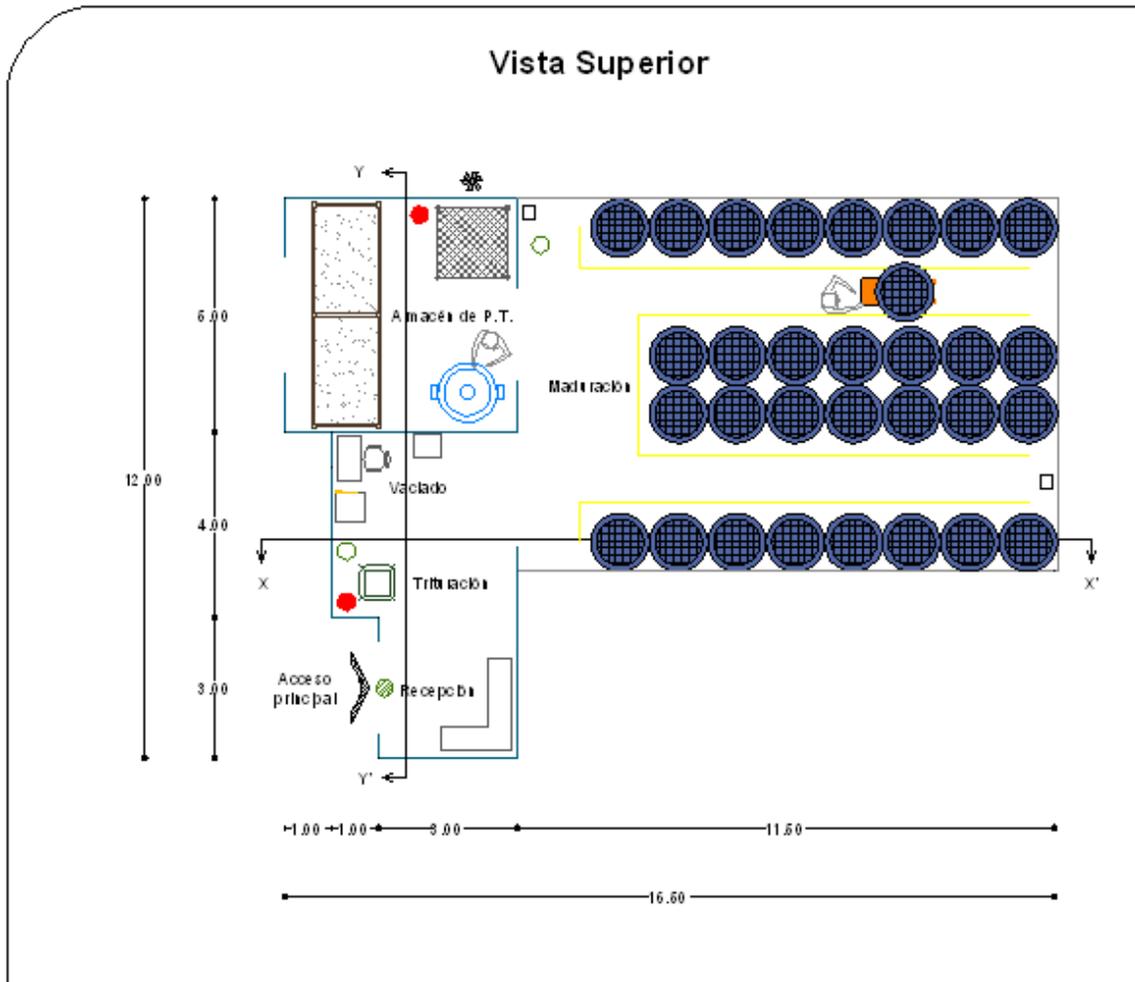
Tabla 16b. Evaluación de la cuadrícula opción 2

Departamento	1	2	3	4	5	Tot.
1. Recepción	-	0 4 x 0	2 2 x 1	0 2 x 0	2 1 x 2	4
2. Trituración		-	0 4 x 0	0 2 x 0	1 1 x 1	1
3. Vaciado			-	0 4 x 0	0 1 x 0	0
4. Maduración				-	0 4 x 0	0
5. Almacén de PT					-	-
						5

Tabla 16c. Evaluación de la cuadrícula opción 3

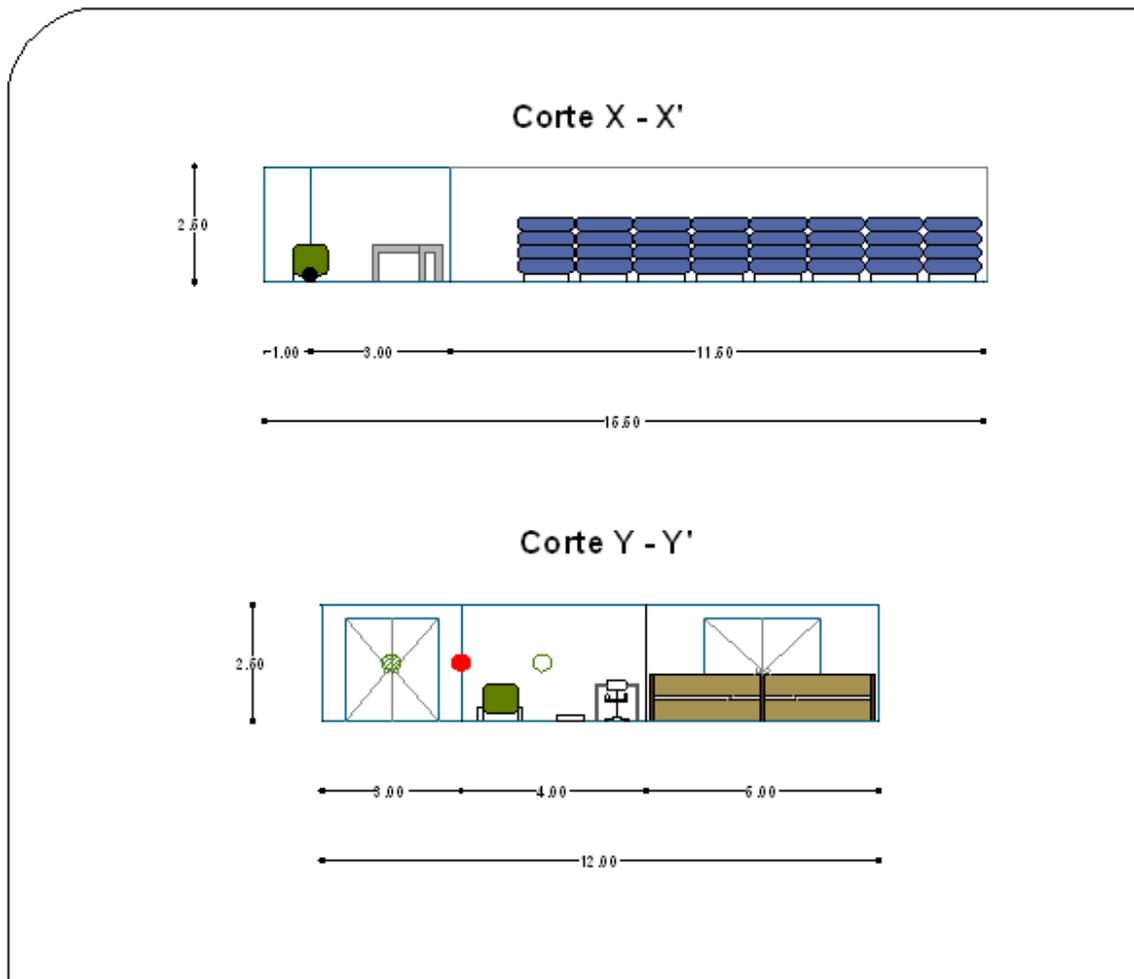
Departamento	1	2	3	4	5	Tot.
1. Recepción	-	0 4 x 0	2 2 x 1	4 2 x 2	0 1 x 0	6
2. Trituración		-	0 4 x 0	0 2 x 0	0 1 x 0	0
3. Vaciado			-	0 4 x 0	1 1 x 1	1
4. Maduración				-	0 4 x 0	0
5. Almacén de PT					-	-
Total						7

La opción 2 tuvo el valor más bajo, con un total de 5 puntos. Esto representa una distribución en la cual el movimiento de un departamento a otro es fluido y necesitan atravesarse menos departamentos para llegar a otro, esta distribución facilitará el flujo de información, de materiales y de personal. Una vez seleccionada la mejor distribución, se realiza el layout de la planta, esta se representa en la figura 15a, mientras que la figura 15b muestran los cortes realizados a este layout.



Cortes		Simbología	
Ubicación:	<b>Universidad Tecnológica de la Mixteca.</b>	Colocación de extintor.	Letrero de Puerta de evacuación.
Acotaciones:	<b>Metros</b>	Escala:	<b>1:125</b>
Elaboró:	<b>Elaboración propia</b>		
		Salida de emergencia.	Zona restringida.
			Girto.

Figura 15a. Distribución final de los departamentos.



Cortes		Simbología	
Ubicación:	<b>Universidad Tecnológica de la Mixteca.</b>	 Colocación de extintor.	 Letrero de Ruta de evacuación
Acreditación:	<b>Metros</b>	Escala:	<b>1:125</b>
Elaboró:	<b>Elaboración propia</b>		 Salida de emergencia.
			 Zona estigada

Figura 15b. Corte X-X' y Y-Y' del layout.

### **3.5.3. Requerimientos de personal.**

Como se ha mencionado anteriormente, la producción de lombricomposta en la universidad fue un proyecto llevado a cabo por el Instituto de Hidrología, con la ayuda del vivero de la universidad dirigido por el Ing. Eusebio Cesar Pedro Santos, por lo que el personal de este espacio tiene los conocimientos necesarios para llevar a cabo la producción de lombricomposta.

Del personal descrito anteriormente solo se hace necesario el empleo de dos de ellos, debido a que la planta no estará en operación una jornada entera, siendo así que no se necesite emplear a más personal para la universidad.

### 3.6. Seguridad e higiene.

#### 3.6.1. Equipo de protección personal.

Se determino el análisis de riesgos para determinar el EPP (Equipo de Protección Personal) presentado en la tabla 17, haciendo uso de la NOM-017-STPS-2007, Equipo de protección personal, selección, uso y manejo en los centros de trabajo.

Tabla 17. Riesgos en los puestos de trabajo

Actividad	Riesgos
I. Recolección de basura.	Exposición a agentes biológicos.
II. Selección de basura.	Exposición a agentes biológicos.
III. Trituración.	Exposición a agentes biológicos. Exposición a agentes físicos: Ruido Golpe por partículas proyectadas.
IV. Pesado y vaciado de materia prima.	Movimiento manual de grandes cantidades de material.
V. Monte y desmonte de recipientes de maduración.	Golpe por objeto en movimiento. Caída de objetos.
VI. Criba de producto en proceso.	Movimiento manual de grandes cantidades de material. Exposición a agentes físicos: Polvo
VII. Almacenamiento del producto terminado.	Caída de objetos. Exposición a agentes físicos: Baja temperatura, polvo

Una vez que los puestos de trabajo han sido identificados, es necesario establecer el equipo de seguridad, para lo cual se hace uso de la NOM-017-STPS-2008, Equipo de protección personal -. Selección, uso y manejo en los centros de trabajo. En la tabla 18 se muestran las regiones anatómicas y los EPP que les corresponden extraídos de la norma anteriormente mencionada

Tabla 18. Claves de regiones anatómicas y EPP

Clave y Región anatómica	Clave y EPP
1) Cabeza	A) Casco contra impacto B) Casco dieléctrico C) Cofia D) Otros
2) Ojos y cara	A) Anteojos de protección B) Goggles C) Pantalla facial D) Careta para soldador E) Gafas para soldador F) Otros
3) Oídos	A) Tapones auditivos B) Conchas acústicas C) Oídos
4) Aparato respiratorio	A) Respirador contra partículas B) Respirador contra gases y vapores C) Respirador desechable D) Respirador autónomo E) Otros
5) Extremidades superiores	A) Guantes contra sustancias químicas B) Guantes de uso eléctrico C) Guantes contra altas temperaturas D) Guantes dieléctricos E) Mangas

	F) Otro: <u>Guantes de látex</u>
6) Tronco	A) Mandil contra altas temperaturas. B) Mandil contra sustancias químicas C) Overall D) Bata E) Otro: <u>Faja de protección lumbar</u>
7) Extremidades inferiores	A) Calzado de seguridad B) Calzado contra impactos C) Calzado dieléctricos D) Calzado contra sustancias químicas E) Polainas F) Botas impermeables G) Otros
8) Otros	A) Arnés de seguridad B) Equipo para brigadista contra incendio C) Otros.

La tabla 19 muestra las regiones anatómicas y los EPP recomendados para las actividades antes mencionadas.

Tabla 19. Determinación del equipo de protección personal.

Act.	Equipo de protección personal.																										
	1			2					3		4			5					6				7				
	A	B	C	A	B	C	D	E	A	B	A	B	C	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	A	B	C	D
I													X						X					X			
II													X						X					X			
III				X					X				X						X					X			
IV													X						X				X	X			
V	X																										X
VI				X									X										X	X			
VII	X			X									X											X			

### **3.6.2. Reglamento de seguridad e higiene.**

Se establece el siguiente reglamento de seguridad e higiene para la Planta de Lombricomposta, observando y tomando como guía el Reglamento Federal de Trabajo.

Sobre la seguridad en la planta

- i. Prestar total atención a las actividades que se realizan.
- ii. Evitar distraer al personal que esté realizando sus actividades de trabajo.
- iii. Si no se tiene conocimiento sobre el funcionamiento de una maquinaria o equipo, evitar hacer uso de el.
- iv. Si no se tiene conocimiento sobre como realizar alguna actividad, preguntar como se realiza.
- v. Dar aviso sobre condiciones inseguras que se hayan detectado.
- vi. Respetar las áreas restringidas.
- vii. En la medida de lo posible, mantener en orden el área de trabajo.
- viii. Una vez que una herramienta haya dejado de usada, colocarla en el lugar que le corresponde.
- ix. No realizar actividades en el área de trabajo que no correspondan a este.

Sobre el equipo de protección:

- i. Usar el equipo de seguridad para la actividad que fue asignada.
- ii. Exigir el equipo adecuado según la actividad que se realiza.
- iii. Reportar cualquier desgaste que se detecte en el equipo.
- iv. No utilizar el equipo de seguridad en fines para los cuales no fue diseñado.

### 3.6.3. Señalización.

La señalización empleada en la planta se realizó en base a lo establecido en la NOM-026-STPS-2008 (Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías); los símbolos mostrados en la tabla 20 son extraídos de los apéndices de esta norma y cuya ubicación puede observarse en el layout de la planta.

Tabla 20. Imágenes para señalización

Indicación	Contenido	Imagen
Ubicación de extintor	Silueta de un extintor con flecha direccional	
Ruta de evacuación	Flecha direccional con la leyenda "RUTA DE EVACUACIÓN".	
Ubicación de una salida de emergencia	Silueta humana avanzando hacia una salida de emergencia indicando con flecha direccional el sentido requerido	
Zona restringida	Franja amarilla	

De acuerdo a la NOM-002-STPS-2003, la planta tiene un grado de riesgo de incendio bajo por las siguientes razones:

- Altura de la construcción menor a 25 m
- Superficie construida menor a los 300 m<sup>2</sup>
- El número de personas que ocupan el local es menor de 15.

### 3.7. Costos de inversión.

Los costos de inversión representados por la adquisición de maquinaria y equipo se desglosan en la tabla 21, en la tabla 22 los costos por la adquisición de materia prima y la tabla 23 presenta los costos de la obra civil. Finalmente estos costos se resumen en la tabla 24, mostrando el costo total de la inversión.

Tabla 21. Costos de la maquinaria y equipo.

Concepto	Cantidad	Costo unitario	Importe (MN)
Prototipo de maduración	120	960.50	115 260.00
Sensor portátil de pH	1	871.00	871.00
Vibrotamizador	1	6 721.00	6 721.00
Anaquele metálico	1	3 096.00	3 096.00
Extractor de aire	1	2 600.00	2 600.00
Báscula Poise	1	2 450.00	2 450.00
Biotriturador Torotrak	1	1 978.00	1 978.00
Papel Kraft	1	1 730.00	1 730.00
Sensor portátil de conductividad	1	1 112.50	1 112.50
Carretilla manual	1	450.00	450.00
Contenedor plástico HP 125	3	140.00	420.00
Pala redonda de irrigación	1	222.00	222.00
Manguera	1	145.00	145.00
Cuchara transplantadora	1	36.50	36.50
<b>Total</b>			<b>137 092.00</b>

La adquisición de lombrices asciende a \$ 122 880.00 considerando comprar 156.3 kg de ellas, para procesar durante 24 días el total de la basura generada diariamente, a un costo de \$800.00 por kilogramo de lombriz; se observa una gran inversión para esta materia prima, por lo que solo se comprará la mitad de las lombrices necesarias, dado que la reproducción de estas se da en su totalidad a los 6 meses, alcanzando así la cantidad de lombrices requeridas.

Tabla 22. Costos de la materia prima

Producto	Contacto	Costo /Kg.	Cantidad	Total (M/N)
Lombriz roja californiana	Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Tel:(951) 51-70788	\$ 800.00	76.8 kg	<b>61 440.00</b>

Tabla 23. Costos de obra civil

Concepto	Contacto	Costo/m <sup>2</sup>	Área (m <sup>2</sup> )	Importe (M.N.)
Obra civil	Dicoii, Ingeniería integral. Huajuapán de León. Oaxaca.	3 200.00	25	80 000.00
Vivero	Tel: (953) 53-29956	150.00	92	13 800.00
<b>Total</b>				<b>93 800.00</b>

Tabla 24. Costo total de la inversión.

Concepto	Importe (M.N.)
Obra civil	93 800.00
Maquinaria y equipo	137 092.00
Materia prima	61 440.00
<b>Total</b>	<b>292 332.00</b>

# Capítulo IV.

## Conclusiones y recomendaciones

## **4.1. Conclusiones.**

El objetivo general del proyecto, acerca del diseño de la planta productora de lombricomposta bajo un respaldo teórico y metodológico, desde la selección de maquinaria hasta el diseño de la planta. Con ella logra emplearse el total de la basura orgánica generada en la universidad y convertirla en un producto benéfico a la tierra, teniendo una producción diaria de 88.32 Kg de lombricomposta abasteciendo la demanda anual del vivero y el área de jardinería.

La determinación del tamaño de planta se desarrolla y explica detalladamente en el Capítulo tercero en el apartado 3.2. Determinación de la razón de planta; la búsqueda, análisis y selección de la selección de maquinaria y equipo se ve desplegada en el mismo capítulo en el apartado 3.4. Selección de maquinaria y equipo; y finalmente la seguridad industrial cubre varios aspectos importantes como la determinación de Equipos de Protección Personal, Reglamento interno de trabajo y Señalizaciones, esto puede observarse con detenimiento en la sección 3.6. Seguridad e higiene.

Finalmente y no menos importante, a través de la planta se visualiza en un futuro próximo a su implementación, una cultura del cuidado al medio ambiente, todo el personal y alumnado se ven involucrados en este proyecto mediante su participación con la separación de sus desechos. Por estas razones, la planta de producción de lombricomposta es un proyecto factible y de importantes beneficios para la universidad y quienes forman parte de ella.

## **4.2. Acciones futuras.**

### **4.2.1. Crecimiento de la población de lombrices.**

Como ya se sabe, la tasa de reproducción de lombrices es alta, duplicando el total de su población en seis meses, la cantidad excedente de lombrices puede ser donada a los agricultores de la región o a las personas interesadas en producir este benéfico abono, así la universidad favorece a la comunidad en la que se encuentra.

### **4.2.2. Tratamiento de desechos inorgánicos**

En este proyecto solo se hace uso de la basura orgánica, dejando a un lado todos los desechos inorgánicos que pueden tener mejores fines que el basurero municipal, que de igual manera son generados en grandes cantidades diariamente, todos ellos producto de los desperdicios y merma de los talleres de la universidad, se recomienda que se realice una expansión de la planta hacia el reciclaje de estos materiales, pudiendo emplear el producto resultante como materia prima en los mismos talleres.

# Anexos

## 5.1. Resultados de las encuestas aplicadas

Con el fin de obtener información relacionada con la generación de basura en la universidad, se concreto una entrevista con el jefe de mantenimiento de la universidad, el Sr. Agustín Vicente López Vega, dando a conocer que durante el día se acumulaba un aproximado de 800 Kg; la mayor parte de esta proveniente de las residencias de profesores, por ello fue necesario conocer este dato con mayor detalle mediante encuestas; estas fueron aplicadas a 23 docentes que residen dentro de la universidad y arrojó como resultado que el total de la población de profesores y sus familias incluidas, desechan a diario aproximadamente 150 Kg de basura orgánica.

Fue necesario realizar un diagrama de Pareto con el fin de determinar cuales son las principales razones por las cuales la basura no es separada. El cuadro que se muestra a continuación, señala las razones y la cantidad de personas que las expusieron.

Clave	Razón	No. personas
A	No existe un programa de separación	6
B	Desconozco la forma de separar la basura	5
C	Considero innecesaria la separación de basura	1
D	Pierdo el tiempo	2
E	El tema no me interesa	3
F	Nadie mas lo hace	1
G	No hay incentivos para hacerlo	4
H	Me produce flojera	1
Total de personas		23

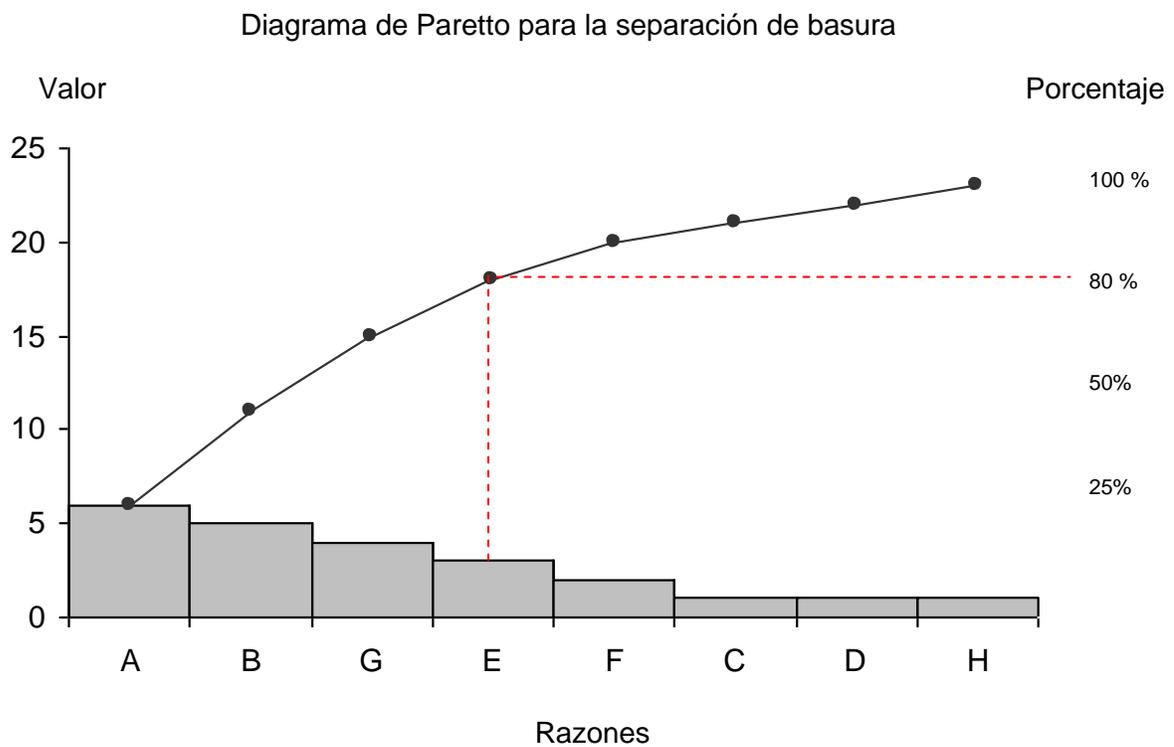
Clave	No. personas	Valor Acumulado
-------	--------------	-----------------

Ordenando los datos de forma descendente, obtenemos la siguiente tabla, mostrando también el valor acumulado de los datos.

A	6	6
B	5	11
G	4	15
E	3	18
F	2	20
C	1	21
D	1	22
H	1	23

datos de forma descendente, obtenemos la siguiente tabla, mostrando también el valor acumulado de los datos.

La gráfica de Pareto resultante para esta información se muestra a continuación.



Fuente: Elaboración propia

El 80% de la problemática recae sobre las siguientes razones:

- No existe un programa de separación
- Desconozco la forma de separar la basura
- No hay incentivos para hacerlo
- El tema no me interesa.

Las principales razones muestran claramente el enorme desinterés por el tema y el resto de ellas la necesidad de crear un programa de capacitación para la correcta separación de desechos, además de resaltar la importancia de hacerlo.

## 5.2. Matrices de comparación.

### 5.2.1. Selección de un biotrituradora

De los criterios elegidos para la evaluación de las alternativas de biotrituradoras, surge el siguiente cuadro de comparaciones pareadas y el peso que obtuvo cada uno después de la sintetización de la matriz:

	Ca	Co	SP	CE	Síntesis
Ca	1	3	7	3	0.53
Co	1/3	1	5	1	0.22
SP	1/7	1/5	1	1/3	0.06
CE	1/3	1	3	1	0.19

$$n_{\max} = 4.032$$

$$IA = 0.90$$

$$RC = 0.0107 < 0.1; \text{ consistente}$$

Continuando con el método, se elaboraron las matrices de comparaciones pareadas de las alternativas propuestas respecto a cada uno de los criterios, mostrándolas a continuación, junto al resultado obtenido, a través de la sintetización empleada anteriormente:

Importancia de las alternativas  
respecto a la Capacidad (Ca)

	Gr	Bs	Tr	Síntesis
Gr	1	1/2	4	0.33
Bs	2	1	5	0.57
Tr	1/6	1/8	1	0.10

$$n_{\text{máx.}} = 3.000$$

$$IA = 0.58$$

$$RC = 0.0 < 0.1; \text{ consistente}$$

Importancia de las alternativas  
respecto al Costo (Co)

	Gr	Ra	Cg	Síntesis
Gr	1	3	1/7	0.16
Bs	1/3	1	1/8	0.07
Tr	7	8	1	0.77

$$n_{\text{máx.}} = 3.000$$

$$IA = 0.58$$

$$RC = 0.0 < 0.1; \text{ consistente}$$

Importancia de las alternativas  
respecto al Servicio Postventa (SP)

	Gr	Ra	Cg	Síntesis
Gr	1	5	2	0.59
Bs	1/5	1	1/2	0.13
Tr	1/2	2	1	0.28

$$n_{\text{máx.}} = 3.000$$

$$IA = 0.58$$

$$RC = 0.0 < 0.1; \text{ consistente}$$

Importancia de las alternativas  
respecto al Consumo de energía (CE)

	Gr	Ra	Cg	Síntesis
Gr	1	2	1/5	0.19
Bs	1/2	1	1/4	0.13
Tr	5	4	1	0.68

$$n_{\text{máx.}} = 3.018$$

$$IA = 0.58$$

$$RC = 0.0158 < 0.1; \text{ consistente}$$

### 5.2.2. Selección de una Báscula.

De los criterios elegidos para la evaluación de las alternativas de básculas, y las comparaciones de los mismos criterios, se tienen las siguientes matrices.

	Ca	Co	SP	CE	Síntesis
Ca	1	3	7	4	0.52
Co	1/3	1	5	5	0.29
SP	1/7	1/5	1	4	0.12
CE	1/3	1	3	1	0.07

$$n_{\max} = 4.0571$$

$$IA = 0.90$$

$$RC = 0.0211 < 0.1; \text{ consistente}$$

Importancia de las alternativas  
respecto a la Capacidad (Ca)

				Síntesis
	1	1/2	3	0.35
	2	1	2	0.48
	1/3	1/2	1	0.17

$$n_{\max} = 3.000$$

$$IA = 0.58$$

$$RC = 0.0 < 0.1; \text{ consistente}$$

Importancia de las alternativas  
respecto al Costo (Co)

				Síntesis
	1	1/2	2	0.30
	2	1	3	0.54
	1/2	1/3	1	0.16

$$n_{\max} = 3.024$$

$$IA = 0.58$$

$$RC = 0.0212 < 0.1; \text{ consistente}$$

Importancia de las alternativas  
respecto al Servicio Postventa (SP)

				Síntesis
	1	3	7	0.64
	1/3	1	5	0.28
	1/7	1/5	1	0.08

$$n_{\text{máx.}} = 3.000$$

$$IA = 0.58$$

$$RC = 0.0 < 0.1; \text{ consistente}$$

Importancia de las alternativas  
respecto al Consumo de energía (CE)

				Síntesis
	1	3	1	0.43
	1/3	1	1/3	0.14
	1	3	1	0.43

$$n_{\text{máx.}} = 3.0385$$

$$IA = 0.58$$

$$RC = 0.0332 < 0.1; \text{ consistente}$$

## Bibliografía

- Amorós, E. (2003). *Diseño del lugar de trabajo*. Lima: USAT.
- Arnoletto, E. (2007). *Administración de la producción como ventaja competitiva*. Argentina: Eumed.
- Baca, G. (2001). *Evaluación de proyectos*. México: McGraw-Hill.
- Corral A., Isusi, I., Peinado E. y Pérez, T. (2007). *La responsabilidad Social y medio ambiental en la empresa Latinoamericana*. México: Banco Internacional de Desarrollo.
- Félix, O. (2002). *Introducción a la producción*. Madrid: Universidad Politécnica de Coruña.
- García, B. (2009). *Diseño de un proceso de lombricomposteo mediante el método QFD (Quality Function Deployment) para el establecimiento de una planta piloto en la UTM*. Tesis de Licenciatura. México: Universidad Tecnológica de la Mixteca.
- Gómez, M. y Ramírez, R. *Fuentes de contaminación de las aguas subterráneas*. Temas de ciencia y tecnología. 2007, 23-28
- Hernández, A. (2006). *Seguridad e higiene industrial*. México: Limusa.
- Hudson, N. (2002). *Conservación del suelo*. México: Reverté.
- INEGI. Censo medioambiental 2005.
- INEGI. Censo socioeconómico 2005.
- Jiménez Sánchez, J. E. (2002). *Marco conceptual de la cadena de suministro: un nuevo enfoque*. México: Secretaria de comunicaciones y transportes.

- Jiménez, P. (2001). *El diseño del proceso*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.
- Koch, J. (2006). *Manual del empresario exitoso*. Venezuela: Sencamer.
- Legall, J. (2006). *Manual básico de lombricultura*. Nicaragua: Escuela de Agricultura.
- López, L. (2005). *Diseño de una planta procesadora de galletas de soya*. Tesis de Licenciatura. México: Universidad Tecnológica de la Mixteca.
- Mc. Cormick, E. (2005). *Factores humanos en ingeniería y diseño*. Colombia: Gustavo Gili S.A.
- Meza, S. (1998). *Higiene y seguridad industrial*. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Moreno, A. (2006). Origen, importancia y aplicación de vermicomposta para el desarrollo de especies hortícolas y ornamentales. México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- NAFINSA. (2004). *Fundamentos de negocio*. México: Nacional Financiera.
- Niebel, B. (2004). *Ingeniería Industrial, Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: Alfaomega
- NMX-FF-109-SCFI-2007. (2008). *Humuz de lombriz. Especificaciones y Métodos de prueba*. México: Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- NOM-001-STPS-2008. (2008). *Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo-Condicioness de seguridad*. México: Diario Oficial de la Federación.

- NOM-017-STPS-2001. (2001). *Equipo de protección personal – Selección, uso y manejo en los centros de trabajo* . México: Diario Oficial de la Federación.
- NOM-026-STPS-2008. (2008). *Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos por tuberías*. México: Diario Oficial de la Federación.
- Noriega, S. (2006). *Aplicación del proceso de jerarquía analítica en la selección de tecnología agrícola*. *Agronomía costarricense*, 30-107.
- Plazola, A. (1998). *Enciclopedia de arquitectura* (Vol. II y VII). México: Noriega editoriales.
- Ramírez, C. (2006). *Seguridad Industrial, un enfoque integral*. México: Limusa
- Ramirez, M. (2004). *El método de jerarquías analíticas de Saaty en la ponderación de variables. Aplicación al nivel de mortalidad y morbilidad de la provincia de Chaco*. Argentina: Universidad Nacional del Surdeste.
- Rangel, H. (2008, noviembre 6). 2009: Inflación de 5.8%, crecimiento del 2%, generación de 350 empleos: CEESP. *Milenio*
- Reglamento Federal de Seguridad e Higiene y Medio Ambiente de Trabajo. (1997). México: Secretaría de Trabajo y Previsión social.
- Rodríguez, G. (2003). Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de lombricomposta con *Eisenia Foétida*. *Naturaleza y desarrollo* , 3-5.
- Rosinsky, N. (2007). *El suelo, tierra y arena*. Estados Unidos: Picture Books.

- Sánchez, C. (2005). *Diseño del proceso de manufactura de un RoomGame mediante Dinámica de Sistemas y Simulación Discreta*. Tesis de licenciatura. Perú: Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco.
- Sule, D. (2001). *Instalaciones de manufactura: Ubicación, planeación y diseño*. México: Thomson Learning.
- Toskano, G. (2000). *El proceso de análisis jerárquico como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores*. Tesis de licenciatura. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Tompkins, J. (2003). *Facilities planning*. Estados Unidos: John Wiley.
- Universidad de las Américas Puebla. (2007). *Responsabilidad Social Universitaria*. Venta prohibida, reproducción bienvenida (Disco interactivo).
- Vallaeyes, F. (2007). *Responsabilidad social universitaria. Programa para la formación en humanidades*. México: Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey.
- Vaneskahian, A. (2005). *Administración de la producción*. Uruguay: Universidad de la República de Uruguay.