



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Rediseño del sistema productivo de la empresa Sustratos de Colombia S.A. en la ciudad de Manizales, para la ampliación de su capacidad productiva.

Andrés Felipe Martínez Gómez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Industrial
Manizales, Colombia
2011

Rediseño del sistema productivo de la empresa Sustratos de Colombia S.A. en la ciudad de Manizales, para la ampliación de su capacidad productiva.

Andrés Felipe Martínez Gómez

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ingeniería: Ingeniería Industrial

Directora:

Dra. Ing. Diana María Cárdenas Aguirre

Línea de Investigación:

Dirección de la producción y de las operaciones

Grupo de Investigación:

GTA Innovación y desarrollo tecnológico

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Industrial

Manizales, Colombia

2011



“La sabiduría suprema es tener sueños bastante grandes para no perderlos de vista mientras se persiguen”

William Faulkner

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE GRÁFICAS	VII
LISTA DE TABLAS	9
TÍTULO	11
TITLE	11
RESUMEN	11
PALABRAS CLAVE.....	11
ABSTRACT	11
KEYWORDS	12
JUSTIFICACIÓN.....	12
OBJETIVO GENERAL.....	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	13
GLOSARIO.....	14
1. REDISEÑO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN	16
1.1 DECISIONES ESTRATÉGICAS.....	18
1.1.1 <i>Demanda</i>	21
1.1.2 <i>Recurso humano</i>	22
1.1.3 <i>Nivel de automatización</i>	23
1.1.4 <i>Políticas de inventario</i>	24
1.2 LOCALIZACIÓN DE INSTALACIONES	26
1.2.1 <i>Factores de localización</i>	29
1.3 SELECCIÓN Y REDISEÑO DEL PROCESO PRODUCTIVO	32
1.3.1 <i>Selección del proceso</i>	32
1.3.2 <i>Diseño del proceso</i>	34
1.3.3 <i>Evaluación del proceso diseñado</i>	35
1.3.4 <i>Determinación de la configuración productiva</i>	37
1.4 DISPOSICIÓN EN PLANTA	39
2. METODOLOGÍA. PROCEDIMIENTO PARA EL REDISEÑO DEL SISTEMA PRODUCTIVO	43
2.1 DIAGNÓSTICO.....	43
2.1.1 <i>Localización</i>	44
2.1.2 <i>Proceso productivo</i>	45
2.1.3 <i>Análisis de riesgos</i>	46
2.1.4 <i>Configuración productiva</i>	46
2.1.5 <i>Disposición en planta</i>	46
2.2 BÚSQUEDA DE ALTERNATIVAS.....	47
2.2.1 <i>Localización</i>	47
2.2.2 <i>Proceso productivo</i>	48

2.2.3	<i>Análisis de riesgos</i>	51
2.2.4	<i>Configuración productiva</i>	51
2.2.5	<i>Disposición en planta</i>	51
3.	RESULTADOS	54
3.1	SELECCIÓN Y REDISEÑO DE LOS CRITERIOS Y FACTORES ASOCIADOS AL REDISEÑO.....	54
3.1.1	<i>Selección y evaluación de la ubicación</i>	54
3.1.2	<i>Selección y rediseño del proceso productivo</i>	59
3.1.3	<i>Selección y determinación de la configuración productiva adecuada</i>	62
3.1.4	<i>Selección y rediseño de la distribución de la planta</i>	63
3.2	EVALUACIÓN DE CRITERIOS Y FACTORES ASOCIADOS AL REDISEÑO	64
3.2.1	<i>Localización</i>	64
3.2.2	<i>Proceso</i>	65
3.2.3	<i>Configuración</i>	65
3.2.4	<i>Disposición en planta</i>	65
4.	CONCLUSIONES	68
5.	RECOMENDACIONES	69
6.	ANEXOS	71
7.	TRABAJOS CITADOS	73

Lista de gráficas

Gráfica N° 1. Vista esquemática del enfoque jerárquico

Gráfica N° 2. Localización de instalaciones en el rediseño del sistema productivo

Gráfica N° 3. Matriz PV-LF

Gráfica N° 4. Productos y servicios de Sustratos de Colombia S.A.

Gráfica N° 5. Ubicación actual de Sustratos de Colombia S.A.

Gráfica N° 6. Condiciones actuales de la empresa

Gráfica N° 7. Nueva ubicación para la planta



Lista de tablas

Tabla N° 1. Decisiones estratégicas.

Tabla N° 2. Factores de localización.

Tabla N° 3. Referencia técnica para la diagramación relacional.

Tabla N° 4. Etapas del proceso productivo de compostaje. Fuente: elaboración propia

Tabla N° 5. Evaluadores seleccionados. Fuente: elaboración propia

Tabla N° 6. Factores para la localización. Fuente: elaboración propia

Tabla N° 7. Escala y criterios de calificación para los factores de localización. Fuente: elaboración propia

Tabla N° 8. Resultados de Localización. Fuente: elaboración propia

Tabla N° 9. Evaluación de atributos. Fuente: elaboración propia

Tabla N° 10. Resultados globales del rediseño del sistema. Fuente: elaboración propia

Lista de anexos

- Anexo N° 1. Proceso productivo actual
- Anexo N° 2. Proceso productivo rediseñado
- Anexo N° 3. Puntuación de cada alternativa de localización
- Anexo N° 4. Cálculo de las alternativas
- Anexo N° 5. Organigrama Sustratos de Colombia S.A.
- Anexo N° 6. Análisis de riesgos-Sistema APPCC
- Anexo N° 7. Alternativas para el sistema APPCC
- Anexo N° 8. Diagrama relacional de Muther
- Anexo N° 9. Distribución propuesta para la nueva planta
- Anexo N° 10. Resultados de la configuración
- Anexo N° 11. Resultados del rediseño del proceso
- Anexo N° 12. Distribución actual de Sustratos de Colombia S.A.
- Anexo N° 13. Resultados de la distribución propuesta

Título

Rediseño del sistema productivo de la empresa Sustratos de Colombia S.A. en la ciudad de Manizales, para la ampliación de su capacidad productiva.

Title

Redesign of the company's production system Sustratos de Colombia S.A. in the city of Manizales, to expand its production capacity.

Resumen

El objetivo de este proyecto de investigación fue abordar decisiones de tipo estratégico en el rediseño del sistema productivo para la empresa Sustratos de Colombia S.A. que actualmente está en proceso de crecimiento.

Las herramientas aplicativas para cada una de las etapas de la metodología propuesta serán listas de chequeo, comparativos técnicos, diagramas analíticos, flujogramas entre otras.

Se obtiene como resultado final, el rediseño de un sistema productivo acorde con la demanda requerida en la empresa Sustratos de Colombia S.A.

Palabras clave

Capacidad de producción, estrategia, localización, rediseño de un sistema productivo, tecnología de compostaje.

Abstract

The objective of this research project was to address Strategic decisions to redesign the production system to the company Sustratos de Colombia S.A. currently in process of growth.

Applicative tools for each stage of the proposed methodology will check lists, comparative technical, analytical diagrams, flowcharts and more.

Final result is obtained, the redesign of a production system according to the required demand in the company Sustratos de Colombia S.A.

Keywords

Capacity, strategy, location, redesign of a production system, composting technology.

Justificación

Actualmente prácticas como desarrollo sustentable, producción más limpia, eco-eficiencia han tomado gran acogida dentro del sector empresarial debido a sus implicaciones medioambientales, socioculturales y de responsabilidad social subyacentes; recuperar desperdicios inminentes, que tengan un impacto ambiental considerable es una prioridad que los industriales, emprendedores, sectores públicos y privados deben interiorizar y trabajar arduamente hoy día.

Sustratos de Colombia S.A., en búsqueda de dar una solución óptima al reto de aprovechar subproductos o residuos provenientes de empresas de sacrificio tecnificado animal, industrializadoras de café, entre otras empresas; ha logrado producir abono orgánico a partir de estos subproductos. En este momento requiere ampliar su capacidad productiva debido al aumento en la demanda del producto, por consiguiente este trabajo dará las herramientas necesarias para realizar estos cambios en la empresa, dando así *solución a un problema real* de una empresa de la región.

Desde el 2007, Sustratos de Colombia ha venido evolucionando positivamente y al presente desea incorporar aliados estratégicos que permitan proyectar un crecimiento estable y que permita ampliar su capacidad de producción de manera considerable; por este motivo la empresa desea considerar los factores estratégicos más relevantes para llevar a cabo este crecimiento; de aquí el interés de este trabajo, al permitir involucrar a los investigadores en el

apoyo y formulación de herramientas para la toma de *decisiones de tipo estratégico* en la compañía, decisiones que son poco frecuentes.

La aplicación de la herramienta de análisis de riesgos y puntos de control críticos (HACCP) comúnmente utilizada en industrias de alimentos (F.A.O. 2002), será la cuota innovadora en el desarrollo de un *estudio de puntos de control críticos (PCC)* en el proceso productivo rediseñado en la empresa Sustratos de Colombia S.A..

Objetivo general

Rediseñar el sistema productivo en la empresa Sustratos de Colombia S.A. con base en las *nuevas necesidades de capacidad* del sistema en relación al mercado, mediante la aplicación de *herramientas para el rediseño de sistemas productivos*.

Objetivos específicos

- Proponer una localización adecuada para la planta de producción, de acuerdo las necesidades específicas de la empresa.
- Determinar los atributos de capacidad y naturaleza del proceso e instalaciones que son demandados para conseguir la capacidad proyectada por el sistema.
- Rediseñar el proceso de acuerdo con las necesidades específicas.
- Determinar la disposición en planta que garantice un adecuado flujo del proceso para la capacidad.

Consideraciones éticas

Tomando como referente el trabajo de Rodriguez (2011), se citan a continuación algunas consideraciones éticas que se asumirán para este trabajo:

- En este proyecto se atenderá las leyes y normativas legales nacionales vigentes de carácter ambiental según sea el caso.

- Es esta investigación aplicada no se involucrarán personas sin su consentimiento ni serán presionados para participar bajo ninguna circunstancia.
- Se comunicará con transparencia la información acerca de la naturaleza de la investigación a las partes interesadas (Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales y Sustratos de Colombia S.A.).
- De ninguna forma se violarán las políticas de confidencialidad de la empresa Sustratos de Colombia S.A.
- Los resultados de evaluaciones parciales, totales o diagnósticos realizados, no serán modificados ni alterados para conveniencia de las partes interesadas.
- Se informará en cualquier caso, sobre las variaciones metodológicas que se realicen al respecto de ésta investigación a las partes interesadas.
- Al establecer las necesidades de capacidad y requerimiento de maquinaria, se considerará las implicaciones laborales de las personas que actualmente trabajan en la empresa Sustratos de Colombia S.A.
- En todo momento se reconocerá la propiedad intelectual de los autores y entidades consultadas para la realización de este trabajo; citando las referencias de manera pertinente y veraz.
- No se introducirá bajo ninguna circunstancia información ficticia que favorezca o perjudique las partes interesadas en esta investigación.
- No se incurrirá bajo ninguna modalidad en plagio de información de los autores que se referencien en ésta investigación.
- En ningún momento, se perseguirá el beneficio individual en desmedro de la sociedad o el ambiente.
- El investigador principal conservará su autonomía frente a los patrocinadores, para que pueda decidir de una manera ética sobre la metodología, la recolección y análisis de la información y el uso de resultados.

Glosario

- *Abono orgánico*: fertilizante que proviene de animales, humanos, restos vegetales de alimentos u otra fuente orgánica y natural.

- *Pila*: almacenamiento temporal o transitorio de material para el compostaje, que tiene como objetivo la generación de un entorno apropiado para el ecosistema de descomposición.
- *Punto de control crítico (PCC)*: paso en el cual se puede aplicar un control y que es esencial para prevenir o eliminar un peligro relacionado con la idoneidad del producto o reducirlo hasta un nivel aceptable.
- *Compostaje*: proceso de producción de abono orgánico o compost, a través de la descomposición controlada de sustancias orgánicas generalmente provenientes de desechos orgánicos como alimentos, restos de cosechas y desechos animales.



1. REDISEÑO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

En este capítulo se abordarán las decisiones estratégicas más influyentes en la capacidad de un sistema de producción. Se comenzará por definir y estudiar acerca de la administración de la producción y las operaciones, sus enfoques y conceptos básicos; aquí se profundizará en el enfoque como conjunto de decisiones y la importancia para este trabajo. Luego se tratarán los conceptos y justificación de los temas de selección, rediseño del proceso productivo, configuración productiva y disposición en planta, como temas relevantes para el rediseño y desarrollo de este trabajo.

La “administración de la producción y de las operaciones” ó POM¹, ha venido evolucionando constantemente como un área administrativa dentro de las compañías a nivel mundial (Schroeder, 2004). Ésta administración basada en estrategias de producción/operaciones viene tomando fuerza, siendo un mecanismo de generación de valor, de expansión y de aumento en las utilidades para las empresas que deciden adoptar este enfoque. Comúnmente hoy día, las empresas de categoría mundial o WCM² basan su estrategia corporativa en éste tipo de administración bajo enfoque POM (Sarache, 2009).

Para que la administración de la producción sea eficiente se requiere que principalmente la gestión del talento humano sea adecuada y se concentren los esfuerzos de la organización al cumplimiento de los objetivos estratégicos; promoviéndose la asociación de diferentes actores para la integración y potencialización de la cadena de abastecimiento; mejorando la relación con los clientes (CRM)³, aprovechando sistemas lean y desarrollando procesos sustentables.

Hasta hace algún tiempo en el sector industrial, se utilizaba el término “administración de la producción” para relacionar éste término exclusivamente con la manufactura⁴. Luego éste, se convirtió en “administración de la producción y de las operaciones” queriendo incluirse en ésta expresión la industria de servicios. Para Schroeder (2004), hoy en día se utiliza la expresión “administración de operaciones” -de manera más simple-, refiriéndose tanto a la manufactura como a los servicios.

¹ Por sus siglas en inglés (Production and Operations Management)

² Por sus siglas en inglés (World Class Manufacturing)

³ Por sus siglas en inglés (Custom relationship management)

⁴ Transformación de bienes

Múltiples definiciones de administración de la producción y las operaciones han sido propuestas por diferentes autores. Una aproximación a una definición general con los aportes de Gaither & Frazier (2000), Krajewski & Ritzman (2000), Schroeder (2004), Heizer & Render (2007), es la siguiente: *“La administración de operaciones es el estudio de la toma de decisiones en la función de operaciones. Son todas aquellas actividades que crean valor relacionadas con la producción de bienes y servicios mediante la transformación de los recursos productivos (inputs) en productos (outputs)”*.

La POM puede estudiarse desde varios enfoques, el enfoque funcional, sistémico y como un conjunto de decisiones. Desde el enfoque sistémico, una definición general construida con los aportes de Machuca (1995), Castrillón (2009) y Krajewski & Ritzman (2000) es la siguiente: *“la administración de producción y operaciones debe ser comprendida como un sistema complejo y abierto, en el que los distintos subsistemas y elementos están convenientemente interrelacionados y organizados, formando un todo unitario y desarrollando una serie de funciones que pretenden la consecución de objetivos globales de la firma, en el cual existen procesos de transformación, información y decisión”*.

Desde el punto de vista funcional; la producción puede ser vista desde dos perspectivas, la función que cumple una empresa como unidad productiva de bienes/servicios perteneciente a una red compleja de organizaciones (cadena de abastecimiento) para satisfacer las necesidades de un mercado; o bien, como la función que cumple el subsistema de producción/operaciones en la empresa, el cual cumple funciones específicas y requiere interactuar con los demás subsistemas de la empresa, mediante un enfoque de administración de operaciones (POM) eficiente (Con los aportes de Castrillón et al., 2009).

Un tercer enfoque, como un conjunto de decisiones o enfoque jerárquico (el cual es objetivo de estudio para este trabajo debido a su relación con el rediseño de sistemas de producción e implicaciones con la planificación de la capacidad); el cual se caracteriza por un conjunto de decisiones estructurales interrelacionadas, las cuales marcarán la actividad productiva a largo (estratégicas), medio (tácticas) y corto plazo (operativas) (Machuca, 1995). Las decisiones estratégicas establecen los objetivos a largo plazo y estrategias globales; en las decisiones tácticas se realizan los planes para las áreas y subáreas funcionales a mediano plazo y finalmente en las decisiones operativas se ejecuta, controla y gestiona recursos a corto plazo. La gráfica N° 1 muestra de manera esquemática este enfoque.



Gráfica N° 1. Vista esquemática del enfoque jerárquico. Fuente: elaboración propia.

Ya se mencionaron entonces, los diferentes enfoques de estudio de la administración de la producción; se aclaró, que el enfoque a seguir es el jerárquico y que por la naturaleza de las decisiones estratégicas que se requieren para este trabajo es el enfoque idóneo para la realización del estudio. A continuación se estudiarán las decisiones estratégicas y su función en la planificación de la capacidad.

1.1 Decisiones estratégicas

Autores como Chase et al. (2005), Machuca (2001), Gaither & Frazier (2000), Heizer & Render (2007), Hayes & Upton (1998), Krajewski et al. (2008), Miltenburg (2005) Nahmias (2007), Muñoz (2009) y Sarache (2009); muestran la influencia de las decisiones estratégicas de fabricación en la estrategia del negocio -en general-. Se observa que el papel que juegan éstas decisiones orientadas a la manufactura y la capacidad productiva están alineadas con los objetivos estratégicos de la compañía –en empresas que proyectan sus esfuerzos a convertirse en compañías de categoría mundial (WCM)-; allí radica su relevancia en el cumplimiento de los objetivos definidos por la alta dirección. Urgal & García (2007), citan en su trabajo a Hayes (1985), quien realiza un nuevo aporte acerca de los procesos estratégicos; de acuerdo con el autor, los procesos estratégicos comienzan con la identificación de la capacidad⁵ de las empresas y el nivel de inversión para desarrollar su potencial productivo al máximo, a fin de explotar mediante la administración de la capacidad y la tecnología, nuevas oportunidades en mercados emergentes que pudieran presentarse eventualmente. En ésta vía, podemos evidenciar que las decisiones estratégicas en cuanto a *capacidad e infraestructura tecnológica*

⁵ Capacidades, como la habilidad de la empresa en llevar a cabo una operación o actividad específica

son base fundamental para alcanzar nuevos mercados y captar nuevos clientes en mayor medida; lo que resulta en el incremento en las utilidades para el empresario. Para Hayes & Upton (1998): *“Las decisiones de producción y las políticas no son esenciales en sí. Lo esencial está en que la empresa esté consciente de hacer uso de sus capacidades como fuente de potencial estratégico”*.

Cada autor, cita y desarrolla diferentes decisiones estratégicas para rediseñar un sistema de producción; algunas de éstas decisiones se muestran en la Tabla N° 1, -con los aportes de Machuca (1995), Krajewski, et al. (2008), Muñoz (2009) y Heizer & Render (2009)-:

DECISIONES ESTRATÉGICAS	
▪ Selección y rediseño del producto	▪ Distribución en planta
▪ Selección y rediseño del proceso	▪ Tecnología de la producción
▪ Diseño, medición y compensación del trabajo	▪ Gestión del talento humano y rediseño del trabajo
▪ Gestión del abastecimiento	▪ Planeación de la capacidad a largo plazo
▪ Gestión de la calidad	▪ Localización de instalaciones
▪ Alianzas estratégicas e integración vertical	▪ Asignación de recursos

Tabla N° 1. Decisiones estratégicas. Fuente: elaboración propia

De este listado de decisiones estratégicas, el presente trabajo hará énfasis en la planeación de la capacidad (tema central de estudio) y sus generalidades, luego se tratarán los factores de capacidad más comunes, relacionados con la administración de la demanda, recursos humanos, nivel de automatización y políticas de inventarios; finalmente se estudiarán tres (3) decisiones estratégicas principales y su influencia en el rediseño de la capacidad del sistema: localización, selección y rediseño del proceso productivo y el rediseño de la planta; y cómo estas tres decisiones tienen una incidencia directa en la capacidad del sistema de producción.

Con base en los aportes de Machuca (1995), Gaither & Frazier (2000) y Heizer & Render (2009); capacidad se define como la cantidad o volumen máximo de producto/servicio (throughput) que puede ser recibido, obtenido o almacenado en una unidad productiva (bien sea un módulo de producción o una empresa) durante un tiempo específico.

En el nivel estratégico, las decisiones de capacidad a largo plazo requieren de dos (2) factores fundamentales, como lo menciona Miltenburg (1995): *“El compromiso de la dirección y el nivel de capacidad cualitativa⁶ de fabricación”*; la administración debe hacer parte activa del proceso de rediseño y planeación de la capacidad, debido a la inminente inversión de capital que se requiere para desarrollar estrategias enfocadas al aumento de la capacidad productiva como fuente de ventaja competitiva para las empresas.

Es importante aclarar que la decisión para el aumento o disminución de la capacidad no debe ser tomada de forma prematura, ya que cuando una empresa construye una planta de mayor tamaño o amplía una planta ya existente, el resultante aumento de la capacidad instalada que normalmente le permitirá a la empresa reducir el costo unitario de un bien/servicio aplicando el concepto de economías de escala por aumento de la tasa de producción o abastecimiento en grandes volúmenes, también puede presentar deseconomías de escala al aumentar el costo promedio del producto al incrementarse desproporcionalmente el tamaño de las instalaciones (Krajewski, et al., 2008).

Así mismo, cuando se selecciona y rediseña un sistema productivo, es necesario determinar la capacidad, la cual provee los niveles de capital, recursos y mano de obra necesarios; lo anterior para evaluar si es posible cumplir con la demanda pronosticada o se subutilizará/sobrecargará las instalaciones (Heizer & Render, 2009).

Ahora bien, en caso tal que no sea posible incrementar la capacidad productiva, existen diferentes alternativas para adecuar la existente; entre ellas se encuentran: contratar/despedir, programar vacaciones colectivas, horas extras, programar mantenimiento en tiempos ociosos, movilidad del personal, subcontratar, variar el volumen de inventario, reajustar el tamaño de los lotes de pedidos, realizar ajustes a los equipos (comprar o vender maquinaria), optimizar los procesos, rediseñar los productos para facilitar la fabricación, aumentar la flexibilidad para responder a la demanda variante, entre otras alternativas (Heizer & Render, 2009). En este sentido, es necesario e importante vincular las decisiones correspondientes a capacidad con otros elementos, no sólo del subsistema de producción/operaciones sino con otros aspectos como son las prioridades competitivas, administración de la calidad, intensidad de capital, flexibilidad de recursos, políticas de inventario, programación y control de la producción (con los aportes de Krajewski et al., 2008).

⁶ Capacidad cualitativa, como la habilidad de la empresa en llevar a cabo una operación o actividad específica

En la literatura revisada, dos (2) situaciones pueden presentarse al momento de hablar de capacidad productiva, estos casos son: de expansión o de contracción (Machuca et al. (1995), Heizer & Render (2009) y Lin et al. (2002)). Cuando se trata de expansión, la capacidad productiva se ve afectada por múltiples factores; los más comunes se mencionan a modo de síntesis:

- Similitud o diversidad de los productos (estandarización de métodos y materiales)
- Efectos de aprendizaje (curva de aprendizaje)
- Complejidad de la estructura del producto
- Calidad permitida por el proceso
- *La propia capacidad (tipo y cuantía)*
- *Aspectos de localización (disponibilidad de mano de obra, distancia a mercados, espacios disponibles para expansión)*
- *Distribución en planta (layout)*
- Aspectos humanos (polivalencia, motivación, experiencia)
- Aspectos operativos (programación de operaciones, políticas de mantenimiento, gestión de materiales)
- Causas externas (influencia sindical, estándares de producción, seguridad)
- Limitaciones del entorno
- Políticas de la empresa
- Plazo para llevar a cabo las operaciones

A continuación, se mencionarán 4 factores de capacidad relevantes para este trabajo: demanda, recursos humanos, nivel de automatización y políticas de inventarios.

1.1.1 Demanda

El autor Heizer & Render (2009) plantea tres (3) problemas clásicos referentes a la capacidad productiva con relación a la demanda, este trabajo se centra en el primero de estos:

1. Cuando la demanda excede la capacidad;
2. Cuando la capacidad excede la demanda y
3. Cuando la demanda es estacional.

La empresa puede controlar la demanda cuando excede la capacidad de diferentes maneras; elevando los precios de venta (Machuca, 2001), programando tiempos de entrega más largos, desacelerando la captación de nuevos mercados, entre otras. La implicación que tiene la demanda particularmente en este trabajo radica en que la empresa, puede generar alternativas basadas en estos aspectos para estabilizar en cierta medida la demanda, debido a la falta de capacidad en el sistema de producción. Sin embargo, estos mecanismos pueden tener efectos negativos a mediano y largo plazo. Por consiguiente, el incremento de la capacidad es una solución efectiva y viable a largo plazo, no obstante; esta decisión trae consigo una inversión de capital considerable y debe ser evaluada con detenimiento.

1.1.2 Recurso humano

“El objetivo de una estrategia de recursos humanos es gestionar la mano de obra y diseñar los trabajos, de forma que se utilice eficaz y eficientemente a las personas” (Heizer & Render, 2007).

La administración del talento humano o gestión del talento humano como actualmente se conoce, es pieza clave del engranaje para cualquier modelo de administración, no importa su estructura jerárquica, administrativa u operativa. Globalización, competitividad, avances tecnológicos, integración empresarial, entre otros factores del ambiente empresarial actual, han permitido una nueva generación de personas altamente capacitadas, con altos estándares en su formación académica y profesional.

Una buena estrategia de recursos humanos, generalmente toma una cantidad de tiempo considerable y es difícil de mantener. Sin embargo, esto significa que ventajas competitivas en este aspecto resultan generalmente en buenos términos; y lo mejor, es difícil de copiar por otras empresas (Heizer & Render, 2007).

Diferentes autores como Co et al (1998) y Zhou & Chuah (2000) conciben en que gran parte del éxito en la implementación de un cambio tecnológico o infraestructura tecnológica, procesos de expansión o crecimiento corporativo, rediseño de sistemas productivos y sus configuraciones posibles; está en la gestión adecuada del conocimiento y la transferencia de

éste en el personal que participe en los proyectos; personal ejecutivo, administrativo y operativo deben estar al tanto.

Tal como lo proponen L. Hill & Jones (2005); la productividad de los empleados es un determinante clave de la eficiencia, la capacidad productiva de los sistemas de producción (cuyo factor de capacidad es orientado a la mano de obra), la estructura de costos y de la rentabilidad general de la empresa. Un empleado puede lograr que desde su cargo en la empresa se puedan incrementar los ingresos por ventas con la misma cantidad de inversión o recursos que otros empleados, en las mismas condiciones. Para este proyecto, la productividad de los empleados como factor de capacidad es notable, debido a las características, actividades logísticas y de transformación relacionadas con el sistema de producción de compostaje específicamente; en el cual el recurso humano potencia o limita el cumplimiento de los tiempos establecidos, calidad y operaciones del proceso de manera adecuada.

Existen también aspectos culturales, que dependen de la región geográfica en la que se encuentre la industria o sector económico; así lo demuestra una investigación de Sun (2001), en la cual se encontró que el nivel de integración y de desarrollo empresarial basado en la gestión del talento humano, depende de la región geográfica; más específicamente, varía en cada país.

1.1.3 Nivel de automatización

Una definición propuesta por Gaither & Frazier (2000) para nivel de automatización, *“es la integración, con fines estratégicos, de un amplio abanico de información avanzada y de descubrimientos de ingeniería de punta en los procesos de producción.”*

Si bien, no todas las configuraciones productivas presentan niveles altos de automatización algunos sistemas productivos en línea y los sistemas de flujo continuo, se caracterizan por contar con maquinaria específica para sus productos, los cuales presentan también buenos atributos de calidad (productos estandarizados), procesos eficientes, alta capacidad productiva, entre otras características.

El grado de automatización de procesos provee volúmenes de producto considerables, bienes estandarizados y por consiguiente, productos con atributos de calidad relativamente buenos;

brinda la posibilidad de economías de escala, aumento en la tasa y capacidad de producción, entre otras condiciones para el proceso productivo. Por consiguiente, el nivel de automatización también repercute directamente en los costos básicos de producción como lo confirma Vilaboa (2004) en una investigación realizada en plantas industriales en Chile. Para este trabajo, el aumento en el nivel de automatización permitirá a la empresa obtener un producto mas homogéneo, en menor tiempo y en mayor cantidad; lo anterior es posible lograrse inicialmente con la adquisición de maquinaria específica para el proceso de producción de compostaje.

A nivel estratégico, el grado de automatización apoya y soporta según el caso, el nivel de competencia de la empresa y debe considerarse como estrategia de fabricación, constituyéndose principalmente con el empleo de la ingeniería de factores humanos (Safsten et al., 2007). En consecuencia, debe estar asociada a una planificación a largo plazo, en la cual se analicen y encuentren niveles adecuados de automatización con el fin de lograr sistemas productivos más eficientes, capaces, económicos y robustos (Lindstrom & Winroth, 2010). Del mismo modo, estudios realizados por Wong & Ngin (1997), han demostrado que el impacto que tiene la automatización en la capacidad de producción y en el desempeño organizacional en indicadores como el rendimiento operativo, eficacia de la gestión de la mano de obra, bienestar de los trabajadores y su remuneración, ha sido considerablemente positivo. Sin embargo, se sigue suscitando controversia en el desplazamiento de la mano de obra en el nivel administrativo. Según Fox (2001), para que el nivel de automatización sea completo y eficiente debe estar soportado e integrado con sistemas y herramientas informáticas para su correcto uso, funcionamiento y evolución.

1.1.4 Políticas de inventario

El establecimiento de políticas de inventario tiene como objetivo incrementar al máximo el rendimiento sobre la inversión y satisfacer la demanda del mercado. Para la determinación de políticas eficientes de inventarios, deben declararse criterios independientes para cada elemento en particular que haga parte del inventario de activos de la empresa, como las materias primas, insumos, producto en proceso y producto terminado, entre otros elementos; lo anterior, debido a las características propias de cada uno de ellos: administración, métodos de compras, condiciones de almacenamiento, entre otros factores.

Realizando un barrido de la literatura (Machuca (1995), Ballou (2004), Gaither & Frazier (2000), Krajewski (2008), Heizer & Render (2009), Nahmias (2007) y Muñoz (2009)), se ha encontrado que las principales y más comunes políticas de inventario enfocada a la capacidad son las siguientes:

-Reducir al máximo la inversión de inventarios sin afectar la demanda del mercado (ventas) y al proceso productivo.

-La política debe tener la flexibilidad de cambio que requiera la demanda del mercado.

-Obtener el máximo financiamiento (sin costo) a través de proveedores, para la adquisición de inventarios.

-Fijar el nivel aceptable de surtido de productos en los pedidos de los clientes.

Cuando la demanda excede la capacidad de producción, es necesario elevar el nivel de inventarios para cumplir satisfactoriamente con ésta, pero cuidando no tener exceso de inventarios “estáticos”, lo cual sería paralizar un capital que tiene un costo de oportunidad elevado. Por consiguiente, se debe determinar el nivel apropiado de los inventarios sin desviar recursos ni afectar en forma importante el servicio de los clientes. Sin embargo, cuando se tiene únicamente un producto para comercializar el nivel aceptable de faltantes deberá ser siempre cero, siempre debe contarse con existencias de producto terminado. En los productos de alto consumo (clasificación A) deben vigilarse las existencias y pronósticos de venta en forma permanente, para que siempre haya inventario de producto. La disposición de inventarios para la empresa objeto de estudio, es prioritaria para la aumentar la capacidad de respuesta del sistema de fabricación frente la demanda actual. Los inventarios permiten atender oportunamente la demanda y no incurrir en faltantes de producto.

Se han descrito 4 factores que determinan en gran medida la capacidad de un sistema de producción y se ha contextualizado su importancia para este trabajo, siendo la demanda el factor que origina la problemática principal del presente estudio.

A continuación se analizarán 3 decisiones estratégicas que son determinantes en la planificación de la capacidad del sistema que se quiere diseñar: la localización de la instalación, el rediseño del proceso productivo y la disposición en planta. La implicación de éstas decisiones surge a raíz de la necesidad de encontrar una nueva ubicación para la empresa que permita aumentar su capacidad instalada, diseñar un proceso que permita aumentar el volumen de producción y una disposición de planta eficiente que permita optimizar el proceso. Estas

decisiones interactúan con los factores anteriormente estudiados debido a que también son decisiones estratégicas e influyen en la determinación y capacidad de producción.

1.2 Localización de instalaciones

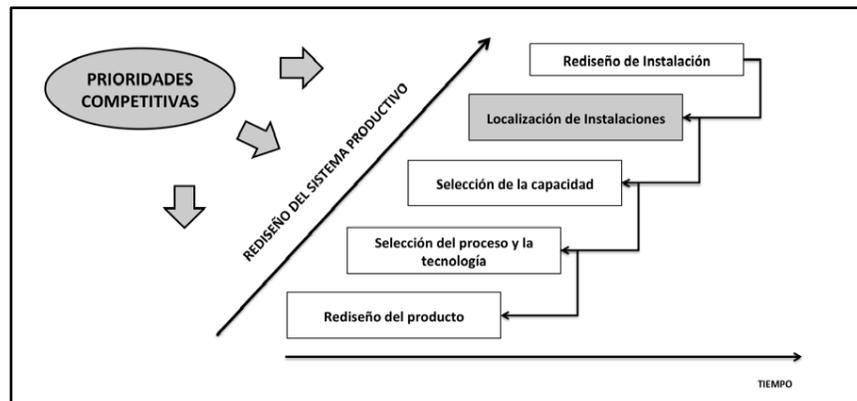
“El objetivo primordial de la localización de instalaciones es maximizar los beneficios de la ubicación para la compañía” (Heizer & Render, 2009); este beneficio es en la mayoría de los casos, financiero; ya que ésta decisión afecta principalmente los costos fijos y variables de la empresa. A través de la revisión bibliográfica, se encontró que los costos asociados al transporte de materia prima, insumos y distribución de producto terminado, puede constituir hasta un 25% del precio de venta del producto. En síntesis, la estrategia usual de localización se enfoca como una función para la minimización de costos en general (Heizer & Render, 2009).

Las decisiones de localización son poco frecuentes y dependen de diversos factores como el tipo de empresa, el tipo de instalaciones, entre otros. Las compañías no frecuentan tomar decisiones relacionadas con la localización de instalaciones; éstas se toman básicamente en dos situaciones: cuando la demanda supera la capacidad de producción (que es el caso específico de este trabajo) o cuando existen cambios en la productividad laboral (Heizer & Render, 2009). El principal factor que se analiza en este trabajo es el de un mercado en expansión que presenta una demanda que se ha incrementado hasta tal punto que es necesario tomar este tipo de decisiones o al menos reexaminar la localización de las mismas (Machuca, 1995); la cual requerirá una capacidad mayor que la actual.

La localización de instalaciones es un tema amplio (Heizer & Render, 2009) el cual hace parte del conjunto de decisiones de tipo estratégico que está relacionado específicamente con la *capacidad*; en el cual se debe tener presente diferentes factores a considerar tanto cualitativos como cuantitativos según sea el caso. Es una decisión estratégica a largo plazo la cual debe responder a la prioridad competitiva que persigue la organización (Cardona et al, 2007).

Si bien, la ubicación de instalaciones es un factor determinante para la estrategia competitiva de la empresa, no debe abordarse de forma aislada; los autores Cardona et al., (2007), indican en su trabajo que *“la localización forma parte de un subsistema integrado llamado decisiones*

de rediseño del sistema productivo”. La localización de instalaciones obedece a una serie de requerimientos ilustrados en la gráfica N° 2:



Gráfica N° 2. Localización de instalaciones en el rediseño del sistema productivo. Fuente: Cardona et al., (2009) a partir de los aportes de Machuca et. Al. (1995).

La ubicación de una nueva instalación implica una inversión considerable, por lo que no debe tomarse a la ligera. La selección del problema de localización es fundamental para tomar la decisión adecuada con respecto a la capacidad del sistema. Muñoz (2009), plantea tres tipos de problema de localización: servicios con demanda abierta, servicios con demanda ubicada y plantas y centro de distribución. Este trabajo se centrará en éste último debido a los objetivos del mismo. La determinación del problema de localización brindará más claridad al momento de definir la función de la empresa en la cadena de abastecimiento y sus elementos logísticos; la ubicación de instalaciones fijas a lo largo de la red de la cadena de suministro es un importante problema de decisión que da forma, estructura y configuración al sistema completo de la cadena de suministro. Esta red incluye puntos nodales como plantas, centros de servicio, ventas al menudeo, almacenes, proveedores, clientes, entre otros (Ballou, 2004).

Aunque el número y complejidad de las etapas para desarrollar un estudio de localización depende de cada autor y los requerimientos del estudio propiamente, existen diferentes métodos aplicables a las decisiones de localización, desde técnicas más cualitativas (subjetivas) hasta modelos matemáticos y de costos avanzados. Para ejemplificar, Machuca (1995) propone un procedimiento general aplicable, el cual puede dividirse en cuatro etapas básicas: un análisis preliminar, el cual busca seleccionar los factores estratégicos más importantes para realizar el estudio; búsqueda de alternativas de localización, donde se selecciona un conjunto de localizaciones en un marco geográfico; y finalmente la evaluación de

alternativas (análisis detallado) y la selección de la localización. En esta misma vía, existen los modelos más específicos: como el método de los centros de gravedad, comparación de costos, punto muerto, mediana simple, métodos sinérgicos, de cobertura, entre otros; los cuales se categorizan según el autor: el problema de localización, su horizonte y las estrategias de manufactura, mencionando los más relevantes. Es importante mencionar que la inserción objetiva de los factores asociados a la localización reducirán la incertidumbre de la evaluación, “*aunque se trate de un problema interno de la compañía*” (Cardona et al., 2009). Aquí radica la importancia de analizar detalladamente los *factores relacionados* con la empresa y su entorno.

En el uso de métodos heurísticos, se establecen reglas o procedimientos que facilitan al analista encontrar una solución satisfactoria al problema en cuestión. Su ventaja radica en la representación más realista del problema (Cardona et al., 2009), lo cual proporciona la obtención de soluciones más precisas y en menor tiempo; a diferencia de otros métodos como los de simulación u optimización, los cuales permiten hallar una solución más teórica al problema de localización.

Un método que cumple con ésta condición, es el método de factores ponderados, también llamado lista de verificación ponderada, por Ballou (2004), es una técnica en la que se presentan diferentes factores que son relevantes al momento de calificar o evaluar una alternativa de localización para una planta. Este método consiste en asignar pesos (ponderaciones) a un listado de factores relevantes para la nueva instalación (Sarache et al., 2009). Esta asignación parte de un criterio específico, que como lo menciona Cardona, et al., (2007), generalmente es un criterio personal del evaluador o de un conjunto de criterios generado a través de la consulta a un grupo de expertos. Es una alternativa de evaluación relativamente sencilla, rápido y flexible; usada comunmente debido a que en este método se incluyen tanto factores cualitativos como cuantitativos; así mismo, éste método incorpora objetividad en el proceso de identificación de costos de difícil evaluación, además brinda la posibilidad de evaluar situaciones futuras (posible expansión de la instalación en términos de capacidad productiva) y coherencia con las necesidades de la empresa, principalmente. Tomando como referencia los aportes hechos por los autores Cardona (2009) y Ballou (2004), un procedimiento general del método aplicable para el presente trabajo es el siguiente:

Paso N° 1. Definir los factores y los evaluadores⁷: se elabora un listado de factores relevantes para el estudio, la empresa, su entorno y se seleccionan los más representativos; se eligen los evaluadores, los cuales deben tener experiencia en el tema de estudio.

Paso N° 2. Definir una escala para los factores y sus respectivos pesos (ponderación): para definir la escala, se define una puntuación máxima para cada factor y posteriormente se le asigna un porcentaje (peso), teniendo en cuenta que el porcentaje no debe ser mayor a 100%.

Paso N° 3. Puntuar cada alternativa (según la escala del punto 2): se evalúa cada factor de la alternativa utilizando la escala de calificación definida en el punto N° 2. Se repite la calificación por cada una de las alternativas de localización.

Paso N° 4. Realizar los cálculos correspondientes a la puntuación y a su peso: se realiza el cálculo en cada factor, del peso asignado por su calificación respectiva.

Paso N° 5. Evaluar cada alternativa: Se suman los valores del cálculo anterior para cada factor y se obtienen los puntajes totales para cada alternativa.

Paso N° 6. Seleccionar la alternativa con mayor puntuación y realizar las recomendaciones pertinentes: la alternativa se seleccionará de acuerdo con el puntaje obtenido que más se acerque a la calificación máxima del punto N° 5.

Por otro lado, se debe tener especial cuidado con el peso asignado a los factores, el cual dependerá exclusivamente de las preferencias del investigador; el grupo de evaluadores debe conocer específicamente el tema, se debe abordar la selección de los factores con mucha prudencia y finalmente, -aunque es un método cuantitativo- se debe tener cuidado con la subjetividad de la asignación de los pesos (Heizer & Render, 2007).

1.2.1 Factores de localización

En cualquier caso que se desee evaluar una alternativa de localización es necesario identificar y analizar posibles factores que sea influyentes para tomar la decisión. Estos factores dependerán de las estrategias competitivas, prioridades, objetivos, además de los riesgos y

⁷ Debido a políticas de confidencialidad de la empresa, se solicitó al investigador principal que los evaluadores pertenecieran exclusivamente a la empresa Sustratos de Colombia S.A. y no se atendiera los criterios de expertos que no pertenecieran a la empresa. A raíz de esto, no se realizarán pruebas de concordancia para los evaluadores incluidos en el estudio.

limitaciones que presente el entorno y la empresas misma. Es por esto que la selección y evaluación sensata y fiable de los factores de localización, resulta dominante en la selección de la ubicación de la instalación.

Para realizar una evaluación coherente de los factores, es necesario recurrir a un equipo interdisciplinario de evaluadores, que establezcan el conjunto de factores relevantes en la decisión; debido a la misma naturaleza de los factores que se pueden encontrar, factores cualitativos por ejemplo el clima laboral, normatividad, factores religiosos; y factores cuantitativos como costos, impuestos, servicios públicos, fletes, entre otros.

Una recopilación de factores críticos que puedan afectar las decisiones de localización para el rediseño del sistema se enumeran a continuación en la Tabla N° 2 con los aporte de los autores Heizer & Render (2009), Muñoz (2009), Krajewski et al. (2008), Cardona et al. (2009) y Ballou (2004) son los siguientes:

FACTORES DE LOCALIZACIÓN		
▪ Proximidad a los mercados	▪ Accesibilidad	▪ Comunicaciones
▪ Cercanía a centro de investigación	▪ Actitud de la comunidad	▪ Factores climáticos
▪ Posibilidad de expansión	▪ Aspectos políticos, culturales y económicos	▪ Costo de tasa de cambio
▪ Calidad de vida	▪ Costo de desplazamiento del personal y materiales	▪ Costos de entrega
▪ Clima laboral	▪ Costos de construcción	▪ Zonas francas
▪ Proximidad a las instalaciones de la empresa matriz	▪ Disponibilidad de mano de obra	▪ Costo de terrenos
▪ Costos de servicios públicos e impuestos	▪ Normatividad	▪ Regulaciones ambientales
▪ Proximidad a proveedores y recursos	▪ Servicios de transporte	▪ Sistemas de transporte de carga

Tabla N° 2. Factores de localización. Fuente: elaboración propia.

De los factores incluidos en la Tabla N° 2, la proximidad a proveedores y recursos es relevante para el presente trabajo pues gran parte de los recursos y materias primas que se requieren para el proceso, es posible obtenerlos solamente si se encuentran cerca de la planta para que el proceso sea rentable; lo anterior es llevado a cabo en mayor medida mediante la conformación de alianzas estratégicas con los proveedores y distribuidores.

La localización de una planta, tiene un efecto marcado en la gestión de materias primas, insumos, disponibilidad de mano de obra, posibilidad de expansión y en general con todo lo relacionado con el abastecimiento de recursos y la distribución de producto terminado -y sus costos-. Las alianzas estratégicas pueden proveer al sistema los medios requeridos para el abastecimiento y adquisición de los recursos necesarios de manera más eficiente y en menor tiempo. Este es un tema importante para este trabajo, debido a los beneficios que trae a la empresa la integración con proveedores específicamente de materia prima, especialmente cuando la materia prima tiene un costo significativo para el producto terminado; además que abarca otros elementos como el costo de entrega, costo de terrenos, entre otros. En síntesis afecta directamente y en gran medida los costos del producto terminado.

Las alianzas son un tema estratégico relacionado con la capacidad del sistema de producción debido al impacto que tienen estas decisiones en el abastecimiento, disponibilidad y sobre todo, los costos de materia prima e insumos. Estas decisiones están relacionadas con la ubicación de la instalación, debido a diferentes factores; teniendo como principal, el costo de los fletes que los proveedores asumen para enviar la materia prima a la planta de producción. Estas alianzas deben enfocarse para que exista una ganancia para ambas partes y se puedan alcanzar beneficios tanto económicos como organizacionales.

Como lo ilustra Robinson (2007), las alianzas se están convirtiendo en una forma de expansión en el ámbito corporativo. Actualmente, las empresas buscan alianzas estratégicas cuando requieren hacer grandes inversiones de capital, aumentar su capacidad productiva, mejorar su infraestructura tecnológica, optimizar su cadena de abastecimiento, lograr economías de escala, proveer flexibilidad al sistema de producción y disminuir requerimientos de capital, implementar sistemas de información, adquirir conocimiento, entre otros aspectos. Las tendencias en cooperación son cada vez más frecuentes y necesarias, siendo vistas como opción primaria para el crecimiento empresarial.

Las compañías establecen alianzas para facilitar su entrada en nuevos mercados, iniciar el desarrollo de nuevos productos, compartir riesgos, expandir su cobertura y capacidad productiva (Das & Kumar, 2010). Esta integración es una respuesta natural de la alta gerencia buscando crecimiento, obtener economías de escala o alcanzar una mayor control en la cadena de abastecimiento.

1.3 Selección y rediseño del proceso productivo

La selección y el rediseño del proceso, es una de las decisiones que mayor impacto tiene en la naturaleza del sistema productivo y en su capacidad, pues a él se asocian variables como el nivel de automatización, configuración productiva, la fluidez de los materiales, la polivalencia requerida de los trabajadores, entre otros factores importantes para determinar la capacidad del sistema. En ésta sección, se estudiará la relación e implicaciones en la planificación de la capacidad del sistema de producción y su importancia para determinar la configuración productiva requerida para el proceso, debido a que la configuración que se seleccione será acorde con las pautas delimitadas por el proceso.

1.3.1 Selección del proceso

La selección del proceso es una decisión estratégica, la cual determina la configuración de equipos, instalaciones y plantilla, lo cual condiciona las opciones estratégicas futuras. Se define selección de proceso, como la determinación de un conjunto de actividades interrelacionadas que la función de operaciones deberá desarrollar; el cual tiene repercusiones sobre la planificación y rediseño del proceso productivo.

Según Machuca (1995), la selección del proceso ejerce un efecto a largo plazo sobre la eficiencia, costos y calidad de los artículos fabricados. Esto conduce a que, a pesar de que una selección eficaz suele involucrar un gran esfuerzo de tiempo y capacidad analítica, los beneficios derivados de su desarrollo, previo al inicio de la actividad productiva, son muy superiores a los que se alcanzaría si, una vez comenzada la producción, se intentase rediseñar el proceso con la finalidad de remediar los errores ya existente.

Muchas veces un mismo producto puede obtenerse utilizando más de un proceso productivo. Si así fuese, deberá analizarse cada una de estas alternativas y determinarse la intensidad con que se utilizan los factores productivos; esto definirá en gran medida, el grado de automatización del proceso. Aquellas formas de producción intensivas en capital requerirán una mayor inversión, pero menores costos de operación por concepto de mano de obra, además de otras repercusiones, positivas o negativas, sobre otros costos e ingresos. La alternativa tecnológica que se seleccione afectará en forma directa a la rentabilidad del proceso; por ello,

deberá elegirse aquella que optimice los resultados. La selección de cada una de estos procesos es estratégica para la empresa, pues unas elevan los costos, otras pueden mejorar la calidad, otras mejoran el servicio rápido al cliente y otras nos permiten atender cambios rápidos de la demanda de los productos.

Una herramienta que puede utilizarse para la selección de un proceso productivo y que es comúnmente utilizada no sólo en el ámbito industrial sino en muchos otros, la cual está vigente por su practicidad y versatilidad, es el benchmarking. El benchmarking es una técnica de gestión empresarial que pretende descubrir y definir los aspectos que hacen que una empresa sea más rentable que otra, para después adaptar el conocimiento adquirido a las características de nuestra propia compañía. Esta herramienta es una de las más usadas en el mundo empresarial actual, consiste en tomar información de empresas exitosas en una actividad económica similar a la propia.

Actualmente el benchmarking se considera una herramienta superior a otras técnicas de planificación estratégica; con éste, se busca focalizar la información que permita tener oportunidades reales de negocio. Esta técnica ha sido implementada desde finales de los 70's por empresas japonesas que querían aprender de sus competidores. Ha sido criticada por su similitud con prácticas fuera de la legalidad como lo es el espionaje industrial pero no debe confundirse ya que por el contrario es una técnica aplicable.

Las técnicas de Benchmarking se pueden clasificar en 4 tipos:

Benchmarking interno: consiste en realizar un análisis de cadena de valor de la empresa propia, que aportara los primeros datos sobre los aspectos que mejor y peor funcionan. Un factor que puede dificultar este proceso es la actitud del personal frente a las entrevistas que son necesarias para la recolección de información debido a que por temor a ser despedidos dan la información que creen quieren escuchar y no la real y objetiva.

Benchmarking primario: A este nivel se recaba información proveniente de los competidores directos, un método es consultar a ex empleados de las otras empresas además de los clientes y proveedores que se tengan en común.

Benchmarking Cooperativo: Se realiza un intercambio de información con las empresas competidoras, es muy fácil aplicarlo en el ámbito internacional pues se percibe como una competencia más lejana y menos peligrosa que la nacional.

Benchmarking secundario: La información obtenida es de dominio público, puede ser de la actividad, las empresas competidoras, los mercados, los clientes, proveedores, entre otros. El objetivo es descubrir cuál es el valor agregado de otras empresas.

Para la selección de un proceso productivo que sea comúnmente conocido, normalmente estandarizado y con muy pocas variaciones; se utiliza éste último tipo de benchmarking.

Para continuar con el rediseño del sistema; establecidos los aspectos relevantes en la selección del proceso productivo, se procede a rediseñar el proceso productivo de manera detallada.

1.3.2 Diseño del proceso

Las decisiones sobre el rediseño del proceso se abordan principalmente en las siguientes situaciones (Machuca, 1995):

- Se pretende ofrecer un bien o servicio nuevo o substancialmente modificado
- Cambian las prioridades competitivas
- El rendimiento actual del sistema es inadecuado
- Cambia el costo o la disponibilidad de los inputs, ó
- *Cambia el volumen de la demanda de un bien o servicio*

Particularmente, este trabajo se encuentra relacionado con el rediseño del sistema debido a que la capacidad productiva del sistema es insuficiente frente al aumento del volumen de la demanda de un producto terminado.

“El rediseño del proceso especifica como se desarrollarán las actividades que la función de operaciones deberá cumplir, guiando la elección y selección de las tecnologías de la organización y dictando el momento y las cantidades de recursos productivos a adquirir, así

como la disponibilidad de éstos. Consiste en la selección de lo inputs, operaciones, flujos de trabajo y métodos para la producción de bienes y servicios” (Machuca, 1995).

Diferentes herramientas son utilizadas para diseñar o rediseñar procesos, algunas de ellas son los diagramas de flujo, mapas de flujo de valor, gráficos de proceso, diagramas de servicio, mapas en función de tiempos, entre otras. El gráfico de proceso o diagrama analítico de proceso es una herramienta que utiliza símbolos, tiempo y mediciones para proporcionar de forma objetiva y estructurada un análisis y registro de las actividades que constituyen un proceso; el cual permite centrarnos en las actividades que añaden valor (con los aportes de Heizer & Render, 2009).

Algunos de los factores condicionantes más comunes para el rediseño de procesos son: intensidad de capital, flexibilidad, integración vertical, participación del cliente en el proceso, naturaleza de la demanda, nivel de calidad del bien o servicio, el efecto aprendizaje, la planificación y evaluación financiera, entre otros (Machuca, 1995).

1.3.3 Evaluación del proceso diseñado

Ya se mencionó anteriormente los aspectos relacionados con la selección y el rediseño del proceso, su concepto y justificación para este estudio. A continuación se tomará en consideración una herramienta de evaluación de riesgos para el proceso rediseñado, esto permitirá evaluar las etapas y condiciones del proceso para prevenir cualquier riesgo que pueda presentarse y tomar las acciones correspondientes.

Como herramienta de evaluación del proceso productivo rediseñado, se ha seleccionado un mecanismo de identificación de riesgos para el producto en proceso y terminado, -como instrumento innovador en este trabajo- comúnmente utilizado en industrias de alimentos denominado análisis de peligros y puntos de control críticos (APPCC); inicialmente concebido de la técnica de *Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE)*.

El análisis de peligros y puntos de control críticos (HACCP⁸) es un sistema de carácter preventivo para garantizar la disminución hasta un nivel tolerable o la eliminación de posibles

⁸ Comúnmente conocido por sus siglas en inglés: Hazard Analysis Critical Control Point. Este sistema se utiliza comúnmente y de manera generalizada en las industrias de alimentos

peligros que atenten contra las características idóneas de un producto en un proceso de forma lógica y objetiva.

Su utilidad reside en el estudio de causas y los efectos que producen. En él se identifican, evalúan y previenen todos los riesgos de alteración de los productos generalmente a nivel físico, químico y biológico a lo largo de todos su proceso productivo, estableciendo medidas preventivas y correctivas para su control.

El procedimiento general establecido para llevar a cabo el análisis de riesgos es el siguiente:

1. *Realizar un análisis de peligros:* Se clasifican los riesgos biológicos, físicos y/o químicos que puedan darse lugar en el proceso.
2. *Determinar los puntos de control críticos (PCC):* Se define en que etapas del proceso existen los riesgos más significativos y se les asigna una numeración consecutiva.
3. *Establecer los límites de control críticos:* Se determinan los límites de control críticos (máximos y mínimos) para el monitoreo y control de los PCC.
4. *Establecer procedimientos de monitoreo:* determinar cuales serán los mecanismos de vigilancia para los PCC.
5. *Establecer acciones correctivas:* en caso de presentarse una desviación de los límites de control críticos, se disponen acciones para corregir de manera inmediata la desviación.
6. *Establecer procedimientos de verificación:* se determina cómo se desarrollará la auditoría al sistema de producción, específicamente los PCC.
7. *Establecer los registros y los procedimientos de documentación:* los cuales define la empresa de acuerdo a sus políticas de gestión documental.

Cuando se ha seleccionado y rediseñado el proceso productivo, es importante evaluar los posibles riesgos que puedan presentarse en alguna de sus etapas, para evitar desviaciones en las características de los productos; como se mencionó anteriormente. El procedimiento general a seguir, comienza con la consideración conjunta de todas las posibles formas de organización, para proceder, posteriormente, a seleccionar la mejor estrategia a seguir en la obtención de objetivos deseados (Machuca 1995). Mediante la estrategia de proceso (ó configuración productiva) la empresa decide cómo efectuar la transformación de sus recursos productivos que dé lugar a las condiciones y especificaciones demandadas por los clientes, dentro de los límites establecidos por las restricciones financieras y directivas.

1.3.4 Determinación de la configuración productiva

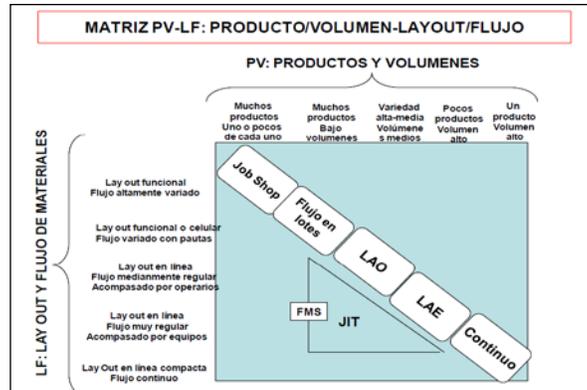
Las decisiones clave sobre los procesos de transformación están relacionadas con la organización de flujos de trabajo, la selección de la combinación producto-proceso más adecuada, la adaptación estratégica del proceso y la evaluación de la automatización y de los procesos de alta tecnología.

Existen diferencias entre el nombre que recibe, Heizer & Render (2009) lo denomina como estrategias de proceso, Miltenburg (2005) lo llama tipos de proceso o configuraciones productivas y Machuca (1995) lo identifica como sistemas de producción.

Es importante aclarar que, ninguno de los nombres es errático, simplemente varía de acuerdo con cada autor. Sin embargo, existe coherencia en que existen cinco (5) configuraciones productivas básicas (talleres de trabajos *-Job Shop-*, flujo en lotes *-Flow Shop-*, flujo en línea acompañado por operarios *-LAO-*, flujo en línea acompañado por equipos *-LAE-*, flujo continuo).

También existen dos (2) configuraciones que se han identificado según Miltenburg (2005): Los sistemas de fabricación flexible (FMS) y los sistemas justo a tiempo (JIT). Finalmente, existen los sistemas o configuraciones híbridas, como su nombre lo indica, es necesario mantener ciertas dosis de flexibilidad y eficiencia para cumplir con las exigencias del mercado (Castrillón et al., 2009). Cada autor clasifica diferente éstas categorías; el común de ellos lo hacen agrupando las características similares de los productos con los siguientes enfoques: por proceso, por producto, repetitivo y personalización masiva.

Para ilustrar las diferencias entre cada una de las configuraciones, se muestra a continuación la matriz producto-proceso propuesta inicialmente por Robert Hayes y Steven Wheelwright en 1979 y modificada a matriz PV-LF (productos y volúmenes/"layout" y flujo de materiales) por Miltenburg (2005). La matriz se muestra a continuación en la gráfica N° 3:



Gráfica N° 3. Matriz PV-LF. Fuente: traducida de Miltenburg (2005)

La configuración utilizada por la organización debe ser aquella que sea más capaz de proveer los outputs de fabricación requeridos por sus clientes. Hay similitudes y diferencias entre los sistemas de producción usados en diferentes empresas. Dos factores determinan la amplitud de las similitudes y diferencias, el tipo de producto y los outputs previstos.

Cada empresa define y estructura su configuración productiva dependiendo de su demanda, capacidad, tipo de producto, disponibilidad de recursos, mercado objetivos, entre otros factores. Su buena selección ubica en ventaja o desventaja a la empresa frente a su competidor teniendo como punto base el cliente final; para ilustrar lo anterior, si se selecciona adecuadamente la configuración óptima para un producto/servicio en particular, los costos relacionados con la entrega (costo-oportunidad), operación básica, mano de obra, instalaciones, entre otros; aumentarán considerablemente en comparación con la selección del tipo de proceso adecuado, debido a la falta de congruencia con las necesidades del cliente final.

Si bien, algunos procesos puedan parecer similares en sus configuraciones productivas; para su selección, basta con realizar una evaluación de los atributos más importantes y significativos en cada una de las configuraciones para seleccionar la configuración que más se adecúe al proceso como: variedad de productos, cantidad de productos (volumen), flujo del proceso, layout, equipos, costos fijos, costos variables y mano de obra directa. Cabe resaltar, que también existen procesos que constan de configuraciones híbridas, pero no corresponden al tipo de proceso que se estudia en este trabajo. Así mismo, se observa que el compostaje es un proceso enfocado al producto. Estos procesos enfocados al producto son diseñados para

producir gran cantidad de una poca variedad de productos. Las instalaciones se organizan en torno al producto (Heizer & Render, 2009).

1.4 Disposición en planta

La tercera decisión estratégica que se quiere estudiar es la disposición en planta, debido a que ésta es clave para determinar la eficiencia y la capacidad a largo plazo de las operaciones. Existen muchas ventajas competitivas que derivan de un adecuado rediseño de planta; sin embargo, es necesario establecer una configuración productiva, para describir mejor las metas que pueden plantearse y las ventajas en calidad, productividad y utilización de recursos que se obtienen de un adecuado rediseño y disposición de planta (Muñoz, 2009).

El “layout” de las operaciones tiene numerosas implicaciones estratégicas, porque establece prioridades competitivas de una empresa desde el punto de vista de la capacidad, procesos, flexibilidad y costos; así como también respecto a la calidad de vida en el trabajo, contacto con el cliente y de la imagen (Heizer & Render, 2009). La disposición en planta puede aplicarse en todos aquellos casos en los que sea necesaria la disposición de unos medios físicos en un espacio determinado, ya que esté prefijado o no, extendiéndose su utilidad tanto a procesos industriales como de servicios y tiene como principal objetivo desarrollar un layout económico que satisfaga los requisitos competitivos de la empresa.

La distribución de plantas se define -con los aportes de Machuca (1995)-, *“como el proceso de determinación de la mejor ordenación de los factores disponibles, de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible”*. La frecuencia de redistribución dependerá de las exigencias del propio proceso en este sentido.

Algunos elementos que justifican su elección son la tecnología y los procesos (que pueden generar un cambio en los recorridos de materiales y hombres, así como en la disposición relativa de equipos e instalaciones), en el producto (que puede hacer necesarias modificaciones similares a las requeridas por un cambio de tecnología) o el volumen de producción. Este trabajo justifica la inclusión de ésta decisión desde éste último elemento.

La distribución en planta es un tema que se conoce tiene un impacto significativo en los costos de fabricación, la capacidad de fabricación, los productos, los plazos y la productividad. Los autores Drira et al., (2007), citan a Tompkins et al. (2006), quien señala que una buena distribución en planta contribuye a la eficacia general de las operaciones y puede reducir hasta un 50% de los gastos totales de producción.

La distribución en planta, a menudo suele simularse en diferentes escenarios industriales y con diferentes herramientas; en las cuales se miden los beneficios y el rendimiento de los rediseños dados. De igual forma, no deja de ser una decisión ligada a los costos y de una u otra forma a la capacidad.

Cualquier sistema o método de distribución presenta diferentes *objetivos*, como la disminución de riesgos para la salud, disminución en los retrasos de la producción, reducción de materiales, entre otros (Muther, 1977); este trabajo se centrará en el incremento de la producción y de una mayor utilización de la maquinaria, mano de obra, servicios y recursos en general.

A menudo, para desarrollar este tipo de planeación de las disposiciones físicas para procesos - y almacenes-, se utilizan métodos como el análisis de la secuencia de las operaciones, el análisis del diagrama de bloques y los análisis de carga distancia. Éstas técnicas se pueden utilizar independientemente de que el analista esté o no limitado por la configuración del edificio. Estos análisis se inician con los procesos de la producción y desarrollan una disposición física que define la configuración del edificio (Gaither & Frazier, 2000). Así mismo, siguiendo con el trabajo de Muther (1977), encontramos que la *naturaleza* del problema de distribución en planta que se desea abordar en este trabajo, es de expansión de una planta de producción, lo cual consiste en adaptar o rediseñar los productos, elementos y mano de obra en una planta existente.

La distribución de planta debe ser aplicada a las diferentes condiciones con que cuenta la empresa, por consiguiente es posible abordar ésta distribución mediante la planificación sistemática de la distribución de Muther, la cual consta de 4 pasos que se describen a continuación:

- 1) *Relaciones en la gráfica:* Primero se define un diagrama relacional, el cual permite analizar que tipo de relaciones existen entre cada una de las áreas del proceso productivo y su importancia con respecto al espacio disponible o suministrado.
- 2) *Requerimientos de espacio:* Teniendo en cuenta los requerimientos de producción se encuentran las relaciones importantes dentro de la planta y como se ubicaran con respecto a criterios como la arquitectura de la edificación y el acceso a los servicios. Para esto es necesario determinar las áreas correspondientes para cada operación.
- 3) *Diagrama de relación de actividades:* En este punto se elabora una matriz donde se definirán mediante letras, líneas, y colores, cómo se diagramará la distribución propuesta que mejor se acople a los requisitos del proceso, incluyendo área de almacenamiento, administrativa y productiva. La Tabla N° 3 se muestra la matriz:

RELACIÓN	CALIFICACIÓN	VALOR	LÍNEAS DEL DIAGRAMA	COLOR
Absolutamente necesaria	A	4		Verde
Especialmente necesaria	E	3		Azul
Importante	I	2		Amarillo
Ordinario	O	1		Negro
No es importante	U	0		
No deseable	X	-1		Rojo

Tabla N° 3. Referencia técnica para la diagramación relacional. Fuente: elaboración propia

- 4) *Distribución según la relación de espacio:* Se crea la relación de espacio y luego se grafican la áreas a escala, o al menos, guardando una proporción de espacio, una vez se define, se aplica al plano de la fabrica.

Para el cierre de este capítulo se puede concluir que el problema central que se desea abordar es el de un caso específico de expansión de capacidad, la cual se ve condicionada por múltiples decisiones estratégicas: localización, la selección y el rediseño del proceso productivo y su disposición en planta; las cuales están interrelacionadas y no deben ser tratadas de manera independiente.

Para la localización de la planta se estableció el procedimiento propuesto por Machuca (1995) el cual se desarrollará por el método de factores ponderados principalmente por su objetividad, permitiendo hallar una ubicación idónea para la planta de producción.

En la selección del proceso se aclaró que la herramienta de benchmarking, es adecuada y pertinente debido a las características similares del proceso de compostaje con otros sistemas equivalentes y para el rediseño del sistema se propuso utilizar la técnica del diagrama analítico de proceso, para determinar las características y etapas del mismo.

Para la evaluación sistemática de este proceso diseñado, se planteó un instrumento de determinación de puntos de control críticos de control para el proceso de producción. También se definió el mecanismo de evaluación de atributos que permitirá seleccionar la estrategia de proceso y finalmente mediante la planificación sistemática de Muther se establecerá la distribución en planta.



2. Metodología. Procedimiento para el rediseño del sistema productivo

En este capítulo se establecerán los procedimientos, pasos y demás características requeridas para el rediseño del sistema de producción para la ampliación de la capacidad productiva, siguiendo una secuencia lógica en las actividades, definidas en el capítulo anterior. Por ser un proceso de rediseño, se abordará desde una metodología específica para este tipo de proyectos, que de manera general está compuesta por las siguientes fases:

1. *Diagnóstico*: se hará una presentación de la empresa, sus condiciones de operación actuales, sus requerimientos frente a las nuevas dinámicas de su mercado para concluir con la formulación de un problema principal referente a la localización, proceso productivo, configuración y layout.
2. *Búsqueda de alternativas*: se establecerán alternativas que puedan satisfacer las necesidades de rediseño.
3. *Selección y rediseño de los criterios y factores asociados*: se seleccionarán las alternativas correspondientes y se definirán los procedimientos para su desarrollo.
4. *Evaluación de criterios y factores asociados al rediseño*: se analizarán los criterios y factores de evaluación para el proceso, encontrando los resultados esperados.

Las fases 3 y 4 se desarrollarán en el capítulo de resultados –capítulo N° 3-; debido a que en estas dos fases se definen y evalúan los parámetros, atributos, factores y características necesarias para llevar a cabo el rediseño del sistema; aspectos requeridos para ampliar la capacidad productiva del sistema.

2.1 Diagnóstico

A continuación se hará una descripción general de la empresa, su misión, objetivos, principales servicios y productos, sus principales mercados y otros datos relevantes de la misma. En este punto es importante aclarar que los factores y atributos que se incluyen en el diagnóstico serán

intervenidos posteriormente en el capítulo 3, por su relación con los objetivos del presente trabajo:

Generalidades

Sustratos de Colombia S.A. fue constituida el 17 de Septiembre de 2007 por un grupo interdisciplinario de profesionales cuya misión es solucionar las problemáticas ambientales del sector agropecuario, mediante la recepción, el manejo y la transformación de residuos y subproductos industriales; creando un valor agregado a los residuos sólidos industriales generados por las empresas del municipio y de la región (Incubar, 2010). La inversión inicial para el funcionamiento de la planta fue para los invernaderos, tanque receptor de materias primas, cerramientos, cercas vivas, mezclador de flujo continuo, adecuación de las instalaciones y capital de trabajo. A la fecha Sustratos de Colombia S.A. cuenta con materias primas generadas por tres (3) empresas de la ciudad y en actualmente está en negociaciones con otros proveedores. Sus principales productos y servicios se muestran en la gráfica N° 6.

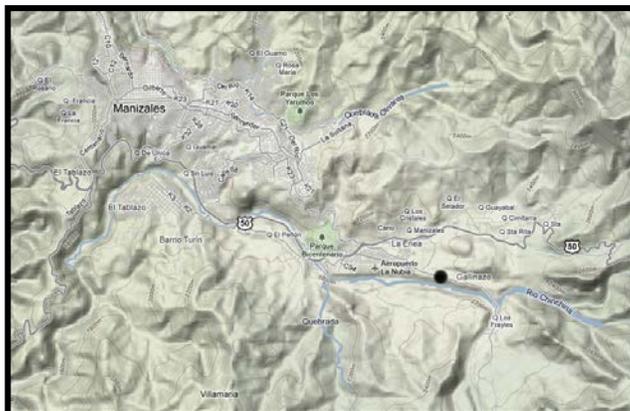


Gráfica N° 4. Productos y servicios de Sustratos de Colombia S.A. – Fuente: (Incubar, 2010)

Su mercado está conformado por pequeños productores agropecuarios, viveros municipales, parques, sistemas locales de reforestación, planes de recuperación de suelos y de control de erosión, planes de ordenamiento de cuencas; amas de casa para sus jardines y huertas caseras; sin embargo, a nivel nacional, la empresa tiene un gran potencial para expandirse mediante proyectos agrícolas de gran envergadura, tales como los proyectos bananeros, producción de flores y frutas para exportación, cultivos intensivos de palma africana, palmito, caña panelera, caña de azúcar, papa, cereales, hortalizas, café, y en general cualquier otro producto agrícola que requiera grandes cantidades de nutrientes.

2.1.1 Localización

Sustratos de Colombia S.A. cuenta con una planta de producción de materiales orgánicos ubicada en el Km 2 vía Termales del Otoño, en las afueras de la ciudad de Manizales (Gráfica N° 5).



Gráfica N° 5. Ubicación actual de Sustratos de Colombia S.A. - Fuente: Google Maps® . ● Sustratos de Colombia S.A.

La planta cuenta con una única ruta de acceso por la vía que del barrio La Enea conduce al sector de Gallinazo. Se encuentra a un costado de la carretera y no cuenta con zona de recepción de materia prima ni despacho de producto terminado dentro de la planta, lo que limita el estacionamiento de vehículos de carga, debido a que la vía es muy angosta y no cuenta con berma. Esta ubicación no cuenta con servicios públicos básicos (energía eléctrica, acueducto, alcantarillado); el terreno es irregular con una pendiente muy pronunciada, de aproximadamente un 10% y en algunas secciones hasta un 20%; esto hace que no se pueda utilizar la totalidad del terreno; por consiguiente hay una pérdida considerable de la capacidad instalada para la recepción, manejo de materia prima y producto en proceso.

2.1.2 Proceso productivo

Actualmente la empresa cuenta con una capacidad de producción para compostar de aproximadamente 800 toneladas anuales de materiales orgánicos.

Su proceso productivo cuenta con las etapas ilustradas en el flujograma que se encuentra en el anexo N° 1. Éste, cuenta con una velocidad rígida la cual no permite acelerar o disminuir el proceso de transformación, su rendimiento es medio-bajo debido a las características de las materias primas y las condiciones de infraestructura de la planta. Por otro lado, cuenta con un (1) punto de inspección en todo el proceso, el cual sólo permite medir una parámetro físico y no otros parámetros de calidad del producto; tampoco presenta un flujo lineal, lo que hace que el

material en proceso y las materias primas puedan mezclarse, dificultando la distinción de las etapas y productos.

2.1.3 Análisis de riesgos

La empresa no cuenta con un sistema o método de identificación de riesgos en su proceso productivo. Existen puntos de inspección y controles al producto en proceso, pero ninguna al producto terminado.

2.1.4 Configuración productiva

Su configuración actual presenta algunas características de un sistema de flujo en lotes; sin embargo, no es de este tipo propiamente. El sistema actual produce bajos volúmenes de producción de 1 sólo producto, los clientes realizan pedidos en cantidades moderadas y altas, además de esto, no es posible producir lotes para inventario debido a la falta de un área adecuada para ello; lo cual no es característico de este sistema. El flujo del proceso es interrumpido cuando el proveedor decide deliberadamente enviar materia prima a la planta, lo cual resta celeridad al proceso de producción y aumenta los costos en el producto terminado por el incremento de las horas/hombre requeridas para transportar la materia prima y el material en proceso; tampoco puede hacerse un control visual del proceso, debido a la forma de distribución de las pilas y la deficiente ubicación de las mismas; ya que no existe un orden específico para la organización del material en proceso.

2.1.5 Disposición en planta

La planta no cuenta con una separación física por áreas o por etapas del proceso. El producto se encuentra dispuesto en diferentes secciones y en diferentes etapas del proceso, debido a esto es difícil identificar adecuadamente el material en proceso. Su infraestructura física (invernadero) limita la movilidad de maquinaria y del material en general. Tampoco existe un área administrativa dentro de la planta, solo existe una estructura de 2 m x 2 m donde se almacenan algunos equipos de protección personal, un escritorio y elementos de trabajo (como palas y carretillas) para el uso los operarios. Lo anterior se muestra en la gráfica N° 6⁹:

⁹ Fotografías tomadas y publicadas con autorización de la empresa Sustratos de Colombia S.A.



Gráfica N° 6. Condiciones actuales de la empresa. Fuente: Sustratos de Colombia S.A.

En términos generales, se puede observar que mediante este diagnóstico se encontró que la empresa presenta diferentes limitaciones para cumplir con la demanda actual. Su localización no provee las condiciones de infraestructura y logísticas requeridas por el sistema para gestionar adecuadamente la recepción de materia prima y el producto terminado. Su proceso productivo es ineficiente, el cual genera retrasos y reprocesos innecesarios en el mismo, lo cual impide transformar la materia prima en los plazos establecido, además no cuenta con los controles necesarios para garantizar la idoneidad del producto terminado. Por otro lado, la organización actual de la planta no permite un adecuado flujo de los materiales y manejo de materias primas y personal.

2.2 Búsqueda de alternativas

2.2.1 Localización

Para Sustratos de Colombia S.A., la localización es una respuesta viable y justificable desde la gerencia y sus objetivos; debido a las implicaciones que éste tiene en las proyecciones y

crecimiento de la empresa a largo plazo y al aumento en la demanda de producto con que cuenta actualmente.

Los criterios de búsqueda se centraron principalmente en el área disponible que contaba el terreno, el costo de alquiler del predio y su disponibilidad para procesar material orgánico, -por la normatividad municipal-. La principal restricción que se consideró fue la cercanía a fuentes hídricas naturales debido a las condiciones propias del proceso; la humedad relativa del ambiente y del suelo generan inconvenientes y retrasos en el proceso.

Las actividades para buscar alternativas de localización fueron las siguientes:

- Consultar en la oficina de planeación de la ciudad por espacios que cumplieran con los criterios de búsqueda.
- Referenciar mediante clientes y proveedores terrenos disponibles que cumplieran con las condiciones generales.
- Revisar los diarios y periódicos locales en búsqueda de algún terreno en alquiler.
- Explorar físicamente algunas otras opciones que se consideraron pertinentes, en búsqueda de un lugar apropiado.
- Cruzar las características y criterios con las bases de datos de algunos comisionistas y personas relacionadas con bienes raíces.

En el estudio de localización se seleccionará una opción entre tres (3) posibles, para ubicar una planta de procesamiento alternativa o nueva para Sustratos de Colombia S.A. en la ciudad de Manizales y acorde con las necesidades de la empresa. Las alternativas encontradas son las siguientes:

- | | |
|--|------------------------------------|
| Opción N° 1. Zona industrial (Maltería): | Parque Industrial Juanchito |
| Opción N° 2. Zona industrial (Maltería): | Maltería |
| Opción N° 3. Afueras de la ciudad: | Sector La Linda |

2.2.2 Proceso productivo

Utilizando la herramienta seleccionada -benchmarking secundario- para la búsqueda de alternativas para diseñar el proceso productivo, se tomaron como referencia las siguientes fuentes:

Proceso productivo de:

Productos Biotecnológicos S.A. (PBA): productores de Nutri-Humic[®], fertilizante o abono orgánico de alto rendimiento.

Ingenio Incauca S.A.: que transforma residuos orgánicos en abono compostado.

Ingenio Risaralda S.A.: productores de abonos orgánicos como Kompostar[®] y Vycompost[®].

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA): Programa Pro-Huerta para la producción de abono orgánico.

Las selección de las actividades relacionadas con el proceso, surgen de la revisión realizada en las páginas anteriormente mencionadas, información de la propia empresa, entre otros medios; esta información recopilada es proveniente de sistemas de producción de abonos orgánicos tecnificados y con reconocimiento en la industria, además de contar con la experiencia y trayectoria que acredita su proceso. Es de aclarar que, aunque no se replicará un modelo específico, se tomará la información necesaria y se complementará con información propia y otras fuentes; lo cual es un excelente referente para la construcción del proceso debido a las características propias del mismo. Las principales prácticas encontradas se relacionan a continuación, las cuales se sugieren tener en cuenta al momento de diseñar el proceso productivo:

- El tamaño de pilas (2,50 m de altura x 3,30 m de ancho x 15 m de profundidad¹⁰): la obtención de abono orgánico mediante la técnica de compostaje requiere la formación de pilas para el proceso de sanitización del material, el tamaño de la pila permite que este proceso se lleve a cabo aplicando las medidas anteriormente indicadas.
- El arreglo espacio-pila-espacio (2 m x 3,3 m x 2 m), permite que se realicen los volteos del material en proceso de manera eficiente y optimiza el espacio para la circulación del personal y el paso de la maquinaria.
- El método de volteo por pila semanal (se recomienda el volteo con maquinaria): se hace ésta recomendación debido a que mediante el uso de maquinaria, la homogenización del

¹⁰ La profundidad no es un factor relevante, ésta es determinada exclusivamente por el tamaño de la instalación

material es mucho más eficiente y permite dar valor agregado al producto, en sus características físicas (tamaño de partícula).

A continuación, se recopilan las características más relevantes como alternativas para rediseñar un proceso cuya capacidad requerida sea más amplia que la actual y pueda generar economías de escala; alcanzando un incremento considerable en los indicadores de ventas y acceso a diferentes mercados nacionales e internacionales, aumentar el volúmen de producto terminado y la calidad en el producto terminado:

- *Alto nivel tecnológico:* se recomienda la adquisición de maquinaria y equipos para aumentar el volúmen de producción y homogenizar los productos.
- *Una infraestructura adecuada para el proceso:* adecuar además del área de proceso, laboratorios, oficinas administrativas, casino, zonas de empaque adecuadas, entre otros.
- *Personal calificado:* establecer políticas de capacitación al personal (debe incluirse personal administrativo y operarios).
- *Adecuada distribución en planta y flujo del proceso:* definir apropiadamente las áreas y etapas de producción.
- *Alta disponibilidad de materia prima:* establecer alianzas y convenios con los proveedores.

En la búsqueda de alternativas para el rediseño, se encontró que en general no existen variaciones en las estructuras de los procesos; sin embargo presenta algunas diferencias en sus etapas, dependiendo exclusivamente de la calidad y tipo de materia prima que se procese. Se observó que dentro de las opciones existentes para la clase de materia prima, son relativamente similares, encontrando las más comunes: material orgánico como borra de café, bagazo de caña, residuos orgánicos en general, ceniza y rumen animal. Con relación a las etapas que conforman los procesos de producción de abono orgánico; básicamente se establecen etapas similares o afines en los procesos observados -como se mencionó al comienzo de este párrafo-, éstas se muestran en la tabla N° 4.

ETAPA	ACTIVIDAD
I	Recepción y mezcla de materias primas
II	Reposo de las pilas y volteos
III	Constitución de pilas de maduración

IV	Transformación, empaque y pesaje de producto terminado
V	Cargue de producto terminado

Tabla N° 4. Etapas del proceso productivo de compostaje. Fuente: elaboración propia

2.2.3 Análisis de riesgos

La búsqueda de alternativas para el análisis de riesgos en los procesos productivos anteriormente mencionados, no arrojó ninguna específica; lo extraído de las páginas consultadas sólo muestra el proceso de transformación de materiales orgánicos en fertilizante orgánico¹¹ y los puntos de inspección de temperatura y humedad; controles que ya se vienen manejando en el proceso actual que tiene la empresa. En general no se encontró ningún sistema de identificación y análisis de riesgos para el producto en proceso ni producto terminado en las páginas visitadas.

2.2.4 Configuración productiva

Las alternativas para la configuración más adecuada, se han tomado utilizando la herramienta de benchmarking secundario. Los sitios visitados como alternativas para tomar la información son los siguientes: Incubar (2010), Ingenio Incauca S.A. (2005), PBA Productos Biotecnológicos S.A. (2009), INTA (2011), Ingenio Risaralda S.A. (2011) e información propia de la empresa. Mediante esta revisión básicamente se han identificado 3 alternativas de configuración:

1. *Un sistema¹² de producción en lotes (flow-shop)*
2. *Un sistema en línea acompasado por operarios (LAO) y*
3. *Un sistema en línea acompasado por equipos (LAE); estas alternativas presentan cada una, características aplicables al proceso.*

2.2.5 Disposición en planta

¹¹ Abono orgánico.

¹² Definido por Miltenburg, queriendo hacer referencia a la configuración productiva.

Tomando como referencia los sitios web de los fabricantes mencionados anteriormente y la herramienta de benchmarking secundario, se han identificado algunas alternativas válidas para los factores que influyen en la distribución de la planta de producción. Se observó que en general son distribuciones orientadas al producto, característico de sistemas en línea, con altos volúmenes de producción y tasa de producción relativamente altas y con productos estandarizados; cuentan con una disposición de la planta que sigue una relación secuencial entre las etapas y una distribución orientada de manera lineal. Sin embargo cada distribución observada cuenta con elementos diferenciadores en sus instalaciones; entre las opciones más comunes para su diseño se encuentran:

1. Áreas para el almacenamiento de producto terminado y su respectiva identificación.
2. Área administrativa y casero para los empleados.
3. Laboratorios para la realización de análisis de producto en proceso y terminado.
4. Condiciones adecuadas de iluminación natural y artificial.
5. Estructura de los invernaderos con amplia separación entre columnas y elementos de soporte.
6. Plataformas o muelles de cargue de producto terminado, entre los más importantes.

Otras condiciones de infraestructura encontradas fueron:

- Fluidez y facilidad para manejar el producto y tránsito del personal
- Sistemas de ventilación y manejo de olores
- Canalización de aguas residuales y lixiviados

La distribución podrá aplicarse a todos los medios físicos en el espacio dispuesto, encontrando la mejor organización en planta. Mediante una planificación sistemática, como la propuesta por (Muther, 1977), es posible formular una solución al problema organizacional de áreas de trabajo en la empresa Sustratos de Colombia S.A.

Este capítulo, se centró en la realización de un diagnóstico que permitiera la identificación de los principales problemas y deficiencias que afectan directamente la capacidad del sistema de producción, como su localización, el proceso productivo, la configuración productiva y la disposición en planta que presenta actualmente. También se concretaron algunas alternativas de localización viables, las principales prácticas y etapas básicas encontradas en los procesos productivos de obtención de abono orgánico observados en otros referentes importantes del

entorno industrial. También se definieron 3 alternativas para la configuración productiva más idónea para el proceso productivo y finalmente se enumeraron las principales condiciones y técnica para realizar una distribución sistemática en planta adecuada para el proceso productivo requerido.



3. Resultados

En este capítulo se desarrollará de manera ordenada y siguiendo la metodología propuesta en el capítulo anterior, los pasos y procedimientos para obtener una nueva ubicación para la planta de procesamiento, cuál es el proceso más apropiado, su rediseño teórico respectivo y los puntos de control críticos encontrados; además de establecer la configuración idónea para el proceso de producción y a su vez la distribución en planta que permita organizar de manera óptima las áreas del proceso productivo. Finalmente se evaluará el efecto de éstas actividades en el rediseño del sistema de producción para el aumento de la capacidad productiva en la empresa.

3.1 Selección y rediseño de los criterios y factores asociados al rediseño

3.1.1 Selección y evaluación de la ubicación

La selección y evaluación de las alternativas propuestas en el capítulo anterior (Parque industrial Juanchito, Sector de Maltería y Sector La Linda), proveerán al sistema varios de los aspectos que la planta no cuenta en este momento como servicios públicos, mejores y más vías de acceso, regularidad del terreno, entre otros factores. Además, se han propuesto las opciones anteriores debido a que facilitarían el abastecimiento de materia prima y distribución del producto. Los atributos que se mencionan a continuación, serán evaluados posteriormente para calcular su incidencia en la capacidad del sistema productivo:

Área: se requiere medir el área de servicio dispuesta para la recepción y transformación del producto en proceso y terminado.

Capacidad de recepción y manejo de materia prima: se desea cuantificar la capacidad en toneladas para el almacenamiento y manejo de las materias primas.

Número de proveedores: se requiere medir cuántos proveedores estarán disponibles para el abastecimiento de materia prima.

Vías de acceso: se enumeran las vías de acceso con que cuenta la ubicación.

Expansion: se estima el área aproximada de posible expansión de la alternativa.

Servicios públicos: se consulta acerca de la disponibilidad de servicios públicos, principalmente luz eléctrica y agua potable.

Forma del terreno: Se requiere determinar las dimensiones y forma del terreno para adecuar las instalaciones de manera ordenada, su configuración productiva y layout.

A continuación se muestran los resultados del estudio de localización realizado para la ubicación de la planta de producción de Sustratos de Colombia S.A. Como se estableció en la metodología y siguiendo el procedimiento del método de los factores ponderados, se establecerá una ubicación pertinente para la nueva planta que sea acorde con las necesidades de la empresa y de las políticas de abastecimiento de materia prima y distribución de producto terminado, sin afectar los costos de fabricación del producto:

Paso N° 1. Definición de evaluadores (a) y factores (b)

a. Los evaluadores son los directivos de la empresa, los cuales tienen experiencia en el tema y su conocimiento en los factores asociados del mercado y su entorno; los evaluadores se muestran en la tabla N° 5:

NÚMERO	EVALUADOR	CARGO	PROFESIÓN	EXPERIENCIA
1	Juan David Pelaez Botero	Gerente general	Ingeniero agrónomo	4 años en la empresa
2	Constanza Betancur Trejos	Gerente administrativa y financiera	Ingeniera ambiental	4 años en la empresa
3	Alejandro Arango	Gerente comercial	Economista	4 años en la empresa

Tabla N° 5. Evaluadores seleccionados. Fuente: elaboración propia

b. Los factores que se han definido, fueron seleccionados de acuerdo a su importancia y trascendencia para cumplir con los objetivos estratégicos y misionales de la empresa. Los factores a considerar sin ningún orden específico y su variable de medición se presentan en la tabla N° 6:

N°	FACTOR	VARIABLE DE MEDICIÓN	TIPO DE VARIABLE
1.	Cercanía a la materia prima	Fletes	CUANT
2.	Cercanía a los clientes	Fletes	CUANT
3.	Costo de arrendamiento	Costos	CUANT
4.	Permisos ambientales	Certificados	CUALIT
5.	Disponibilidad de terrenos	Disponibilidad	CUANT
6.	Vías de acceso	Accesibilidad	CUALIT
7.	Clima	Condiciones de producto final	CUANT
8.	Servicios públicos	Opcional	CUALIT

Tabla N° 6. Factores para la localización. Fuente: elaboración propia

Paso N° 2. Definición de la escala para los factores y sus respectivos pesos (ponderación)

La escala definida para su calificación y sus respectivos pesos se muestran en la tabla N° 7:

N°	FACTOR	ESCALA DE CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	PESO
1.	Cercanía a la materia prima	0 A 10	0= La materia prima se encontraría muy distante de la empresa; 10= La materia prima se encontraría muy cerca de la empresa.	12%
2.	Cercanía a los clientes	0 A 10	0= El cliente se encontraría muy distante de la empresa; 10= El cliente estaría muy cerca de la empresa.	6%
3.	Costo de arrendamiento	0 a 5	0= El costo de arrendamiento sería muy desfavorable; 5= El costo de arrendamiento sería muy favorable	15%
4.	Permisos ambientales	0 a 2	0= No sería posible acceder a los permisos ambientales; 1= Los permisos ambientales	25%

(P.O.T)			serían restringidos; 2= Sería posible obtener los permisos ambientales.	
Disponibilidad de terreno				
5.	Vías de acceso	0 a 2	0= No existirían vías de acceso; 1= existirían vías con paso restringido; 2= contaría con vías de acceso)	15%
6.	Clima	0 a 5	0= Sería muy desfavorable para el proceso; 5= Sería muy favorable para el proceso	12%
7.	Servicios públicos	0 ó 1	0= No contaría con servicios públicos; 1= Contaría con servicios públicos	15%
TOTAL DE PUNTOS POSIBLES (Máxima puntuación)			36	100%

Tabla N° 7. Escala y criterios de calificación para los factores de localización. Fuente: elaboración propia

Paso N° 3. Puntuación cada alternativa (según la escala del paso N° 2)

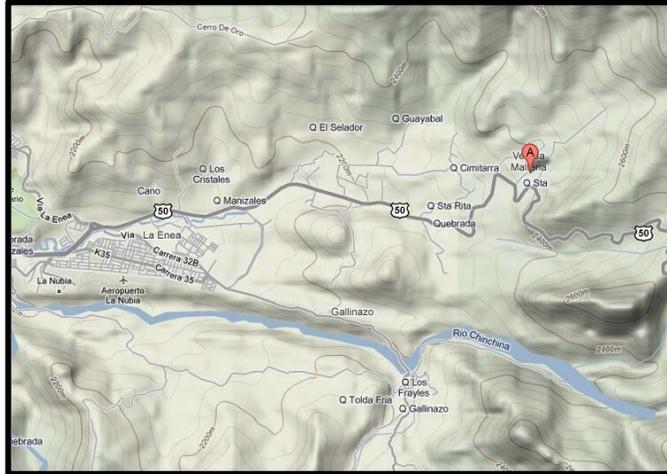
La puntuación de cada alternativa por los evaluadores se relaciona en el anexo N° 3.

Paso N° 4. Cálculos correspondientes a la puntuación y a su peso - Paso N° 5. Evaluación de cada alternativa

Los cálculos realizados se muestrany la evaluación de cada alternativa se muestra en el anexo N° 4.

Paso N° 6. Selección de la alternativa con mayor puntuación y recomendaciones propuestas.

Considerando una calificación máxima de **4,1**; la alternativa con el puntaje más alto con un total de **2,95** fué el **Sector de Maltería Junto a la empresa Pulverizar**. La gráfica N° 7 muestra de manera aproximada, la nueva ubicación para la planta. Esta sería la opción más adecuada para la construcción y/o adecuación de una nueva planta para el procesamiento del abono orgánico en la empresa Sustratos de Colombia S.A.



Gráfica N° 7. (A) Nueva ubicación para la planta. Fuente: Google maps[©]

Esta nueva ubicación facilitará el aumento de la capacidad del sistema por varios motivos; los más importantes son el favorecimiento del abastecimiento de la materia prima y por consiguiente la disponibilidad de material para procesar y aumentar el volumen de producción; además, permitirá la distribución del producto de una manera más fluida por las vías de acceso, lo que aumentará significativamente la frecuencia de compra de los clientes asiduos y potenciales. Los datos más relevantes sobre las mejoras encontradas, se muestran en la tabla N° 8.

Nº	CRITERIO	LOCALIZACIÓN ACTUAL	LOCALIZACIÓN SELECCIONADA	DESCRIPCIÓN
1	Posibilidad de expansión	1400 m ²	6400 m ²	Proyectando un aumento de la capacidad, es posible realizarse debido a la posibilidad de expansión a sus alrededores.
2	Vías de acceso	1	3	Las vías de acceso permiten la fluidez del transporte y facilitan la recepción y el despacho de material mediante vehículos articulados.
3	Forma del terreno	Irregular (polígono simple, cóncavo, irregular)	Regular (Rectangular)	Debido a la forma del terreno, es posible aprovechar mucho mejor el área servida, pasando de 23,33 m ² /ton a 5 m ² /ton.
	Área	1400 m ²	2000 m ²	
4	Capacidad para la recepción y manejo de materia prima (mensual)	60 ton	400 ton	Al aumentar la disponibilidad del área se aumenta la capacidad de recepción de materia primar de los proveedores, incrementándose así de un promedio mensual de 60 ton/mes a 336 ton/mes.
	Número de proveedores	3	7	
	Cantidad de toneladas por proveedor (mensual)	16 - 24	40 - 56	
	Cantidad de toneladas por el total de proveedores	48 - 72	280 - 392	
5	Servicios públicos	NO	SI	Esto influye en los costos de producción, debido a que la maquinaria esta actualmente funcionando con combustible, esto ahorraría considerablemente su consumo.

Tabla N° 8. Resultados de Localización. Fuente: elaboración propia

La tabla N° 8, muestra como la nueva localización incrementará las posibilidades de expansión, capacidad de manejo y procesamiento de material, además de optimizar el espacio y poder contar con la opción de utilizar servicios públicos básicos.

3.1.2 Selección y rediseño del proceso productivo

Mediante la aplicación de la herramienta de benchmarking y usando la información encontrada en los sitios consultados en el capítulo anterior; se logró concretar que el proceso presenta las siguientes características: presenta un nivel de automatización medio, con excelente rendimiento y tiempos de producción estandarizados, producto y proceso estandarizados y flujo lineal. No obstante, es posible realizar ciertas modificaciones y ajustes a estos modelos e implementarla de manera práctica al proceso de la empresa.

Rediseño teórico del proceso productivo

Tomando como base las etapas identificadas en la búsqueda de alternativas, para el rediseño del proceso se utilizará el diagrama analítico de proceso en el cual se encuentran las operaciones relacionadas con el proceso productivo específico para la empresa y sus respectivas características (ver anexo N° 2). En esta herramienta se relacionan las actividades propias del proceso, seguido de una descripción de cada una de éstas etapas; luego se relacionan las operaciones (transformación), transportes, almacenamientos, demoras, inspecciones, cantidades y tiempos correspondientes al proceso productivo, con el fin de determinar todas aquellas operaciones y etapas que no generan un valor al producto terminado y restan recursos valiosos para la realización del producto final.

Lo que se desea evaluar con esta herramienta son aquellos parámetros que están relacionados con la capacidad productiva y la evaluación del proceso, entre ellos se encuentran: rendimiento, puntos de inspección, tiempo global de proceso, velocidad del proceso. Para ello se establecerán a través de una tabla, la información actual con que cuenta la empresa versus el rediseño teórico elaborado. Esto permitirá analizar cifras concretas y mejoras que se logran con el desarrollo del nuevo proceso. Los principales resultados del rediseño del proceso se muestran en el anexo N° 11.

Evaluación de riesgos del proceso: Análisis de puntos de control críticos

El análisis de riesgos es una etapa del rediseño donde se determina las posibles desviaciones que se puedan presentar en el producto, utilizando de manera analógica el sistema análisis de peligros y puntos de control críticos (HACCP), particularmente para el interés de este trabajo seguiremos 7 principios básicos para la consecución del sistema HACCP en el proceso de elaboración de abono orgánico. Con la determinación de los posibles peligros que puedan afectar el proceso productivo, se harán las correcciones necesarias para obtener el proceso óptimo y se seleccionará cual es la alternativa más coherente y viable para la producción de abono orgánico cuidando todos los requerimientos de calidad e idoneidad del producto. Cada alternativa se evaluará con relación al costo-beneficio que provea al sistema.

Para la construcción de todo el plan, se utilizarán diferentes matrices a modo de tablas para la organización de la información, éstas se encuentran en el anexo N° 5¹³ y 6.

A continuación, se mencionan algunos aspectos claves para el óptimo funcionamiento del sistema con base en los PCC encontrados:

- Controlar las variables críticas como tiempo de proceso, humedad y temperatura del material en proceso.
- Constituir pilas para facilitar el proceso de inspección y control de parámetros biológicos y fisico-químicos.
- Establecer una zona específica para la maduración del producto en proceso y otra de almacenaje de producto terminado, para efectos de controlar mejor la calidad del producto.
- La configuración pila-espacio-pila ofrece una mejor circulación del personal y la maquinaria, permite controlar de manera más eficiente las variables, además que establece una secuencia mucho más lógica del proceso productivo.
- Estandarizar el suministro y las condiciones de la materia prima, para obtener un producto terminado mucho más estable en sus condiciones biológicas y fisico-químicas.

¹³ El organigrama se incluye en el análisis de riesgos para establecer el cargo que es responsable de la implementación del sistema, en éste caso particular recae en la Gerencia de Producción.

- Contar con personal operativo comprometido con la empresa, motivado y con la capacitación necesaria para optimizar los mecanismos de inspección y de control de la calidad del producto.

Evaluación de alternativas para verificar los PCC

Con la determinación de éstos puntos de control críticos, se deben encontrar alternativas para su monitoreo, a modo de auditoría al sistema de análisis de peligros y control al proceso productivo propiamente. Con la información obtenida en este análisis se describen las posibles alternativas para verificar que se esté cumpliendo adecuadamente las actividades relacionadas con el análisis de riesgos del producto. La selección de las alternativas se encuentra registrada en el anexo N° 7. Su documentación se realizará de acuerdo con los lineamientos y políticas de gestión documental de la empresa.

Dentro de las alternativas seleccionadas para gestionar adecuadamente cada punto de control crítico del proceso se encontró que para el PCC N° 1, la alternativa mas viable por su relación costo beneficio es la de enviar muestras de producto terminado para evaluar la cantidad y tipo de patógenos que puedan presentarse en el producto terminado, se seleccionó esta opción debido a que estos análisis pueden ser utilizados también para la presentación de éstos resultados ante los organismos de control como el ICA.

Para el PCC N° 2 se determinó que para controlar las variables en las pilas de maduración la mejor alternativa es la de adquirir los instrumentos de medición pertinentes, ya que actualmente los parámetros de maduración se miden de manera sensorial sin ningún soporte instrumental, lo que puede permitir desviaciones en las condiciones de idoneidad del producto.

En el PCC N° 3 existen dos alternativas que por su impacto y costo resultarían viables, pero la retroalimentación con el cliente del estado en que se recibe el producto terminado fue la seleccionada debido a que se incrementa el nivel de interacción de la empresa con el cliente y su bajo costo; ésto también permitirá que pueda aprovecharse para indagar por otras características que para el cliente puedan llegar a tener valor en el producto y así proyectar los cambios necesarios para generar tal valor agregado.

En el último PCC, se estableció que la mejor alternativa es revisar detalladamente las condiciones del transporte, debido a su carácter preventivo y su bajo costo, además de lograr registrar la información para una posterior evaluación de servicios de transporte y llevar una trazabilidad adecuada al producto terminado.

3.1.3 Selección y determinación de la configuración productiva adecuada

Una vez identificados los puntos de control críticos se procede a determinar la configuración productiva; ésta, se realiza mediante una evaluación de atributos y permitirá establecer cual de las configuraciones productivas reúne la mayor cantidad de características, para que el proceso productivo sea más eficiente que el actual. Los atributos seleccionados se escogieron de la revisión teórica; éstos son:

- Costo fijo
- Costo variable
- Cantidad de productos (Volúmen)
- Disposición en planta
- Equipos
- Flujo
- Mano de obra directa
- Variedad de productos

Dentro de las alternativas encontradas, las configuraciones productivas que más están relacionadas con la organización del proceso de compostaje son las configuraciones orientadas al proceso tanto las acompañadas por operarios como por equipos (LAE y LAO) y flujo en lotes (flow shop); a continuación se realiza la evaluación de cada configuración en la tabla N° 9:

Atributos Configuraciones posibles	Variedad de productos	Cantidad de productos (Volúmen)	Flujo	Layout	Equipo	Costo fijo	Costo variable	Mano de obra directa	Calificación Total
FLOW SHOP	0	0	0	1	0	1	0	1	3
LAO	0	1	1	0	1	0	1	1	5
LAE	1	0	1	0	0	0	1	0	3

Tabla N° 9. Evaluación de atributos. Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar en la tabla N° 9, la configuración que más características reúne es el *tipo en línea acompañada por operarios (LAO)*. Esto indica que el nuevo proceso productivo debe ajustarse de acuerdo a una configuración de este tipo para su óptimo funcionamiento. Esta configuración provee una mayor nivel automatización y homogeneidad del proceso, conserva cierta versatilidad en los equipos utilizados en el proceso, se logran economías de escala, la calidad del producto es relativamente más alta, la utilización de las instalaciones es alta y permite fabricar para inventario. Otra ventaja de esta configuración, es la capacidad de funcionar a diferentes velocidades, con la posibilidad de ajustar el número de operarios o reforzando el trabajo en equipo para gestionar mejor la demanda.

3.1.4 Selección y rediseño de la distribución de la planta

La distribución que se establece permite una organización adecuada para el proceso productivo, teniendo en cuenta la configuración seleccionada y el área dispuesta encontrada en la ubicación de la planta nueva. Para la planificación sistemática de la distribución en planta propuesta por Muther, se obtuvo los siguientes resultados:

Paso N° 1 y N° 2 - Relaciones en la gráfica y requerimientos de espacio: se elaboró el diagrama relacional que se muestra en el anexo N° 8, el cual permitió establecer las relaciones absolutamente necesarias, especiales, importantes, comunes e indeseables para la distribución de la planta. Allí mismo, se determinaron las áreas en m² de las etapas correspondientes para cada operación.

3. *Diagrama de relación de actividades:* la matriz se muestra en la Tabla N° 3 para la diagramación relacional.

4. *Distribución según la relación de espacio:* Se creó un gráfico de las áreas establecidas y sus relaciones guardando una proporción de espacio; se deja a consideración de la empresa aplicar a los planos del terreno.

En cuanto a la aplicación de la planificación sistemática de la distribución de Muther, se encontró una mejor relación entre el espacio proporcionado y el espacio requerido para las zonas de proceso y las zonas administrativas. Mediante a la herramienta se crearon nuevas áreas de proceso con el objetivo de mejorar las condiciones de los trabajadores y áreas administrativas para la empresa. Además, esta nueva distribución permitirá el manejo de un volumen de materias primas más alto y por consiguiente, un mayor control visual del

proceso, disminución en los posibles puntos de contaminación cruzada del producto en proceso y terminado, organización del área administrativa, entre otros beneficios.

Ver anexo N° 9

3.2 Evaluación de criterios y factores asociados al rediseño

La evaluación de todo el conjunto de decisiones tomadas para rediseñar el sistema, se muestra a continuación:

3.2.1 Localización

La localización seleccionada permitirá proyectar la ampliación de las instalaciones de la empresa en 5000 m², lo que actualmente resulta estar limitado por las condiciones y ubicación de los terrenos que limitan la empresa. Se podrá acceder más fácilmente y con mayor fluidez a la empresa para realizar las labores de recepción de materia prima y despacho de producto terminado; también es importante mencionar la posibilidad que la localización se encuentra en un sector más visible y por consiguiente, con mejores oportunidades de acceder a clientes potenciales. El terreno presenta dimensiones regulares, lo que permite utilizar todo el espacio para las labores necesarias para el desarrollo del proceso, actualmente la forma del terreno no permite utilizar eficientemente el área servida; que en este caso sería utilizada en su totalidad. Esto es realmente importante debido a múltiples razones: se aumentará la capacidad de recepción de materia prima, pasando de 60 toneladas mensuales a 400 toneladas mensuales, esto significa una utilización de sólo 5m²/ton y no 23,33 m²/ton como se maneja actualmente, aprovechando mucho mejor el área servida; así mismo, se podrá recibir materia prima de entre 3 y 4 proveedores adicionales a los que se cuenta actualmente; pasando de recibir un promedio de 60 toneladas/mes a un promedio de 336 toneladas/mes de material para procesar. Por último, la localización ofrece servicios públicos básicos (luz eléctrica, agua potable y alcantarillado), lo que brinda principalmente la posibilidad de poner en funcionamiento, equipos de computo y medios de comunicación para la administración de la planta en general y la instalación de baterías sanitarias para el personal.

3.2.2 Proceso

Para el volumen de materia prima esperado es posible procesar en las áreas de compostaje y maduración un promedio de 325 toneladas por mes debido a las dimensiones nuevas y con capacidad para homogenizar 640 toneladas por mes en promedio de producto terminado. Mediante el establecimiento de alianzas con los proveedores nuevos, se logrará disminuir considerablemente el tiempo de proceso en aproximadamente 25 – 30 días, debido al manejo de la humedad relativa en la materia prima que se suministra al proceso; lo que representaría un aumento en el rendimiento del proceso en un 30% y la disminución del plazo de entrega al cliente. También se establecieron cuatro (4) puntos de control críticos en el proceso, esto permite inspeccionar más detalladamente el proceso y sus variables críticas; ya que actualmente solo se inspecciona un atributo en todo el proceso; los resultados anteriores se pueden apreciar en el anexo N° 11.

3.2.3 Configuración

La configuración establecida, no sólo permitirá un mejor control visual del proceso, sino que además hará que el flujo del proceso se realice de manera ordenada y secuencial, mejorando las condiciones del producto en proceso al no mezclarse con las materias primas como se maneja actualmente. Los costos de funcionamiento de la maquinaria que existe para los volteos, la transformación y homogenización del producto terminado, disminuirá debido a la disponibilidad de energía eléctrica, posibilitando un incremento en promedio de 1,5 toneladas por hora en la tasa de producción a costos mas bajos que los actuales. Los resultados más representativos se muestran en el anexo N° 10.

3.2.4 Disposición en planta¹⁴

Mediante la disposición en planta propuesta, se logra aumentar las dimensiones de las áreas de proceso considerablemente permitiendo procesar en promedio 325 toneladas mensuales de material orgánico, mientras que actualmente es posible transformar en promedio 60 toneladas mensuales de materia prima. Se han establecido áreas con las que actualmente no se cuenta por las limitaciones de infraestructura de la planta, como un área adecuada de almacenamiento de producto terminado para inventario, un casino para mejorar las condiciones higiénico sanitarias de los empleados y un área de oficinas para las actividades administrativas. Ésta disposición permite tener un área de cargue para el producto terminado y la recepción de la

¹⁴ Se deja a consideración del lector el anexo N° 12; donde se encuentra de manera gráfica la distribución actual de la planta de producción, para que pueda hacerse una comparación con la distribución propuesta.

materia prima dentro de la planta, lo que mejora las condiciones de salud ocupacional de los empleados al no tener que desplazarse por trayectos prolongados y escalas con los sacos de producto terminado; además de no ocupar el espacio público para estas actividades. Específicamente para la zona de inventarios se ha propuesto un área que permitirá el almacenamiento al negro de producto terminado con una capacidad de aproximadamente 2020 sacos de producto terminado. Esta disposición también permitirá que la movilidad de la maquinaria y los empleados se realice con mayor fluidez y seguridad. Ver anexo N° 13.

A continuación, se sintetizan y relacionan los cifras concretas, los resultados obtenidos en la Tabla N° 10:

CONCEPTO	RESULTADO
1. Utilización del área servida de la localización.	100%
2. Proyección de ampliación de la planta.	5000 m ²
3. Capacidad de recepción mensual para mezcla y formación de pilas, con 7 proveedores y un área dispuesta de 348 m ² .	336 ton/mes
5. Capacidad para compostar para un área dispuesta de 428 m ² y un rendimiento de 90%. Con las siguientes dimensiones de pila (b x h x p= 3,30 m x 2,0 m x 15 m) y un espacio de 2 m entre cada pila	325 ton/mes
6. Capacidad para maduración en un área dispuesta de 428 m ² y un rendimiento de 90%. Con las siguientes dimensiones de pila (b x h x p= 3,30 m x 2,0 m x 15 m) y un espacio de 2 m entre cada pila	325 ton/mes
7. Capacidad para transformar, pesar y empacar, en un área dispuesta de 40 m ² .	480 – 800 ton/mes
8. Capacidad de almacenamiento al negro de producto terminado (sacos de 40 kg con dimensiones de l x a= 0,8	80 ton/mes (2020

m x 0,65 m) en un área dispuesta de 150 m ² .	sacos)
9. Ciclos de producción anuales	13,3
CAPACIDAD TOTAL DEL SISTEMA	<i>325 ton/mes de producto terminado</i>

Tabla N° 10. Resultados globales del rediseño del sistema. Fuente: elaboración propia

La tabla N° 10 muestra las cifras más relevantes del rediseño del sistema y su alcance. Los datos obtenidos son el resultado de las decisiones que se estudiaron inicialmente de localización, rediseño del proceso productivo, configuración y disposición de planta. En la tabla N° 10 se comienza describiendo el porcentaje de utilización del área servida de la ubicación seleccionada y su capacidad en m² para expandirse. En los numerales 3 al 7 se demuestra la capacidad del proceso expresado en toneladas mensuales. En el literal 8 se presenta la capacidad de manejo de inventario (establecido según políticas y necesidades específicas de la empresa para aproximadamente 2000 sacos de producto terminado). Finalmente se llega a aumentar a un total de 325 toneladas por mes la capacidad de producción de producto terminado frente a un promedio de 60 toneladas mensuales como se maneja actualmente.

4. Conclusiones

Se realizó una propuesta de rediseño para el sistema de producción para la empresa Sustratos de Colombia S.A. aumentando su capacidad productiva frente al proceso actual. Se encontró que el proceso diseñado provee un manejo mucho mejor a la demanda que se presenta actualmente, la cual no es posible ser atendida en este momento, lo cual repercute en un costo de oportunidad elevado y no se está generando la rentabilidad que se requiere.

Se definió una ubicación para la localización de una nueva planta de producción para Sustratos de Colombia S.A., encontrando factores más representativos que potencian la cadena de abastecimiento, la integración con los proveedores y la distribución del producto terminado de manera más fluida y rápida.

El rediseño del proceso permitió un ahorro de aproximadamente el 55-60% del tiempo total del proceso actual, lo que permite acelerar la producción de abono orgánico y cumplir con las exigencias del mercado con relación a la demanda actual del producto. Se concluye además que esta reducción del tiempo del proceso, puede mejorar en la medida que la materia prima posea las características idóneas de humedad para dar celeridad al proceso. De igual forma, en cuanto al rendimiento del proceso, se concluye que la variable determinante para alcanzar este rendimiento es; además del tipo de la materia prima, su humedad relativa.

Controlar los puntos de control críticos, permite que la empresa pueda disminuir las posibles desviaciones relacionados con el producto y sus características. Así mismo, podrá gestionar oportunamente certificaciones con entes gubernamentales y privados como apoyo a sistemas de gestión de calidad e idoneidad de producto, que puedan formularse. Este análisis fue muy útil para reconocer más fácilmente las debilidades y peligros que se puedan generar en el proceso productivo.

Se encontró mediante el método de planificación sistemática de Muther la disposición adecuada para el flujo del proceso con relación a la capacidad proyectada. Además de incluir en la disposición áreas que no se encontraban anteriormente, como un área administrativa, un casino para los empleados y un área específica para el manejo de inventario de producto terminado.

5. Recomendaciones

Sería pertinente llevar a cabo un estudio de costos globales de la empresa, de manera detallada; esto favorecerá la planificación de las operaciones y la formulación de indicadores que muestren el desempeño del sistema, su rentabilidad y otros elementos que permitan la consolidación financiera de la empresa y la posible expansión mediante la formulación de propuestas a diferentes entidades y socios potenciales.

Con relación a la determinación de factores, evaluadores y atributos a evaluar, es recomendable que esta selección de aspectos se realice mediante una técnica analítica más detallada y completa, que soporte estadísticamente la inclusión de los factores y su concordancia. Para esto es necesario realizar una búsqueda de personas que cumplan con las condiciones del estudio, la inclusión de clientes y de posibles compradores, para robustecer el estudio.

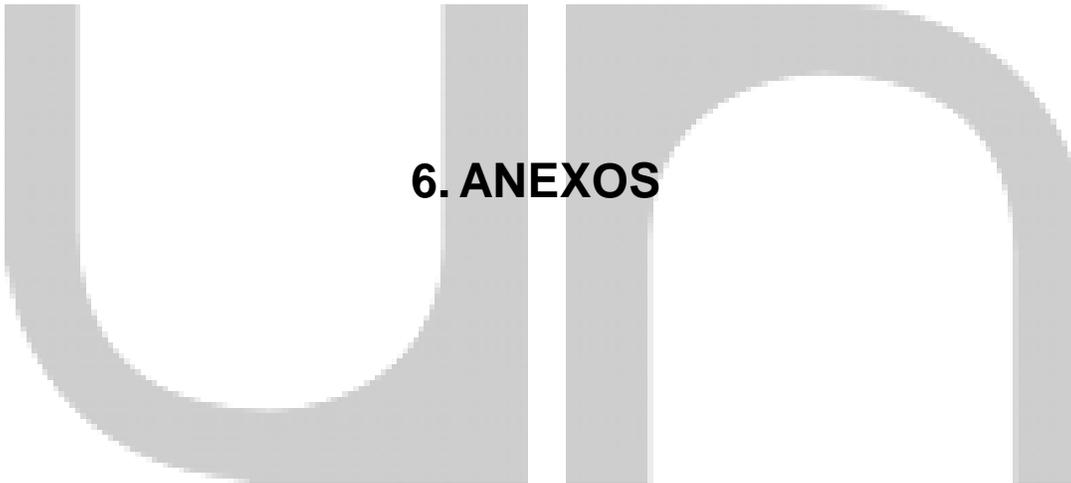
La estructura de los invernaderos con que actualmente cuenta la empresa, está construida de un material sensible a las condiciones climáticas severas que puedan presentarse; esto posibilita que según éstas condiciones se retrase el proceso de producción y se deteriore las materias primas, el producto en proceso y producto terminado. La búsqueda de opciones para este tema es importante para la adecuación de la nueva planta.

Además de seguir las indicaciones propuestas en este trabajo, se recomienda a la empresa el uso de la tecnologías de información, el cual tiene un papel integrador en todas las operaciones y procesos de la empresa, la cadena de abastecimiento, el entorno y el cliente final; de allí podrán formularse estrategias para monitorear, coordinar, mantener y/o aumentar el nivel de competitividad de la empresa. En consecuencia, si la Sustratos de Colombia S.A. desea estar a la vanguardia y ser competente frente a sus competidores debe adoptar nuevos y sofisticados sistemas de información para identificar, capturar y gestionar nuevos mercados que emergen constantemente, los cuales hasta hace algún tiempo no se concebían como mercados atractivos, tal cual.

Las actividades y labores administrativas, las cuales coordinan y hacen posible la gestión, transformación y distribución del producto se encuentran descentralizadas. Éstas labores podrían ser mucho más eficientes si se realizan en un espacio administrativo dentro de la planta de producción. Esto se ha relacionado en la distribución propuesta por el método de Muther.

Con relación a los estudios futuros se recomienda investigar acerca de nuevas fuentes de materia prima, diferentes tipos de empaque y disponibilidad de mano de obra más flexible y capacitada.





6. ANEXOS

7. Trabajos citados

PBA Productos Biotecnológicos S.A. (2009). *Productos Biotecnológicos*. Recuperado el 25 de 10 de 2011, de Productos: <http://www.pba.com.co/>

Ingenio Incauca S.A. (2005). *Incauca S.A.* Recuperado el 25 de 10 de 2011, de Procesos: <http://www.incauca.com/>

UNESCO. (2010). Nomenclatura internacional de UNESCO para los campos de ciencia y tecnología. 33.

The antidote. (1997). A pragmatic view of joint ventures and alliances. *Management practice* , 9, 37-38.

Buffa, E. S. (1981). *Administración de operaciones* (Vol. 1). México: Limusa.

Jacobsen, P., Flemming Pedersen, L., Jensen, P. E., & Witfelt, C. (2001/2002). Philosophy regarding the design of production systems. *Journal of manufacturing systems* , 20 (6), 405-415.

Incubar, M. (23 de 08 de 2010). *Incubar Manizales*. Recuperado el 25 de 10 de 2011, de Empresas incubadas: http://www.incubar.org/dynamic_page.aspx?p=271

HACCP , H. (1997). *U.S. Food and drug administration*. Recuperado el 10 de 2011, de www.fda.gov

Muther, R. (1977). *Distribución en planta* (3 ed.). (C. M. Cabré Rabadá, Trad.) New York, EEUU: McGraw-Hill.

Dira, A., Pierreval, H., & Hajri-Gabouj, S. (4 de 4 de 2007). Facility layout problems: A survey. *Annual Reviews in Control* , 255-267.

Lin, C., Tan, B., & Chang, S. (2002). The critical factors for technology absorptive capacity. *Industrial management & data systems* , 102 (6), 300-308.

García Torres, A. (1996). Administración estratégica de la innovación tecnológica. *Revista espacios* , 17 (3).

Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2005). *Administración de la producción y operaciones* (10 ed.). México: McGraw-Hill.

Sarache Castro, W. A. (2 de 2009). Modulo estrategia de producción/operaciones. Manizales, Caldas, Colombia.

Porter, M. E. (1991). *La ventaja competitiva de las naciones*. Argentina: Vergara Editores S.A.

Hayes, R. H., & Upton, D. M. (1998). Operations-Based strategy. *California Management Review* , 40 (4), 8-25.

Hayes, R. H. (1985). Strategic planning. *Harvard Business Review* , 63 (6).

- Dominguez Machuca, J. A., Alvarez Gil, M. J., & Garcia Gonzalez, S. (1995). *Dirección de operaciones aspectos estratégicos en la producción y los servicios*. Madrid: McGraw-Hill.
- Dominguez Machuca, J. (2001). *Dirección de operaciones aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. Madrid: McGraw-Hill.
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. K. (2008). *Administración de operaciones* (8 ed.). México: Pearson Educación.
- Linn, M. (2008). Library strategies. *The Bottom Line: Managing Library Finances* , 21 (1), 20-23.
- Al-Turki, U. (2011). Methodology and theory. *Journal of quality in maintenance engineering* , 17 (2), 150-162.
- Sarache Castro, W. A., Cardona Alzate, C. A., & Tamayo Arias, J. A. (2009). *Localización y sistema de información logístico*. Manizales: Editorial Universidad Nacional de Colombia.
- Castrillón Gómez, O. D., Giraldo García, J. A., & Sarache Castro, W. A. (2009). *Técnicas de programación de la producción* (1 ed.). Bogotá: Editorial Universidad Nacional de Colombia.
- Cross, N. (2002). *Métodos de diseño de estrategias para el diseño de productos*. Mexico: Limusa, John Wiley & Sons.
- Vollman, T. E., Berry, W. L., Whybark, D. C., & Jacobs, F. R. (2005). *Planeación y control de la producción* (5 ed.). (J. d. Rodriguez, Trad.) México: McGraw-Hill.
- Heizer, J., & Render, B. (2007). *Dirección de la producción y de operaciones* (8 ed.). (Y. Moreno Lopez, Trad.) Madrid: Pearson/Prentice Hall.
- Schroeder, R. G. (2004). *Administración de operaciones: casos y conceptos* (2 ed.). (M. G. Cevallos Almada, Trad.) México: McGraw-Hill.
- Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones* (5 ed.). México: McGraw-Hill.
- Tarzijan Martabit, J. (2008). *Fundamentos de estrategia empresarial*. México: Alfaomega.
- Krajewski, L. J., & Ritzman, L. P. (2000). *Administración de operaciones* (5 ed.). México, México: Pearson Educación.
- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Principios de administración de operaciones* (7 ed.). México, México: Pearson Educación.
- Rodríguez Córdoba, M. d. (2011). Ética e investigación. *Grupo de investigación ETHOS* .
- Martinez Sanchez, A. (1995). Innovation cycles and flexible automation in manufacturing industries. *Technovation* , 15 (6), 351-362.

Safsten, K., Stahre, J., & Winroth, M. (2007). The content and process of automation strategies. *International journal of production economics* , 110 , 25–38.

Wong, P.-K., & Ngin, P. (1997). Automation and organizational performance. *International journal of production economics* , 52, 257-268.

Vilaboa B., J. (2004). Gestión de la automatización de plantas industriales en Chile. *Revista Facultad de Ingeniería U.T.A.* , 12 (1), 33-41.

Lindstrom, V., & Winroth, M. (2010). Aligning manufacturing strategy and levels of automation. *Journal of engineering and technology management* , 27, 148-159.

Fox, P. (2001). Automation. *Assembly automation volume* , 21 (2), 111-114.

Cárdenas Aguirre, D., & Urquiaga Rodríguez, A. J. (2004). Organización de la producción y del trabajo. *Industrial* , 25 (3).

Passemard, D., & Kleiner, B. H. (2000). Competitive advantage in global industries. *Management Research News* , 23 (7/8).

Zhou, Y., & Chuah, K. B. (2000). Human intelligence. *Integrated Manufacturing Systems* , 11 (1), 30-45.

Sun, H. (2001). Human resources development and integrated manufacturing systems. *Integrated Manufacturing Systems* , 12 (3), 195-204.

Co , H. C., Patuwo, B. E., & Hu, M. Y. (1998). The human factor in advanced manufacturing technology adoption. *International journal of operations & production management* , 18 (1), 87-106.

Aldehayyat, J. S., Al Khattab, A. A., & Anchor, J. R. (2011). The use of strategic planning tools and techniques by hotels in Jordan. *Management Research Review* , 34 (4), 477-490.

Li, H.-L., & Tang , M.-J. (2010). Vertical integration and innovative performance. *Technovation* , 30, 401-410.

Peyrefitte, J., Golden , P. A., & Brice Jr, J. (2002). Vertical integration and economic performance. *Management Decision* , 40 (3), 217-226.

Gulbrandsen, B., Sandvik, K., & Haugland, S. A. (2009). Antecedents of vertical integration. *Journal of purchasing & supply management* , 15, 89-102.

Urgal-González, B., & García-Vázquez, J. M. (2007). The strategic influence of structural manufacturing decisions. *International journal of operations & production management* , 27 (6), 605-626.

Robinson, D. T. (17 de 5 de 2007). Strategic alliances and the boundaries of the firm. *Emerald. Fuqua School of Business* .

Das, T. K., & Kumar, R. (2010). Interpartner negotiations in alliances. *Emerald* .

Vyas, N. M., Shelburn, W. L., & R., D. C. (1995). An analysis of strategic alliances. *Journal of business & industrial marketing* , 10 (3), 47-60.

L. Hill, C. W., & Jones, G. R. (2005). *Administración estratégica* (6 ed.). (J. R. Almada, Trad.) Mexico D.F., México: McGraw-Hill.

Gaither, N., & Frazier, G. (2000). *Administración de producción y operaciones* (8 ed.). (M. A. Castellanos, Ed., & G. S. García, Trad.) Buenos Aires, Argentina: International Thomson Editores.

Ballou, R. H. (2004). *Logística* (5 ed.). (E. Q. Duarte, Ed.) México: Pearson Educación.

Muñoz Negrón, D. F. (2009). *Administración de operaciones*. (J. T. Bonilla, Ed.) Santa Fe, México: Cengage Learning Editores.

Miltenburg, J. (2005). *Manufacturing strategy*. (T. Services, Ed.) New York, United State of America: Productivity Press.

Ingenio Risaralda S.A. (2011). <http://www.ingeniorisaralda.com/>. Recuperado el 02 de 11 de 2011, de http://www.ingeniorisaralda.com/es/ipaginas/ver/G150/65/abonos_organicos/.

Agropecuaria, I. N. (11 de 2011). <http://www.inta.gov.ar/>. Recuperado el 11 de 2011, de INTA: http://www.inta.gov.ar/santacruz/info/documentos/agri/horti/como_preparar_abono.htm