

Vidal Echeverría Armella
Ronald Álvarez Martínez
Víctor Ávila Díaz
Jairo Castañeda Villacob
Remberto Jesús De la Hoz Reyes
Enrique Martelo López
Ana María Meléndez Pérez
Erick Eduardo Orozco Acosta
Luis Eduardo Ortiz Ospino
Alex Ruiz Lázaro

Herramientas para la gestión de la productividad en la empresa

Experiencias exitosas desde el Caribe colombiano

Herramientas para la
**gestión de la
productividad**
en la empresa

Experiencias exitosas desde el Caribe colombiano



PRESIDENTA SALA GENERAL
ANA BOLÍVAR DE CONSUEGRA

RECTOR FUNDADOR
JOSÉ CONSUEGRA HIGGINS (q.e.p.d.)

RECTOR
JOSÉ CONSUEGRA BOLÍVAR

VICERRECTORA ACADÉMICA
SONIA FALLA BARRANTES

**VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN
E INNOVACIÓN**
PAOLA AMAR SEPÚLVEDA

VICERRECTORA FINANCIERA
ANA CONSUEGRA DE BAYUELO

VICERRECTOR DE INFRAESTRUCTURA
IGNACIO CONSUEGRA BOLÍVAR

SECRETARIA GENERAL
ROSARIO GARCÍA GONZÁLEZ

DIRECTORA DE INVESTIGACIONES
ALIZ YANETH HERAZO BELTRÁN

DEPARTAMENTO DE PUBLICACIONES
MILENA I. ZABALETA DE ARMAS

MIEMBROS DE LA SALA GENERAL
ANA BOLÍVAR DE CONSUEGRA
OSWALDO ANTONIO OLAVE AMAYA
MARTHA VIVIANA VIANA MARINO
JOSÉ EUSEBIO CONSUEGRA BOLÍVAR
JORGE REYNOLDS POMBO
ÁNGEL CARRACEDO ÁLVAREZ
ANTONIO CACUÑA PRADA
PATRICIA MARTÍNEZ BARRIOS
JAIME NIÑO DÍEZ †
ANA CONSUEGRA DE BAYUELO
JUAN MANUEL RUISECO
CARLOS CORREDOR PEREIRA
JORGE EMILIO SIERRA MONTOYA
EZEQUIEL ANDER-EGG
JOSÉ IGNACIO CONSUEGRA MANZANO
EUGENIO BOLÍVAR ROMERO
ÁLVARO CASTRO SOCARRÁS
IGNACIO CONSUEGRA BOLÍVAR



BARRANQUILLA Y CÚCUTA - COLOMBIA

Herramientas para la gestión de la productividad en la empresa

Experiencias exitosas desde el Caribe colombiano

Vidal Echeverría Armella - Ronald Álvarez Martínez
Víctor Ávila Díaz - Jairo Castañeda Villacob
Remberto Jesús De la Hoz Reyes - Enrique Martelo López
Ana María Meléndez Pérez - Erick Eduardo Orozco Acosta
Luis Eduardo Ortiz Ospino - Alex Ruiz Lázaro



EL MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL ACREDITA
INSTITUCIONALMENTE A LA UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR
Resolución 23095, del 15 de diciembre de 2016

Herramientas para la gestión de la productividad en la empresa: experiencias exitosas desde el Caribe colombiano / Vidal Echeverría Armella... [et al.] -- Barranquilla: Ediciones Universidad Simón Bolívar, 2017.

194 p.; 17x24 cm.
ISBN: 978-958-8930-88-6

1. Administración de la producción 2. Productividad industrial 3. Productividad agrícola 4. Productividad – Contabilidad 5. Control de la producción 6. Planificación de la producción I. Vidal Echeverría Armella II. Álvarez Martínez, Ronal III. Ávila Díaz, Víctor IV. Castañeda Villacob, Jairo V. De La Hoz Reyes, Remberto Jesús VI. Martelo López, Enrique VII. Meléndez Pérez, Ana María VIII. Orozco Acosta, Erick Eduardo IX. Ortiz Ospino, Luis Eduardo X. Ruiz Lázaro, Alex XI. Tit.

658.5 H564 2017 SCDD 21 ed.
Universidad Simón Bolívar – Sistema de Bibliotecas

HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA

EXPERIENCIAS EXITOSAS DESDE EL CARIBE COLOMBIANO.

© Ronald Álvarez Martínez • Víctor Ávila Díaz • Jairo Castañeda Villacob
• Remberto Jesús De la Hoz Reyes • Vidal Echeverría Armella • Enrique Martelo López • Ana María Meléndez Pérez • Erick Eduardo Orozco Acosta
• Luis Eduardo Ortiz-Ospino • Alex Ruiz Lázaro

Vicerrectoría de Investigación e Innovación de la Universidad Simón Bolívar
Grupo de Investigación GEMAS
Director: Luis Eduardo Ortiz Ospino

Proceso de arbitraje doble ciego

Recepción: Marzo de 2016
Evaluación de propuesta de obra: Junio de 2016
Evaluación de contenidos: Agosto de 2016
Correcciones de autor: Septiembre de 2016
Aprobación: Diciembre de 2016

Impreso en Barranquilla, Colombia. Depósito legal según el Decreto 460 de 1995. El Fondo Editorial Ediciones Universidad Simón Bolívar se adhiere a la filosofía del acceso abierto y permite libremente la consulta, descarga, reproducción o enlace para uso de sus contenidos, bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



© Ediciones Universidad Simón Bolívar
Carrera 54 No. 59-102
<http://publicaciones.unisimonbolivar.edu.co/edicionesUSB/>
dptpublicaciones@unisimonbolivar.edu.co
Barranquilla y Cúcuta - Colombia

Producción Editorial

Editorial Mejoras
Calle 58 No. 70-30
info@editorialmejoras.co
www.editorialmejoras.co
Barranquilla

Marzo 2017
Barranquilla

Made in Colombia

AGRADECIMIENTOS

A la Vicerrectoría de Investigación e Innovación de la Universidad Simón Bolívar por el invaluable apoyo a las actividades del Grupo GEMAS.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	5
INTRODUCCIÓN.....	9
PRÓLOGO	13
CAPÍTULO 1	
DISTRIBUCIÓN DE PLANTAS CON PLANEACIÓN SISTEMÁTICA DE LAYOUT	17
CAPÍTULO 2	
LINEAMIENTOS DE POLÍTICA PARA LA CREACIÓN DE SPIN-OFF EN UNIVERSIDADES PRIVADAS COMO MECANISMO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA.....	49
CAPÍTULO 3	
INCIDENCIA DE VARIABLES DEL ENTORNO A LA TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA, MODALIDAD INVERSA, EN PROCESOS DE MECANIZADO, POR PYMES DEL SECTOR METALMECÁNICO	89
CAPÍTULO 4	
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA DE COSTEO VARIABLE Y LA CONTABILIDAD DEL TRÚPUT PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EL SECTOR PLÁSTICO	129

CAPÍTULO 5

SISTEMA DE INFORMACIÓN COMO HERRAMIENTA DE CONTROL PARA LA PRODUCTIVIDAD DE CULTIVOS PISCÍCOLAS.

Proyecto de investigación. Diseño de un Modelo de Control

Operativo apoyado en TIC, para Sistemas Piscícolas.

Caso: Policultivo Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) -

Tilapia roja (*Oreochromis sp.*).

Financiado por Universidad Simón Bolívar. 2010..... 159

CONCLUSIÓN GENERAL 191

INTRODUCCIÓN

Los planteamientos teóricos con relación a los modelos de mejoramiento de los procesos productivos de las organizaciones, usualmente adolecen de ilustración práctica y contextualizada que permita, a quienes se aproximan a ellos, su utilización y aplicación en situaciones concretas con menor riesgo de error. Este elemento constituye un factor clave para la apropiación de la literatura científica y de los desarrollos teóricos que se han generado en el área de producción y operaciones, los cuales son fundamentales en los procesos de formación profesional, en la labor de intervención directa en las empresas y en la toma de decisiones.

La comprensión de modelos de mejoramiento de la productividad y sus utilidades, de forma más consecuente con nuestras realidades empresariales, estableciendo las asociaciones y sus alcances en el contexto del Caribe colombiano, es el propósito general de este texto. Su aporte facilita la labor de cualquiera de los responsables de procesos y decisiones a nivel de producción en la organización, que pueden observar casos de estudio e identificar el potencial de nuevas herramientas, esquemas de relacionamiento entre la empresa y otros actores sociales para el fomento de la innovación y sobre todo contribuye a aunar esfuerzos que encaminen la labor de mejoramiento operacional, sin caer en tendencias o en generalizaciones teóricas que muchas veces no contribuyen al crecimiento empresarial.

El presente texto responde a la necesidad de ilustrar en la práctica,

posibilita la contextualización de herramientas y modelos teóricos la gestión de la productividad en las empresas gracias a la muestra de aplicaciones concretas en las que se observan los procedimientos seguidos, aciertos y aprendizajes alcanzados esto con fines de divulgación científica pero también de orientación de procesos de aprendizaje, consultoría y desarrollo empresarial.

En el primer capítulo se puede observar el proceso de implementación de un modelo de Planeación Sistemática del Diseño de Planta (SPL, por sus siglas en inglés) en conjunto con los procedimientos para el balanceo de líneas de producción que buscan integralmente la mejora del diseño y la optimización del proceso.

En el segundo capítulo se encuentran elementos clave para la comprensión de la relación entre la Universidad y la Empresa, en torno a la generación y consolidación de dinámicas de trabajo conjunto para llevar a cabo procesos de innovación, necesidad latente en las empresas que buscan ofrecer productos novedosos y diferenciados que les concedan ventajas sobre sus competidores. Es sabido que la Empresa cuenta con necesidades en términos de enfocar y lograr eficiencias en sus esfuerzos para innovación, y la Universidad, por su parte, tiene un acervo de conocimientos potencialmente aplicables en la solución de problemas concretos. El *spin-off* se convierte en uno de los mecanismos para lograr el encuentro de estos dos entes, y una forma efectiva de transferencia tecnológica que permite la comercialización o explotación económica de los resultados de investigación generados en las instituciones universitarias (Djokovic, & Souitaris, 2007).

Seguidamente se encuentra un caso que ilustra y profundiza en el concepto de transferencia tecnológica con un enfoque multifactorial, en un contexto y sector específico como lo es el metalmecánico. El análisis

se realiza en doble vía y otorga criterios válidos en la comprensión de los resultados alcanzados, al cuantificar el impacto generado por la aplicación de fuentes financieras, mensurado en su costo de oportunidad; en la injerencia del componente académico del talento humano imbuido en el proceso y en la configuración de demanda real y potencial a los servicios ofertados, todo ello en el marco de procesos de innovación.

Por último, en los capítulos cuatro y cinco se identifican dos aspectos transversales a las operaciones: por un lado del orden administrativo, especialmente de costeo; en este apartado se propone la Contabilidad del Trúput como un nuevo enfoque para la toma de decisiones en la organización y una alternativa a la contabilidad de costos tradicional. Por otro lado, se hace referencia al uso de sistemas de información para el monitoreo de procesos y control de la productividad en la producción piscícola, mostrando un caso que conllevó al desarrollo de un *software* bajo plataforma web que facilita el análisis comparativo, seguimiento y control del proceso, con lo que se optimiza, ayudando a cada uno de los actores de la producción a mejorar sus actividades administrativas.

El enfoque en la construcción de los casos reviste gran importancia, se referencia un problema real y se establece el marco teórico con el cual se aborda la problemática para, posteriormente, analizar los resultados de la implementación y establecer patrones de uso y replicabilidad. Se constituye pues este documento de gran utilidad en la referenciación de buenas prácticas y casos de éxito, así como un referente para procesos de mejoramiento en el área de producción y operaciones.

PRÓLOGO

El equipo de investigadores del grupo GEMAS, Grupo Estratégico para el Mejoramiento Aplicado de la Universidad Simón Bolívar en Barranquilla (Colombia), aporta con esta publicación importantes resultados de sus procesos investigativos y de acompañamiento y cooperación Universidad-Empresa, orientados al crecimiento empresarial.

GEMAS es un grupo de investigación adscrito a la Vicerrectoría de Investigación e Innovación de la Universidad, clasificado en la Categoría A por Colciencias, que articula su trabajo con el Centro de Crecimiento Empresarial Macondo Lab® y la Facultad de Ingeniería, conformado por más de quince investigadores. Tiene como línea principal de trabajo los procesos integrales aplicados a la gestión de las organizaciones, lo que implica fomentar en la región Caribe colombiana el incremento de la productividad y competitividad de las organizaciones, en especial aquellas que por sus características particulares, tamaño, ubicación y conformación, demandan esquemas de atención ágiles, cercanos y flexibles. Para ello desarrolla acciones como:

- Elaboración de modelos y técnicas que permitan la gestión integral, adaptadas a las organizaciones de la Región.
- Desarrollo de sistemas de gestión integrados basados en las normas internacionales y nacionales de estandarización de procesos en los diferentes sectores donde se apliquen los proyectos.
- Aplicación de la administración de producción y operaciones, y optimización de los sistemas de gestión.
- Aplicación de modelos y técnicas de *marketing* estratégico y *marketing* social que fortalezcan la productividad de la región Caribe.

Debido a la misma evolución de las demandas empresariales, GEMAS viene abordando nuevas líneas de trabajo que abarcan proyectos en el ámbito de la eficiencia energética y sistemas basados en fuentes renovables de energía, así como proyectos de integración estructural y ciencia de los materiales. En todo caso, la impronta del grupo es la investigación aplicada, el desarrollo de un modelo propio de gestión de la productividad y la competitividad en la región Caribe y la apropiación en contexto de los recientes avances en materia disciplinar en el ámbito de la producción y las operaciones.

Muestra de lo anterior es que en la actualidad, se vienen desarrollando proyectos de apoyo al desarrollo de productos de confitería y fertilizantes para la generación de valor agregado, asociado a la producción de productos agrícolas en el departamento del Atlántico y el acompañamiento en el desarrollo de un prototipo para el semicultivo de jaiba roja (*Callinectes bocourti*), para la obtención de jaiba suave como producto de innovación y mejoramiento de la productividad en la industria pesquera regional. En ambos proyectos se busca potenciar los recursos locales, acompañar al empresario y emprendedor de la Región en su gestión y promover el crecimiento empresarial local con sentido social.

La investigación y los proyectos que se promueven desde el grupo GEMAS así como los de la misma Universidad Simón Bolívar revisten entonces un importante enfoque social, integra esfuerzos de entes públicos y privados en torno a los objetivos trazados y las líneas de trabajo. Es así como la articulación del grupo ha incluido entidades financiadoras y de fomento al desarrollo industrial, empresarial y tecnológicos como: ACOPI, FENALCO, la Cámara de Comercio de Barranquilla, la Gobernación del Atlántico, FOMIPYME, Ministerio de Agricultura, Colciencias y SENA como aliados estratégicos.

En este marco, la presente obra representa una importancia sustancial para el desarrollo empresarial local; es el resultado del sostenido esfuerzo de mejoramiento de la calidad de las labores misionales de la Universidad Simón Bolívar y se constituye en un elemento de discusión académica y reflexión sobre los modelos de desarrollo social regional.

Ing. Remberto De la Hoz Reyes, PhD(c)

Decano, Facultad de Ingeniería

Universidad Simón Bolívar

Distribución de Plantas con Planeación Sistemática de Layout

*Erick Eduardo Orozco Acosta*¹ _____

*Luis Eduardo Ortiz-Ospino*² _____

*Remberto Jesús De la Hoz Reyes*³ _____

1 Ingeniero Industrial, Magíster en Estadística Aplicada. Profesor de Planta Universidad Simón Bolívar, Barranquilla, Colombia.
eorozco15@unisimonbolivar.edu.co
orcid.org/0000-0002-1170-667X

2 Ingeniero Industrial, Magíster en Desarrollo Social. Profesor de Planta Universidad Simón Bolívar, Barranquilla, Colombia.
lortiz27@unisimonbolivar.edu.co
orcid.org/0000-0002-9334-4026

3 Ingeniero Industrial, Magíster en Desarrollo Social. Decano Facultad de Ingeniería Universidad Simón Bolívar, Barranquilla, Colombia.
lortiz27@unisimonbolivar.edu.co
orcid.org/0000-0003-3089-4976

RESUMEN

El presente trabajo es un modelo de operación en una línea de embotellado de bebidas carbonatadas como un caso de éxito en el estudio de la distribución y diseño de planta, específicamente en la implementación de SLP (Systematic Layout Planning) y un algoritmo de balanceo de líneas de producción. Inicia explicando las principales metodologías de planeación de layout, tomando como referencia el caso de estudio, aplica el SLP de una forma híbrida en una línea de producción y termina estableciendo la mejora del proceso con un balance de línea.

Palabras clave: Layout, Productividad, Flujo, Material, Toma de decisiones.

ABSTRACT

This work is a model of operation in a bottling line for carbonated drinks as a success in the study of the distribution and plant design, specifically in the implementation of SLP (Systematic Layout Planning) and a balancing algorithm lines of production. This paper begins by explaining the main methodologies layout planning, then by reference to the case study applies the SLP, a hybrid form in a production line and ends establishing process improvement with a balance line.

Keywords: Layout, Productivity, Flow, Material, Decision making.

INTRODUCCIÓN

En un mundo donde el paradigma reinante es la globalización, donde las fronteras han desaparecido y el libre flujo de capital, tecnología e información son el día a día de las industrias, es vital que estas tengan una estructura interna operativa y física que las haga lo suficientemente flexibles ante la demanda incierta de la actualidad, rentables y sostenibles en el tiempo, todo esto encaminado a satisfacer a un mercado cada vez más dinámico.

De igual forma, es común observar empresas compitiendo por precios, portafolios de productos, tiempos de entregas, entre otras. Sin embargo, todas estas variables se han convertido en indicadores de gestión de las empresas hasta llegar a que la mayoría trabaja en función de los mismos. Por esto las industrias empiezan a buscar estrategias con el fin de hacer que las utilidades aumenten (incrementar la productividad dentro de una industria). Esto incluye revisar muy detenidamente el proceso de transformación de una materia prima, en donde entran a trabajar máquinas y hombres de una forma entrelazada, la disposición correcta de los recursos y máquinas, la estandarización de los procesos y demás aspectos internos del lugar de transformación (en este caso una línea de producción) asociados con la productividad que conllevan a que el aumento de la misma sea el norte de las empresas de la región y el mundo.

Seguidamente, cuando la industria entra a observar la parte interna del proceso productivo y del lugar donde se lleva a cabo; es donde esta evidencia que la materia prima que adquiere de los proveedores no la emplea a un 100 %, las horas-hombre no las usa de una manera correcta, los despachos de la producción son lentos, los inventarios son un caos, por la planta no es posible caminar por la existencia de congestión, los tiempos entre una operación y otra son largos, el camino que tiene que recorrer un trabajador entre un lugar y otro es largo, los constantes accidentes laborales, las máquinas a la espera de material para procesar, los cuellos de botella, etc., son variables que llevan a unas erogaciones operativas ociosas que van en detrimento del patrimonio y de las utilidades.

Para el caso de estudio de este trabajo, se observa que dentro del programa de producción de una línea de producción, cuando se cambia entre un producto y otro, se pierden muchas horas y también se ve alterado el flujo de productos, lo que retrasa el proceso productivo dejando al descubierto los dos cuellos de botella en lugares vitales dentro del proceso. Esto lleva al empresario a cuestionarse: ¿En qué le agrega valor al producto estas pérdidas de tiempo en el proceso?

En concordancia con lo anterior, en las secciones siguientes se hace un recorrido muy puntual de los conceptos de distribución y localización de planta, para después mostrar una aplicación correspondiente en un caso real planteado.

PRELIMINARES

A continuación se repasan algunas bases conceptuales antes de pasar al caso de estudio.

Distribución de planta

Según Ortega (2003), un concepto de distribución de planta, es el proceso de ordenación física de los elementos industriales de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible. Esta ordenación ya practicada o en proyecto, incluye tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, como el equipo de trabajo y el personal de taller. (p.4)

Es decir, es un proceso netamente de organización industrial que genera respuestas a preguntas como: ¿Dónde se ubican las máquinas, almacén, áreas de tránsito, entre otras, de tal forma que el costo sea mínimo? En sus inicios, se aplicó en el terreno de la estrategia militar de la segunda guerra mundial, cuando se planeaban las operaciones en los portaaviones para optimizar el espacio en cubierta. Aquí nace lo que se hoy se conoce como *Layout*. En el entorno estudiado, esta palabra significa: disposición de elementos en un espacio. Aunque esto aplica al campo del diseño, el concepto puede variar un poco.

Por otro lado, Chase, Jacobs & Aquilano (2009), llegaron a la siguiente conclusión:

La distribución de las instalaciones es donde se ve la realidad de las cosas en lo que respecta al diseño y la operación de un sistema de producción. Una buena distribución de la fábrica (o la oficina) puede proporcionar una verdadera ventaja competitiva porque facilita los procesos de flujo de materiales e información. (p.240)

Por lo anterior, es claro que la ventaja competitiva de cualquier compañía es sensible al proceso de disposición física de las instalaciones. Por ejemplo: "En los Estados Unidos las instalaciones de fabricación se están esforzando por mejorar su distribución de la planta, lo que contribuye a por lo menos una reducción del 30 % en costos netamente operacionales" (Aleisa, 2005). De igual manera, Ramakrishnan & Srihari (2008), exponen que:

La distribución de planta es ampliamente reconocida por tener un gran impacto en los costos globales, la eficiencia y el funcionamiento de una instalación. Se dice que el 50 % de los gastos totales de funcionamiento puede reducirse si se ha diseñado el layout de la instalación adecuadamente. (p.2)

Importancia de la distribución de planta

Muchos son los autores que han abordado este tema en lo referente a la importancia de la distribución de planta. Pero la mayoría llega al consenso cuando se habla de mejoramiento en el funcionamiento de las instalaciones, que sirve para industrias y/o servicios, que genera una minimización en los costos totales de producción.

Según Ortega (2003), es claro que:

La incidencia de los factores de la producción es efectiva cuando los factores actúan en un lugar (espacio) adecuado, controlando y asegurando los procesos de fabricación. Por eso, se hace necesario adoptar un esquema de planta por puesto de trabajo y operación que permita minimizar los costos altos de producción, la

pérdida de tiempo y productividad que son comunes en el sector de la buena distribución de la planta. (p.5)

Una planta con estas características permite controlar los costos de producción, el desperdicio, el capital de trabajo, controlar la materia prima, la producción, la mano de obra y a su vez conocer la verdadera capacidad instalada para poder dar respuesta a la demanda de productos e ir mejorando la competitividad. Aunque lo anterior toma valor agregado cuando existe un marco de trabajo, se prioriza por el incremento de la productividad de la empresa mitigando los impactos ambientales en el entorno y una política de generación de bienestar en todos los grupos de interés, es decir, que desde lo económico se impacte en gran forma lo social.

Principios de distribución de planta

Según Muther (1961), estos objetivos pueden resumirse y plantearse en forma de principios, sirviendo de base para establecer una metodología que permita abordar el problema de la distribución en planta de forma ordenada y sistemática. Tomando como referencia el trabajo de Diego-Más (2006), se pueden resumir los principios de distribución de planta en la Tabla 1-1:

Tabla 1-1.
Principios de la distribución de planta

Principio	Descripción
Principio de la integración de conjunto	"la mejor distribución es la que integra a los operarios, los materiales, la maquinaria, las actividades, así como cualquier otro factor, de modo que resulte el compromiso mejor entre todas estas partes".
Principio de la mínima distancia recorrida	"en igualdad de condiciones, es siempre mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer por el material entre operaciones será la más corta".
Principio de la circulación o flujo de materiales	"en igualdad de condiciones, es mejor aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se tratan, elaboran, o montan los materiales".
Principio del espacio cúbico	"la economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en vertical como en horizontal".
Principio de la satisfacción y de la seguridad (confort)	"en igualdad de condiciones, será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los operarios, los materiales y la maquinaria".
Principio de la flexibilidad	"en igualdad de condiciones, siempre será más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos costos o inconvenientes".

Fuente: Diego-Más, José Antonio (2006)

En la Tabla 1-1 se puede observar que en el mundo de hoy se valora el espacio de una instalación. Esto es clave a la hora de hacer proyecciones en la capacidad instalada y real que se tiene debido a muchas tendencias que se vienen presentando en el mercado. Por ejemplo: En la ciudad de Barranquilla, el sector servicios y comercio ocupa un 76 % de las empresas totales. De estas, muchas son relacionadas con servicios logísticos donde la función almacenamiento en estantería de varios metros hacia arriba es vital en sus operaciones. Como parte de esta tendencia, Botero (2016) establece que:

Las exigencias de los clientes se han centrado en asuntos como la reducción de los tiempos de respuesta, ampliación de la gama de productos, aumento de la personalización, mayor complejidad de los pedidos debido a una reducción en la cantidad y el aumento en el número de líneas. Esta nueva coyuntura está llevando a las empresas a generar propuestas de valor que requieren nuevas configuraciones de cadenas de suministro multi-escalón, donde los almacenes resultan vitales.

Lo anterior es la causa, la concepción que se tiene hoy de las cadenas de suministro como sistemas complejos. Sin embargo, ante esto Chackelson-Lurner, Errasti-Opacua, & Santos-García (2013), presentan cuatro resultados que contribuyen al dimensionamiento de almacenes:

- 1) El desarrollo de un sistema experto denominado IRES.
- 2) La propuesta de una herramienta para la selección.
- 3) La propuesta de una metodología de diseño de almacenes, y
- 4) La recopilación de diseños de almacenes de referencia.

Tipos de distribución de planta

Existen varios tipos de distribución de planta. Los que se enuncian en las secciones 1.4.1 a 1.4.5, se encuentran en Kumar & Suresh (2009); aunque muchos autores de libros clásicos de administración de operaciones han abordado esta temática, a continuación se encuentra un breve resumen:

Distribución por procesos

La distribución por procesos es recomendada para producción por lotes. Todas las máquinas que realizan un tipo similar de operaciones se agrupan en un solo lugar, en el diseño del proceso por ejemplo, todos los tornos, fresadoras, etc. se agrupan en la sección en grupos similares.

Por lo tanto, en la distribución por procesos la disposición de las instalaciones se agrupa de acuerdo a sus funciones. Las trayectorias de flujo de material a través de las instalaciones de un área funcional a otra varían de un producto a otro (ver Figura. 1-1). Por lo general, los caminos son largos y no habrá posibilidad de dar marcha atrás.

Esta se utiliza normalmente cuando el volumen de producción no es suficiente para justificar un diseño de producto. Por lo general, los talleres de trabajo emplean diseños de proceso debido a la variedad de los productos fabricados y sus volúmenes bajos de producción.

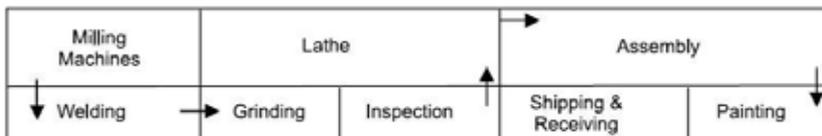


Figura 1-1.
Distribución por procesos
Fuente: Kumar & Suresh (2009)

Distribución por productos

En este tipo de distribución, máquinas y servicios auxiliares están ubicados de acuerdo a la secuencia de procesamiento del producto. Si el volumen de producción de uno o más productos es grande, las instalaciones se pueden organizar para conseguir un flujo eficiente de los materiales y el costo más bajo por unidad. El propósito espacial es que máquinas especiales realicen la función deseada de forma rápida y fiable (ver Figura. 1-2).

La distribución por producto se selecciona cuando el volumen de

producción es tan alto, que la separación de una línea de producción para fabricar se puede justificar. En un diseño de producto estricto, las máquinas no son compartidas por diferentes productos. Por lo tanto, el volumen de producción debe ser suficiente para lograr una utilización satisfactoria de los equipos.

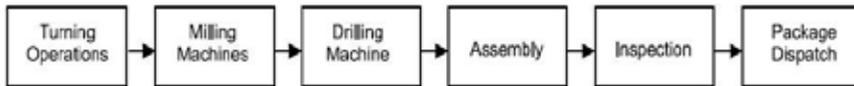


Figura.1-2.
Distribución por productos
Fuente: Kumar & Suresh (2009)

Distribución combinada

Una combinación de distribuciones por productos y procesos combina las ventajas de ambos tipos de distribución. Esta es posible cuando una entidad es hecha en diferentes tipos y tamaños. Aquí la maquinaria está dispuesta en una distribución por procesos, pero el proceso completo sigue una secuencia de operaciones (ver Figura. 1-3).

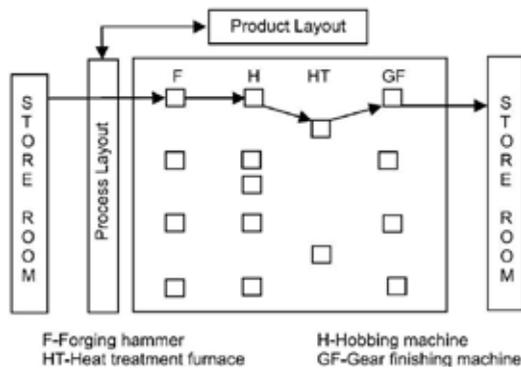


Figura.1-3.
Distribución combinada
Fuente: Kumar & Suresh (2009)

Distribución de posición fija

Esta también es llamada distribución tipo proyecto. En este tipo de distribución, el material o componentes principales se mantienen en

un lugar fijo y las herramientas, las máquinas, los hombres y otros materiales son traídos a este lugar. Este tipo de distribución es adecuado cuando una o unas pocas piezas de productos pesadas idénticas se van a fabricar y cuando el conjunto se compone de gran número de piezas pesadas, donde el costo de transporte de estas piezas es muy alto, como se puede ver en la Figura 1-4.

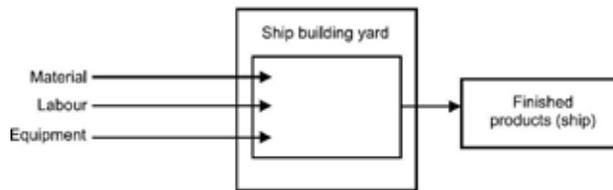


Figura 1-4.
Distribución de posición fija
Fuente: Kumar & Suresh (2009)

Distribución grupal

Es una combinación de la distribución por productos y por procesos. Esta combina las ventajas de ambos sistemas. Si hay m –máquinas y n –componentes componentes en una distribución grupal (Distribución de tecnología de grupos), las m –máquinas y n –componentes serán divididas internamente en un número de células máquina-componentes (grupo) de manera que todos los componentes asignados a una celda casi se procesen dentro de esa célula misma. Aquí el objetivo es reducir al mínimo los movimientos entre celdas.

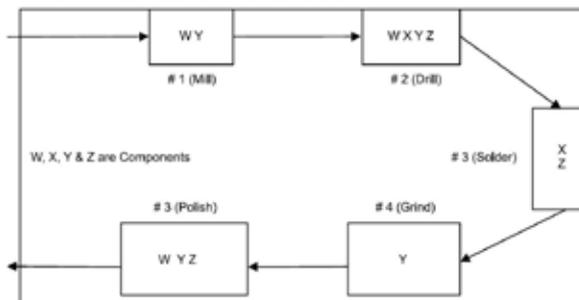


Figura. 1-5.
Celda de manufactura.
Fuente: Kumar & Suresh (2009)

Comparaciones entre tipos de distribución de planta

En esta sección se hace una comparación entre los distintos tipos de distribución de planta y algunos aspectos relevantes en sus operaciones. Por ejemplo: si se observa la Tabla 1-2, en lo referente a producto, en una distribución por producto, se debe tener una estandarización de productos, es decir, que sean iguales o muy similares. Pero en la distribución por procesos los productos no necesariamente deben ser iguales, pero, deben tener operaciones comunes. De esta forma se interpreta la tabla a continuación:

Tabla 1-2.
Comparaciones entre tipos de distribución por algunos aspectos

Atendiendo a	Por producto	Por proceso	Posición fija	Sistemas flexibles
Producto	<ul style="list-style-type: none"> • Productos estándar. • Alto volumen de producción. • Demanda estable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Varios productos con operaciones comunes. • Volumen de producción variable. • Demanda variable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo pedido. • Bajo volumen de producción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Series pequeñas y medianas (lotes). • Flexibilidad.
Líneas flujo de material	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos lineales. • Secuencias iguales para todos los productos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Líneas retorcidas. 	<ul style="list-style-type: none"> • No definidas. • Material estático. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cortas y sencillas.
Cualificación del trabajador	<ul style="list-style-type: none"> • Rutinario y repetitivo. • Especializado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Intermedia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gran flexibilidad. • Alta cualificación. 	<ul style="list-style-type: none"> • No hacen falta trabajadores.
Necesidad de personal	<ul style="list-style-type: none"> • Gran cantidad. • Planificación de material-operarios. • Trabajo de control y mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Personal de planificación, manejo de materiales, producción y control de inventarios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para programación y coordinación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prácticamente nula, solo supervisión.
Manejo de materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Predecible. • Flujo sistemático y automatizable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Flujo variable. • Sistemas de manejo duplicados a veces. 	<ul style="list-style-type: none"> • Flujo variable. • Equipos de manejo generales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Síncrono totalmente automático.
Inventarios	<ul style="list-style-type: none"> • Mucha rotación de materiales, inventarios reducidos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Largos. • Mucho trabajo en curso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Variables, continuas modificaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mucha rotación de materiales, inventarios reducidos.
Uso de espacios	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Poco efectivo. • Mucho requerimiento por trabajo en curso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja producción por unidad de espacio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Muy efectiva.
Inversión	<ul style="list-style-type: none"> • Elevada en equipos especializados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos y procesos flexibles. 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos y procesos móviles de propósito general. 	
Costo del producto	<ul style="list-style-type: none"> • Costos fijos elevados. • Costos variables bajos (mano de obra y materiales). 	<ul style="list-style-type: none"> • Costos fijos bajos. • Costos variables elevados (material y transporte). 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajos costos fijos. • Elevados costos variables (mano de obra y materiales). 	<ul style="list-style-type: none"> • Costos fijos elevados. • Costos variables bajos.

Fuente: Diego-Más, José Antonio (2006)

Métodos para planeación de distribución de planta

En la literatura existen muchos métodos para planeación de distribución de planta. Algunos más complejos que otros, pero lo que es de resaltar, es que cada vez son más híbridos a cada entorno donde se aplica. Es decir, que dependiendo del campo así se hace el debido acoplamiento de lo existente; se agrega lo particular y se valida. En esta sección, se explican algunos de los más usados.

Planeación sistemática de layout (Systematic Layout Planning, SLP)

El SLP fue desarrollado por Richard Muther en 1968 como un procedimiento sistemático multicriterio y relativamente simple, para la resolución de problemas de distribución en planta de diversa naturaleza. El método es aplicable a problemas de distribución en instalaciones industriales, locales comerciales, hospitales, etc. Establece una serie de fases y técnicas que, como el propio Muther (1961) describe, permiten identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y las relaciones existentes entre ellos.

EL SLP se asienta sobre la base de la información referente al problema a resolver para, a través de un proceso de cuatro etapas, obtener una distribución válida como solución al problema planteado. Además de las relaciones entre los diferentes departamentos, cinco tipos de datos son necesarios como entradas del método:

- Producto (P): Considerándose aquí también a los materiales (materias primas, piezas adquiridas a terceros, productos en curso, producto terminado, etc.).
- Cantidad (Q): Definida como la cantidad de producto o material tratado, transformado, transportado, montado o utilizado durante el proceso.
- Recorrido (R): Entendiéndose como la secuencia y el orden de las operaciones a las que deben someterse los productos.

- Servicios (S): Los servicios auxiliares de producción, servicios para el personal, etc.
- Tiempo (T): Utilizado como unidad de medida para determinar las cantidades de producto o material, dado que estos se miden habitualmente en unidades de masa o volumen por unidad de tiempo.

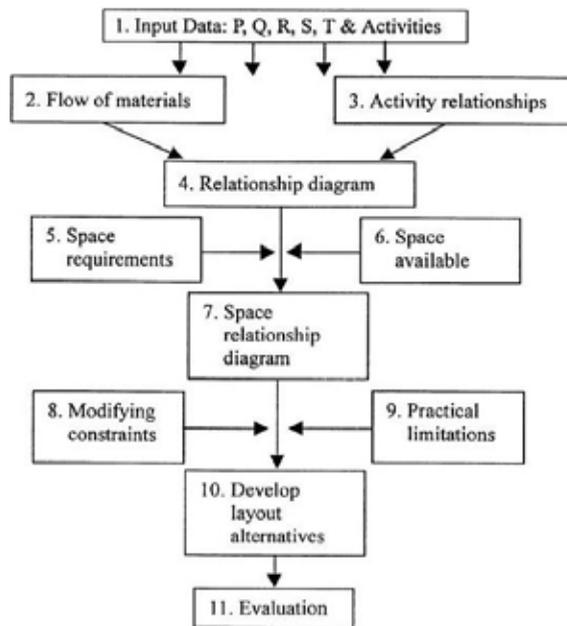


Figura 1-6.
Esquema de la planeación sistemática de layout
 Fuente: Kumar & Suresh (2009)

Esta información es el punto de partida del proceso (ver Figura. 1-6), y de la calidad de la misma depende el éxito en la búsqueda de soluciones al problema de distribución. Por tanto, debe dedicarse el tiempo y los recursos necesarios a su obtención.

En trabajos como el de Taho Yang, Su Chao-Ton, y Hsu Yuan-Ru (2000), se puede encontrar que el SLP en conjunto con el proceso de jerarquía analítica (AHP, por sus siglas en inglés), han sido exitosos en diseño de

procesos de fabricación en la industria de los semiconductores. Asimismo, Van Donk y Gaalman (2004), ilustran un modelo híbrido de SLP para una planta procesadora de alimentos. Seguidamente, Ye Mu-jing y Zhou Gen-gui (2005), parten de la tabla de relaciones del departamento por el método de la planificación clásica distribución sistemática (SLP); en este trabajo se adapta un algoritmo genético para averiguar los planos de las instalaciones adecuadas. El método propuesto, la combinación de SLP y el algoritmo genético, puede derivar resultados visuales aceptables de forma eficiente. Yujie y Fang (2009), de conformidad con los procedimientos operacionales de patio y la información relacionada, y una combinación de la provincia de Heilongjiang, tratan de aplicar el método SLP a la disposición general de depósitos de troncos de madera.

A continuación, se explican brevemente las etapas del SLP

Análisis P-Q

El análisis de la información referente a los productos y cantidades a producir es el punto de partida del método. A partir de este análisis es posible determinar el tipo de distribución adecuado para el proceso objeto de estudio. Muther (1961) recomienda la elaboración de una gráfica en forma de histograma de frecuencias, en la que se representan en abscisas los diferentes productos a elaborar y en ordenadas las cantidades de cada uno. Los productos deben ser representados en la gráfica en orden decreciente de cantidad producida. En función del tipo de histograma resultante es recomendable la implantación de un tipo u otro de distribución.

Análisis del recorrido de producto

Se trata en esta fase de determinar la secuencia, la cantidad y el coste de los movimientos de los productos por las diferentes operaciones durante su procesado. A partir de la información del proceso productivo y de los volúmenes de producción, se elaboran gráficas y diagramas descriptivos del flujo de materiales. Estos pueden ser principalmente de tres tipos:

- Diagramas de recorrido sencillo.
- Diagramas multiproducto.
- Tablas matriciales.

Cuando se producen muy pocos productos (o uno solo) en cantidades pequeñas, se emplean diagramas de recorrido sencillo, en los que quedan reflejados con exactitud los recorridos de cada producto por cada proceso. Los diagramas multiproducto son adecuados cuando se producen pocos productos. En ellos se indica únicamente la secuencia de operaciones a la que se somete cada pieza o producto. Las Tablas matriciales se emplean en el caso de producir gran cantidad de productos. Esta representación es una matriz cuadrada en la que tanto en filas como en columnas figuran las diferentes operaciones del proceso productivo. En las casillas se indica el número de veces que un producto circula desde la operación fila a la operación columna.

Análisis de las relaciones entre actividades

Conocido el recorrido de los productos, el proyectista debe plantearse el tipo y la intensidad de las interacciones existentes entre las diferentes actividades productivas, los medios auxiliares, los sistemas de mantenimiento y los diferentes servicios de la planta. Estas relaciones no se limitan a la circulación de materiales, pudiendo ser esta irrelevante o incluso inexistente entre determinadas actividades; por ejemplo, no suele existir circulación entre los medios auxiliares de producción. La no existencia de flujo material entre dos actividades no implica que no pueda existir otro tipo de relaciones que determinen, por ejemplo, la necesidad de proximidad entre ellas o que las características de determinado proceso requieran una determinada posición en relación a determinado servicio auxiliar.

Entre otros aspectos, el proyectista debe considerar en esta etapa las exigencias constructivas, ambientales, de seguridad e higiene, los siste-

mas de manutención necesarios, el abastecimiento de energía y la evacuación de residuos, la organización de la mano de obra, los sistemas de control del proceso, los sistemas de información, entre otros.

Diagrama relacional de recorridos y/o actividades

La información recogida hasta el momento, referente tanto a las relaciones entre las actividades como a la importancia relativa de la proximidad entre ellas, es recogida en un diagrama que Muther denomina "Diagrama relacional de recorridos y/o actividades". Este pretende recoger la ordenación topológica de las actividades con base en la información de la que se dispone.

Diagrama relacional de espacios

La topología del diagrama relacional de recorridos y/o actividades recoge información sobre las necesidades de proximidad y las ubicaciones preferibles de cada actividad. Sin embargo, en dicho grafo los departamentos que deben acoger las actividades son adimensionales y no poseen una forma definida. El siguiente paso hacia la obtención de alternativas factibles de distribución es la introducción en el proceso de diseño, de información referida al área requerida por cada actividad para su normal desempeño. El planificador debe hacer una previsión, tanto de la cantidad de superficie, como de la forma del área destinada a cada actividad.

No existe un procedimiento general ideal para el cálculo de las necesidades de espacio. El proyectista debe emplear el método más adecuado al nivel de detalle con el que se está trabajando, a la cantidad y exactitud de la información que se posee y a su propia experiencia previa. El espacio requerido por una actividad no depende únicamente de factores inherentes a sí misma, sino que puede verse condicionado por las características del proceso productivo global, de la gestión de dicho proceso o del mercado. Por ejemplo, el volumen de producción estimado, la variabilidad de la demanda o el tipo de gestión de almacenes previsto pueden afectar al área necesaria para el desarrollo de

una actividad. En cualquier caso, hay que considerar que los resultados obtenidos son siempre previsiones, con base más o menos sólida, pero en general con cierto margen de error.

Otras metodologías de planeación de distribución de planta se encuentran con más detalle en trabajos como: Buffa, Armour y Vollman (1964), Bozer, Meller y Erlebacher (1994) y Ballou (2004) Modelo de Distribución de Planta.

A continuación se muestra en un caso de estudio derivado del proyecto "Validación de un layout actual de una empresa de embotellado de la ciudad de Barranquilla" un modelo híbrido de aplicación del SLP

Descripción general del proceso

El proceso en la Línea de Embotellado inicia cuando un transporte lleva el lote de canastas de envases a la entrada de la línea (Figura. 1-7). Estos envases son desempacados en un lugar donde seguidamente son conducidos a una extractora de pipetas (pitillos si es Pony Malta), aquí el envase está listo para entrar a la máquina lavadora de botellas. Seguido de una pequeña espera de acumulación de botellas, estas entran a la máquina lavadora para recibir un tratamiento con sustancias alcalinas como las bases (NaOH), y así eliminar los microorganismos del anterior uso del envase. Al salir de la lavadora, en su paso a la llenadora, son inspeccionados con el fin de asegurarse que la parte interna de la botella esté vacía y en buen estado, y lista para el vertido de la bebida.

Posteriormente, el envase hace su entrada a la máquina llenadora, que casi de manera simultánea tapa la botella, para ir a la pasteurizadora. No sin antes pasar por un inspector automático para determinar la cantidad exacta de líquido (con sus tolerancias); ahora sí está listo el producto para pasteurizarse. En la pasteurizadora, el producto se vuelve apto para el consumo humano debido a un tratamiento térmico al producto, para después ir a etiquetado y embalaje, y su posterior almacenaje.

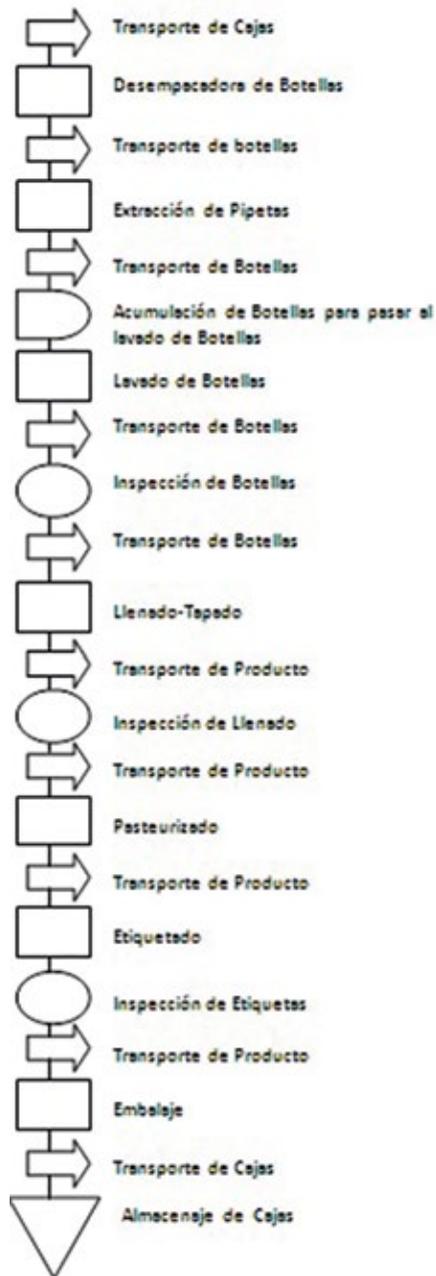


Figura 1-7.
Descripción general del proceso
Fuente: Elaboración propia

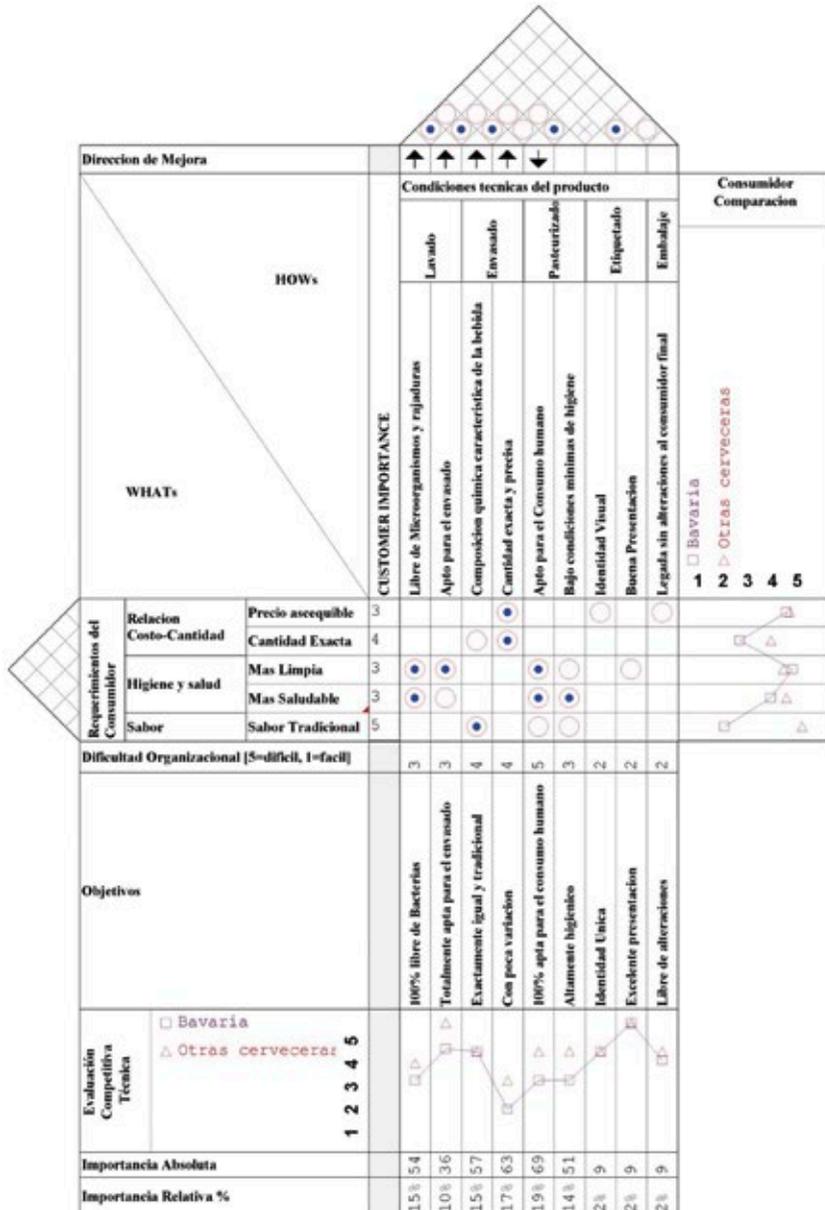


Figura 1-8. Despliegue de la función calidad
Fuente: Elaboración propia

Despliegue de la función Calidad (QFD)

En la Figura. 1-8, se observa que hay tres prioridades que son: el sabor de la bebida, la variación en el proceso y la búsqueda de un producto 100 % apto para el consumo humano. En las comparaciones de los clientes existen dos puntos fuertes que son el precio asequible y la limpieza del producto, pero hay grandes debilidades en la cantidad exacta y en el sabor tradicional de la bebida. Sin embargo, en las comparaciones técnicas hay fortalezas en la presentación del producto, en la composición química y en las condiciones de envasado, pero hay incógnitas en las condiciones higiénicas del producto y en la variación del proceso.

Análisis producto cantidad (P-Q)

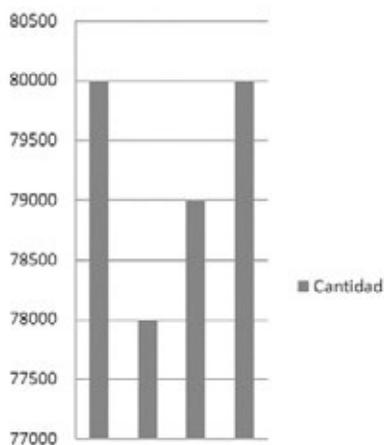


Figura 1-9.
Análisis producto cantidad
Fuente: Elaboración propia

En la Figura. 1-9, se observa que en la línea de producción solo se producen cuatro productos. Estos cuentan con características muy homogéneas de tales como el tamaño del envase, que hace que a la hora de hacer cambios la línea de sufra muchos. Es solo cuestión de cambiar materiales. Pero las maquinarias son las mismas. Y también se producen en cantidades parecidas.

Análisis de Relaciones

Tabla relacional de actividades

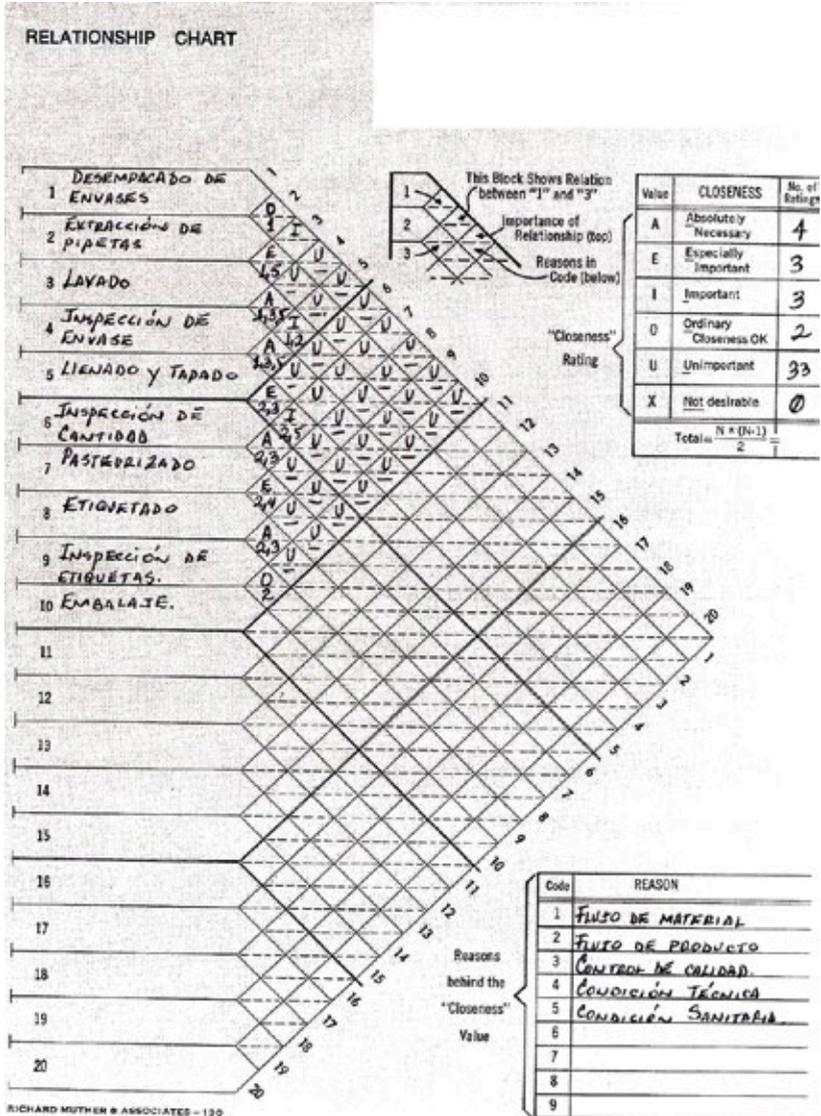


Figura 1-10.
Tabla relacional de actividades
Fuente: Elaboración propia

Los rasgos antes mencionados son peculiares de distribuciones de planta por producto, en cadena o serie, donde es normal que las unidades producidas se expresen en miles y sean casi iguales, salvo ciertas variaciones en el proceso; y también, que se vaya secuencialmente de una estación a otra hasta llegar a un producto terminado.

En la tabla de relaciones (ver Figura. 1-10) se muestran las relaciones lógicas entre una tarea y otra dentro del proceso. Estas tareas son valoradas de acuerdo con la importancia que tengan entre ellas, justificadas por una razón. Las razones que fueron tenidas en cuenta son: flujo de material y producto, control de calidad, condición técnica y condición sanitaria. Dentro de la matriz de relaciones se observa que de la actividad 2 a la 9 se encuentran relaciones muy estrechas entre pares de actividades consecutivas, es decir, cada actividad subsiguiente guarda una estrecha relación con la anterior. Y existen dos actividades con relaciones ordinarias que se limitan a un paso obligado de producto o material. Las relaciones planteadas en las líneas anteriores, muestran que entre de las actividades 2 a la 9 necesitan gran proximidad entre ellas.

Diagrama relacional de actividades

Usando el mismo esquema de convenciones de la Fig. 10, surge el diagrama de relaciones (ver Figura. 1-11).

En este diagrama se observan muchos aspectos que al final son los criterios que se toman una considerable ponderación para decidir cómo hacer la disposición de un espacio físico.

En este diagrama se observa que las actividades 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9, deben contar con una gran integración y comunicación dentro del proceso productivo y da la visión de una posible ordenación topológica dentro del proceso, es decir, de pasar a denotar relaciones de proximidad con la tabla relacional se pasa a tener una posible ordenación espacial del proceso de producción.

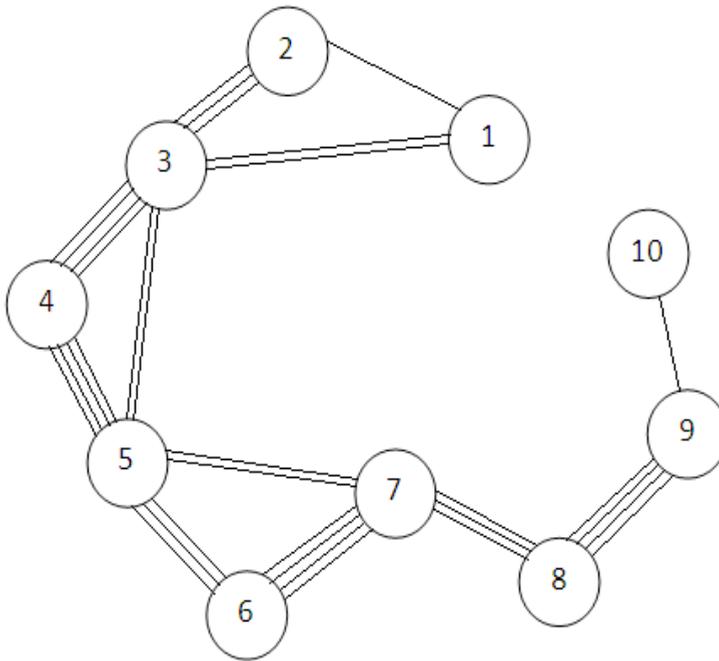


Figura 1-11.
Diagrama relacional de actividades
Fuente: Elaboración propia

Análisis de los ocho factores de distribución de planta

Factor material

Dentro de la industria gran parte de los flujos a lo largo de los procesos de producción son de materiales o materias primas. Para este caso, la industria es de bebidas con envases de vidrio. Aquí está el primer material del proceso. Este material es a base de silicio y posee unas características muy puntuales tales como su alta fragilidad y dureza. Esto hace que su manipulación a través de la línea de producción sea de gran cuidado, ya que su fractura es muy fácil y más en el proceso en cuestión (embotellado), donde el envase sufre muchas operaciones de transporte y otras en donde es sometido a altas presiones y a cambios repentinos de temperatura (ver procesos en la Figura. 1-7). De ahí que las bandas transportadoras, por las que se mueven los envases en la línea sean tan

especiales ya que si un envase se cae al andar la banda del transporte no se rompe, salvo si cae bajo las laderas. Además, la ubicación de las bandas debe ajustarse a la geometría de un triángulo para que cuando entren a las distintas máquinas las operaciones no se vean afectadas.

Por otro lado, en la fase de llenado entra a jugar otro material. Este es el líquido, es decir, la bebida. Dependiendo del tipo de bebida vienen de la fermentación de cereales a distintos porcentajes de alcohol por mililitro de volumen y también difieren en su tiempo de maduración. De esta manera, cabe resaltar, que la bebida es el producto de un minucioso proceso que va desde la consolidación de un mosto hasta que se vuelve bebida. En esta parte hay cereales, agua, entre otros, los cuales se están mezclando y luego se reposan. Es por esto que el agua usada en el proceso se trata en la misma planta, y los cereales pasan por unas pruebas de control de calidad rigurosa. Esto sin dejar de lado las tuberías especialmente orientadas y construidas para el paso de la bebida entre el lugar donde se encuentra hasta la línea de producción. Este diseño se hace bajo el uso de las operaciones unitarias para que el producto no sufra alteraciones en el transporte por el ducto. De esta manera está diseñado el transporte de la bebida a la línea de producción. Por último, la tapa del envase es hecha de hojalata, esta es aplicada con una máquina neumática al envase lleno y no es tan determinante en el proceso como los dos materiales anteriores.

Factor maquinaria

El proceso maneja gran cantidad de productos y materiales. Es por esto que dentro de sus partes tienen máquinas de distintos tipos, las cuales están organizadas en un proceso en cadena o en serie. Estas distribuciones cuentan con una desventaja y es que la parada de una máquina puede parar toda la cadena. Esto quiere decir que la confiabilidad asociada a esta maquinaria es muy estudiada, hasta el punto que los ingenieros de la compañía están trabajando en el mantenimiento pre-

dictivo de las máquinas, es decir, “predecir” con un nivel de confianza superior del 95 % cuándo fallará una máquina. Por otra parte, las máquinas usadas en la línea tienen una gran capacidad para enfrentar los cambios de producto. Estamos hablando de la flexibilidad que más adelante se abordará más al detalle.

En el layout actual fue de vital importancia la identificación de las dos máquinas más grandes, las que sus instalaciones son más complejas y las que desprenden gran cantidad de calor. Es por eso que las dos máquinas más grandes que son la pasteurizadora y la lavadora de botellas están en los extremos de la distribución con entradas de ventilación en ambas, con el fin de no traumatizar tanto la temperatura de trabajo dentro de la línea de producción. Y también facilidad para las tomas de corriente y demás aditamentos que llevan estas máquinas.

Factor hombre

El hombre es el complemento de las máquinas en el proceso de producción. Es así como el recurso humano es tenido en cuenta de gran forma en el layout. Es por esto que las temperaturas de trabajo no pasan los 40 °C, porque las máquinas que generan más calor fueron dispuestas en lugares estratégicos para no afectar esta variable.

En las líneas de producción, normalmente los operarios están sometidos a trabajos repetitivos que con el tiempo terminan afectando las capacidades motrices. En esta línea, es muy diferente, porque el operario no está sometido a trabajos de gran repetición, pero son un poco más calificados a la hora de operar algunas máquinas que vienen asistidas por computador. Esto da un aviso de cómo están cambiando las condiciones laborales dentro de las grandes industrias del mundo, en donde ya los tiempos modernos que protagonizó Chaplin son un asunto netamente pasado. También, la distribución es cabal a que el operario no camine largos trayectos entre un lugar y otro.

Factor movimiento

La literatura habla de eliminar en lo posible la cantidad de operaciones de transporte, ya que no agregan valor, pero en este proceso es casi imposible eliminar las operaciones de transporte, porque de estas depende el flujo requerido de los productos y materiales. Lo que es posible alterar es la geometría o morfología de los transportes por requerimiento técnicos de las alteraciones que le han hecho a las máquinas. En esta parte, muchas veces se ven esperas ociosas porque el flujo de los productos se ve estacionario.

Factor espera

En teoría, las esperas no agregan valor a un proceso, pero en este resulta paradójico. Es necesario que los envases se acumulen para entrar a la lavadora de botellas, y también a la pasteurizadora porque esto trae reducciones de costos energéticos y mejoramiento del flujo del proceso, es decir, que el esperar en esta parte en vez de generar pérdidas ocasiona reducción de costos y de tiempos en producción, debido a las características de las máquinas y a la distribución adoptada.

Factor servicio

La distribución de la línea facilita que labores como aseo, inspecciones, seguridad industrial y mantenimiento se lleven a cabo de una forma rápida. Las inspecciones de cantidad de líquido, lavado y etiqueta hace muchos años eran llevadas a cabo por personas, que terminaban siendo víctimas de trabajos nocivos para la salud. En la actualidad los inspectores con automáticos, regulados desde algún lugar de la planta, esto hace que la línea no tenga muchos operarios.

Otro servicio es el de mantenimiento, que ya se están dando a buen paso las tareas de predicción de tiempos de fallos en las máquinas para que los costos por este concepto bajen. Esto hará la vida más tranquila

de los jefes de las divisiones de mantenimiento de las empresas, ya que se les facilitará su labor y se mantendrán los presupuestos. Es por esto que estas operaciones solo se demoran 2 turnos, es decir, 16 horas, cada 16 turnos.

Factor edificio

La forma de la línea (en U), la determinó el espacio en el que fue distribuida. Este espacio es reducido, ya que tiene a pocos metros la línea 4 y la 1, pero es el necesario para que se lleven a cabo las operaciones de una manera óptima. Por otro lado, existen pocos desagües en la línea que evita que los derrames sean rápidamente superados. También se tuvo en cuenta, que la temperatura de trabajo no sea tan alta (36 °C) en comparación con la ambiente en la ciudad que es de 28 °C. De ahí, que presente entradas de aire y ventilaciones en las máquinas que desprenden calor en grandes cantidades. En fin, la línea y el edificio se interrelacionan en gran manera para hacer una distribución acorde con el espacio.

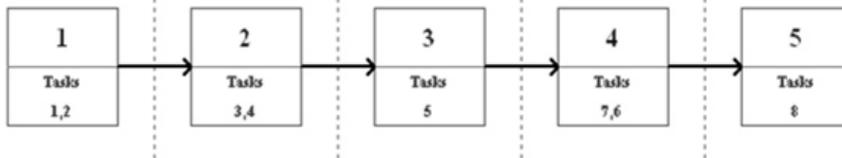
Factor cambio

Las líneas de producción organizadas en forma de cadena se caracterizan por falta de flexibilidad, pero esta se encuentra diseñada para que si es necesario mover los transportes, etiquetadoras, llenadoras-tapadoras y bandas transportadores, se muevan. Solo hay dos máquinas que le quitan flexibilidad a la línea, que son: la pasteurizadora y la lavadora de botellas.

Por lo general, la línea es muy flexible para hacer cambios en la geometría de los transportes y en la rata de las máquinas, para alterar el flujo de producto y material a través de la línea, pero este cambio genera una gran pérdida de horas y eso se traduce en elementos que no le agregan valor al producto.

Alternativa de solución

El layout propuesto tiene el siguiente funcionamiento:



Total Available Time in minute = 480 Total Task Time in minute = 385,70
Total Idle Time in minute = 94,30 Balance Delay = 19,65 %
Optimal Solution by Best Bud Search

Figura 1-12.
Métricas el Layout propuesto con la salida de la herramienta WINQSB

Fuente: Elaboración propia

Evaluación de las alternativas

FACTOR/CONSIDERATION	WT.	RATINGS AND WEIGHTED RATINGS					COMMENTS
		A	B	C	D	E	
1 CANTIDAD DE OPERARIOS	10	A 50	C 30	/	/	/	
2 REDUCCION DE COSTOS	9	B 36	B 36	/	/	/	
3 FLUJO DE PRODUCTOS	5	B 20	B 20	/	/	/	
4 FLUJO DE MATERIAL	5	B 20	B 20	/	/	/	
5 REDUCCION DE TIEMPO	8	A 40	C 24	/	/	/	
6		/	/	/	/	/	
7		/	/	/	/	/	

Figura 1-13.
Evaluación de las alternativas

Fuente: Elaboración propia

En este momento se comparan las dos alternativas teniendo en cuenta las consideraciones de la Figura. 1-12. Al realizar las ponderaciones correspondientes, se observa que en los valores de reducción de tiempo y de cantidad de operarios hubo una variación significativa que es la que hace que el layout actual tenga una mejor calificación que el anterior. Esta variación tiene su causa asignable en la disposición espacial de los aditamentos de la máquina llenadora en conexión con la tapadora.

CONCLUSIONES Y FUTURAS INVESTIGACIONES

- Si el layout actual excede en la ponderación final al layout anterior es síntoma de que existe una diferencia significativa entre ambos. Esta diferencia se deriva en una calificación más favorable en materia de costos y reducción de operarios.
- La empresa lleva un manejo de los requerimientos del cliente con los requerimientos técnicos del proceso muy equilibrado.
- La línea está distribuida de tal forma que el espacio disponible en ella es aprovechada en un gran porcentaje, conservando la capacidad de hacer cambios y de mantener la temperatura de trabajo adecuada para el personal.
- Los métodos y tiempos son una herramienta muy viable para el caso en cuestión, ya que se actualizaron los nuevos tiempos estándar de esta línea productiva.
- La línea de producción 2 actual de la planta de embotellado incrementó sus niveles de productividad en un 12 %.
- Los desperdicios al interior del proceso se disminuyeron en un 62,7 % en comparación al anterior.
- En términos de Capacidad de Proceso se mejoró en un porcentaje mucho mayor al esperado. Al iniciar estaba en un $Cpk=1,8$ y se deja un $Cpk=2,1$.
- Con las consideraciones anteriores la disposición de los recursos físicos en el layout actual destinado para la línea 2 fue validado de manera positiva.
- Esto demostró que la inversión realizada excedió los resultados esperados, y que apoyará el desarrollo del programa Seis Sigma al interior de los procesos productivos.

Para futuras investigaciones sería muy interesante replicar trabajos de localización de plantas como los hechos por Guimarães y Almada-Lobo (2012), Montoya, Vélez-Gallego y Villegas (2012).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aleisa, E. (2005). *Multilevel integration of simulation and facilities planning for large-scale systems*. Thesis (Ph.D.). New York, USA: State University of New York at Buffalo.
- Ballou, R. (2004). *Logística* (Tercera edición ed.). México: Pearson.
- Botero, A. (2016). Dimensionamiento de almacenes. *Revista de logística*. Bogotá. Link: <http://revistadelogistica.com/almacenamiento/dimensionamiento-de-almacenes/>
- Bozer, Y., Meller, R. & Erlebacher, S. (1994). An improvement-type layout algorithm for single and multiple-floor facilities. *Management Science*, 40(7), 918-932. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/2632922>
- Buffa, E., Armour, G. & Vollman, T. (1964). Allocating facilities with CRAFT. *Harvard business review*, 42, p.136. Boston, USA.
- Chackelson-Lurner, C., Errasti-Opacua, A. & Santos-García, J. (2013). *Metodología de diseño de almacenes: fases, herramientas y mejores prácticas*. Pamplona: Editorial Universidad de Navarra. Obtenido de: dadun.unav.edu/handle/10171/28159
- Chase, R. B., Jacobs, F. R. & Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones: Producción y Cadena de Suministro* (Duodécima Edición ed.). (E. Zúñiga, Ed.). México DF, México: McGraw-Hill.
- Chopra, S. & Meindl, P. (2008). *Administración de la Cadena de Suministro, Estrategia, Planeación y Operación* (Tercera Edición ed.). (L. M. Cruz, Ed., A. Fernández & V. Carril, Trads.). México: Pearson Educación.
- Diego Mas, J. (Enero de 2006). *Optimización de la distribución en planta de instalaciones industriales mediante algoritmos genéticos*. Valencia, Catalunya, España: Universidad Politénica de Valencia.
- Djokovic, D. & Souitaris, V. (2008). Spinouts from academic institutions: A literature review with suggestions for further research. *Journal of Technology Transfer*. doi: [org/10.1007/s10961-006-9000-4](https://doi.org/10.1007/s10961-006-9000-4)
- Guimarães, L. & Almada-Lobo, B. (2012). *Planeamento de longo prazo da cadeia de abastecimento na indústria de bebidas*. Annals XVI CLAIO -

- XLIV SBPO - Workshop LIA-SGT, 1705-1717, Rio de Janeiro: Sociedad Brasileira de Investigación de Operaciones.
- Kumar, S. A. & Suresh, N. (2009). *Operations Management*. New Delhi: New Age International Limited Publishers.
- Montoya, J., Vélez, M. & Villegas, J. (2012). *Capacitated facility location problem with general operating and buiding cost*. Annals XVI CLAIO - XLIV SBPO - Workshop LIA-SGT, 1628-1637, Rio de Janeiro: Sociedad Brasileira de Investigación de Operaciones.
- Muther, R. (1961). *Systematic Layout Planning*. Boston: CBI Publishing Company. Inc.
- Ortega, R. (2003). *Distribucción de plata a través de un algoritmo genético*. Puebla, México: Universidad de las Américas.
- Ramakrishnan, S. & Srihari, K. (2008). *A novel method to re-layout facilities using industrial engineering concepts*. *Proceedings of the 2008 Industrial Engineering Research Conference*, 1-7. New York: J. Fowler and S. Mason.
- Van Donk, D. & Gaalman, G. (2004). Food Safety and Hygiene: Systematic Layout Planning of Food Processes. *Chemical Engineering Research and Design*, 82(11), 1485-1493. doi: 10.1205/cerd.82.11.1485.52037
- Yang, T., Su, C. & Hsu Y. (2000). Systematic layout planning: a study on semiconductor wafer fabrication facilities. *International Journal of Operations & Production Management*, 20(11), 1359-1371. doi: 10.1108/01443570010348299
- Ye, M. & Zhon, G. (2005). Method of Systematic Layout Planning Improved by Genetic Algorithm and Its Application to Plant Layout Design. *Journal of East China University of Science and Technology*, 31(3), 371-375. Obtenido de: www.scopus.com
- Yujie, Z. & Fang, W. (2009). *Study on the General Plane of Log Yards Based on Systematic Layout Planning*. (IEEE, Ed.) 2009 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, 92-95.

LINEAMIENTOS DE POLÍTICA PARA LA CREACIÓN DE SPIN-OFF EN UNIVERSIDADES PRIVADAS COMO MECANISMO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

Alex Ruiz Lázaro¹ _____

Jairo Castañeda Villacob² _____

Ronald Álvarez Martínez³ _____

-
- 1 Magíster en Administración de Empresas e Innovación. Profesor Universidad Simón Bolívar, Facultad de Ingeniería Colombia.
aruz25@unisimonbolivar.edu.co
orcid: 0000-0002-5974-2864
 - 2 Magíster en Administración de Empresas e Innovación. Director Ejecutivo CienTech.
jairocastaneda@cientech.org
orcid: 0000-0003-2888-2298
 - 3 Magíster en Administración de Empresas e Innovación. Gerente de Proyectos Vicerrectoría de Investigación e Innovación, Universidad Simón Bolívar, Colombia.
ralvarez@unisimonbolivar.edu.co
orcid: 0000-0002-4218-5547

RESUMEN

La dinámica de los negocios está marcada por la globalización de los mercados que a su vez generan demandas a todos los actores de la economía de las naciones. En ese orden de ideas surge la necesidad de las empresas por generar procesos de innovación que les permitan ofrecer productos novedosos y diferenciados que les concedan ventajas sobre sus competidores. Asimismo, las universidades como generadoras de conocimiento, deben trabajar en la optimización de sus procesos para estar a tono con las exigencias de sus *stakeholders*, entre ellos las empresas. Uno de los mecanismos para lograr tal propósito es la transferencia tecnológica, y las *spin-off* surgen como uno de los más efectivos.

Las *spin-off* son empresas que surgen de la dinámica de grupos de investigación vinculados en su gran mayoría a universidades y que se constituyen como un efectivo mecanismo de transferencia tecnológica mediante la comercialización o explotación económica de los resultados de investigación generados en las instituciones universitarias (Djokovic, & Souitaris, 2007). En esta sociedad del conocimiento, la generación de valor a través de la innovación, se constituye en una herramienta de competitividad muy valiosa para las empresas, universidades y demás organizaciones. Para el desarrollo del presente texto se realizó un estado del arte sobre la creación de este tipo de empresas de base tecnológica en países de América Latina como Brasil y Chile, así como Estados Unidos, que se constituye como referente mundial en esta temática. Es una investigación de tipo descriptivo propositivo, aplicable a las universidades de naturaleza privada, a partir de la revisión de los casos exitosos en los contextos nacional e internacional.

Palabras clave: Transferencia tecnológica, *Spin-off*, Emprendimiento, Innovación.

ABSTRACT

The business dynamics is marked by the globalization of markets which in turn generate demands on all players in the economy of nations. In that order of ideas need arises to generate innovation processes that allow them to offer innovative products and differentiated granting them advantages over their competitors. In addition, universities as generators of knowledge, must work on optimizing their processes to keep pace with the demands of their stakeholders, including companies. One of the mechanisms to achieve this purpose is technology transfer and the spin-off emerge as one of the most effective.

The spin-off are companies that arise from the dynamics of research groups linked mostly to universities and constitute an effective mechanism for technology transfer through marketing or economic exploitation of research results generated in the universities (Djokovic, & Souitaris, 2007). In this knowledge society, creating value through innovation, constitutes a valuable tool for business competitiveness, universities and other organizations. For the development of this state of the art about the creation of this type of technology-based companies in Latin America such as Brazil and Chile it took place, and that is the United States as a world leader in this field. It is a descriptive-purposing research rate applicable to the universities of a private nature, from the review of successful cases in national and international contexts.

Keywords: Technology transfer, Spin-off, Entrepreneurship, Innovation.

INTRODUCCIÓN

Las nuevas condiciones de competencia que predominan en el mundo han alterado dramáticamente el contexto para la incorporación de

los países latinoamericanos en la economía global. La rápida evolución tecnológica ha causado una erosión de ventajas competitivas de estas economías, que siguen basadas en la explotación de recursos naturales y poca generación de valor agregado. Las políticas económicas no han sido suficientes para dinamizar la generación de empleo y la competitividad, situación que ha conducido a incentivar la promoción de la innovación y el emprendimiento como estrategias de desarrollo. Sin embargo, una de las estrategias para contribuir a la generación de empleo es el fomento del emprendimiento como impulsor de la economía, mediante la identificación y explotación de oportunidades empresariales (Shane & Venkatamaran, 2000).

Se habla frecuentemente de la economía del conocimiento y que su gestión es una herramienta que aporta de manera significativa al desarrollo de la innovación y el emprendimiento. En este contexto, desde la perspectiva de Sistemas de Innovación el abordaje de estos dos elementos supone la existencia de un ecosistema proclive a la articulación entre los generadores de conocimiento y sus aplicaciones, los productores de bienes y servicios, y los promotores de condiciones para su desarrollo.

Durante los últimos años es creciente en el mundo y en especial en América Latina, el interés por la innovación como un medio y herramienta para el desarrollo económico y la competitividad, hasta el punto que se le considera como el arma más poderosa para desempeñarse en los mercados globales. En esta concepción de la innovación como proceso, que tiene lugar en un sistema integrado, el papel de las universidades adquiere nuevas perspectivas, estas ya no pueden situarse al margen de los acontecimientos de la sociedad y el entorno, sino que deben estar vinculadas a la dinámica social y económica, aportando a su desarrollo socioeconómico, cultural y tecnológico.

En ese orden de ideas, las universidades juegan un rol estratégico en el desarrollo económico de las empresas y los países a través de la transferencia de conocimientos y tecnologías como mecanismo orientado a la solución de problemas de la sociedad y la generación de nuevos escenarios de desarrollo a partir de la explotación de sus capacidades científico-tecnológicas y de sus resultados de investigación para la generación de valor económico y social.

Uno de los mecanismos para transferencia de conocimientos y tecnologías a la sociedad es la creación de *spin-off* universitarias. Este tipo de empresas surgen de las universidades con el objeto de comercializar productos y tecnologías así como transferencia de tecnología (Djokovic, & Souitaris, 2007). El estudio del fenómeno de creación de *spin-off* ha registrado un creciente interés como consecuencia de los cambios registrados en las funciones que lleva la universidad, agregando a las tradicionales de docencia e investigación, la transferencia de los resultados de investigación a la industria con el propósito de resolver necesidades del mercado (Etzkowitz, Webster, Gebhart, & Cantisano Terra, 2000).

Los estudios realizados en el tema reflejan que las dinámicas para la creación de *spin-off* son muy diferentes en cada país y dependen de aspectos como las políticas y lineamientos gubernamentales, y normativos de las instituciones; los cuales dependen en gran medida de su naturaleza, perspectivas de desarrollo, áreas de conocimiento que desarrolla, perfil institucional, capacidad emprendedora y de I+D, entre otras.

En Colombia la denominada autonomía universitaria permite a una institución definir un marco propio para autorregularse principalmente en aspectos académicos, políticos, financieros y operativos; no puede afirmarse que la definición de un modelo único para la creación de *spin-off* universitarias, es ajustable a todas o por lo menos a un número consi-

derable de universidades. Sin embargo, en Colombia no se tienen cifras consolidadas y de suficiente credibilidad; así por ejemplo, Colciencias realiza medición de grupos de investigación: en el año 2013 se registró la creación de 22 *spin-off*, mientras que en el 2014 esta cifra alcanzó las 138 empresas de este tipo, lo que representa un asombroso incremento del 527 % (Colciencias, 2015).

FUNDAMENTO TEÓRICO

Sistemas de Ciencia, Tecnología e Innovación

En los países latinoamericanos es fundamental la intervención del Estado para crear las condiciones necesarias que hagan posible la instalación de un ambiente propicio para la consecución de los procesos generalizados de innovación y la inserción competitiva de estos países dentro de los escenarios internacionales (Genatios & Lafuente, 2004). En este contexto surgen los denominados Sistemas de Ciencia y Tecnología como sistemas abiertos, conformados por instituciones de carácter público y privado que trabajan en conjunto por el desarrollo científico y tecnológico, a través de la formulación, gestión y desarrollo de políticas, estrategias, actividades e instrumentos de fomento y fortalecimiento del Sistema de CTI.

En Colombia el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SNCyT) es institucionalizado bajo la administración de Virgilio Barco (1986-1990), con la promulgación de la Ley 29 de 1990, instrumento jurídico que buscó condensar algunas de las conclusiones a las que llegó la denominada Misión de Ciencia y Tecnología, convocada a finales de los años 80, para reorientar el desarrollo de estas actividades en el país.

De esta forma y con la implementación del SNCyT en el gobierno de César Gaviria (1990-1994), la investigación dejó de tener un carácter empírico, para adoptar un carácter industrializado con políticas claras

en materia de Ciencia y Tecnología. Sin embargo, este proceso requería de un espacio propicio para la recepción, adaptación, transformación y generación de conocimiento, y de una estrecha relación con el aporte al desarrollo de la sociedad. Es así como en el gobierno del presidente Ernesto Samper (1994-1998), se formula y aprueba la Política Nacional de Ciencia y Tecnología que el gobierno seguiría en el fomento y fortalecimiento del desarrollo científico y tecnológico en la internacionalización de la economía y del cambio social.

Desde sus inicios el SNCyT se pensó como una organización social formada por un conjunto articulado de actores que cumplen roles específicos y que, a través de su interacción, alcancen objetivos consistentes con los intereses superiores de la sociedad. Por tanto, el SNCyT debería desarrollarse como un sistema participativo y dinámico que interactuara con su entorno, para potenciar el uso y la disponibilidad de los recursos relativos a la ciencia y la tecnología dentro del concepto de eficiencia (Monroy, 2005).

En este sentido, desde principios de la década de los 90, y con la expedición de la Ley 30 del año 1992, por la cual se organiza el servicio público de la Educación Superior, comienza a exigirse a las universidades un mayor liderazgo en la producción de conocimiento científico. Esto se logró al establecer la investigación científica, tecnológica, artística y humanística como una de las finalidades básicas que una IES debe cumplir, para ser considerada como tal. Con estas iniciativas, la ciencia y la tecnología empezarán a tener relevancia en el desarrollo del país y por supuesto, de las Universidades, con el desarrollo del binomio docencia-investigación y los esfuerzos por reorientar la actividad investigativa hacia fines prácticos.

De otro lado, desde 1995 el gobierno colombiano viene impulsan-

do una política explícita en materia de innovación tecnológica, con el objetivo fundamental de fortalecer los sistemas responsables de la producción y transformación del conocimiento científico y tecnológico en riqueza económica y bienestar social (Robledo, 2013) por lo que vincula la Ciencia y la Tecnología a la Innovación, convirtiéndose esta última en una consecuencia esperada de los procesos de uso del conocimiento y aplicaciones que de las CyT se derivan.

La incorporación de la innovación al Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología tradicional, trajo consigo nuevos escenarios de acción diseñados para orientar el desarrollo científico-tecnológico con el desarrollo productivo del país, ubicando la innovación en un elemento clave dentro de este nuevo esquema regido por Colciencias hacia modelos productivos de búsqueda de mayor valor agregado a los bienes y servicios producidos en el ejercicio económico del país. Para ello se ha soportado teóricamente en la perspectiva sistémica de la innovación y sus propuestas en torno a los sistemas nacionales y regionales de innovación (Robledo, 2013).

A través de la Ley 1286 de 2009, por la cual se modifica la Ley 29 de 1990, se fortalece el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTel) y Colciencias asume un rango de Departamento Administrativo, convirtiéndose en el órgano rector de la ciencia, la tecnología y la innovación en el país al formular, orientar, dirigir, coordinar, ejecutar e implementar la política del Estado en la materia, en concordancia con los planes y programas de desarrollo y canalizar los esfuerzos del Estado, la academia, la empresa y la sociedad civil para construir en Colombia y sus regiones un modelo de desarrollo basado en la generación y uso del conocimiento.

Tal como lo establece el artículo 20 de esta citada Ley, el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTel) es un sistema abier-

to del cual forman parte las políticas, estrategias, programas, metodologías y mecanismos para la gestión, promoción, financiación, protección y divulgación de la investigación científica y la innovación tecnológica, así como las organizaciones públicas, privadas o mixtas que realicen o promuevan el desarrollo de actividades científicas, tecnológicas y de innovación (Colciencias, 2013).

De acuerdo con Monroy (2005), para facilitar la comprensión del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación pueden identificarse una serie de actores que se agrupan en cinco componentes específicos, entre los cuales se pueden presentar diferentes interacciones (ver Figura 2-1).

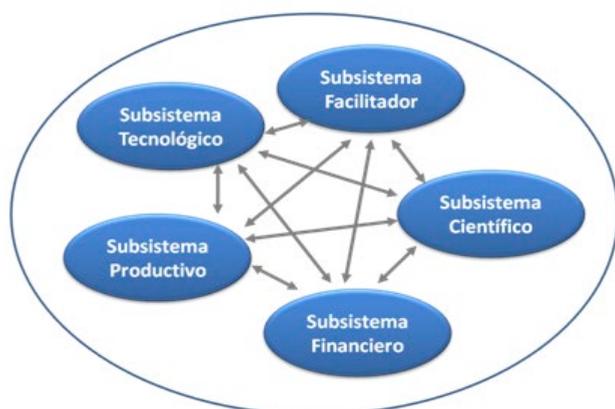


Figura 2-1.
Componentes del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación
Fuente: Monroy, S. (2005)

Debe tenerse en cuenta que en el marco del SNCTel se realiza una integración entre las actividades científicas, tecnológicas e Innovación que llevan a cabo el sector empresarial, el Estado y la academia de acuerdo con sus funciones específicas (Ver Figura 2-2). A continuación se presentan actores pertenecientes a los diferentes componentes del SNCTel:

- Productivo: Empresas de bienes y servicios, gremios de la producción y asociaciones empresariales, cámaras de comercio y organizaciones no gubernamentales.
- Tecnológico: Centros de Desarrollo Tecnológico, centros de productividad regional, incubadoras de empresas de base tecnológica, parques x.
- Desarrollo de sectores o clústeres de clase mundial.
- Salto en la productividad y el empleo.

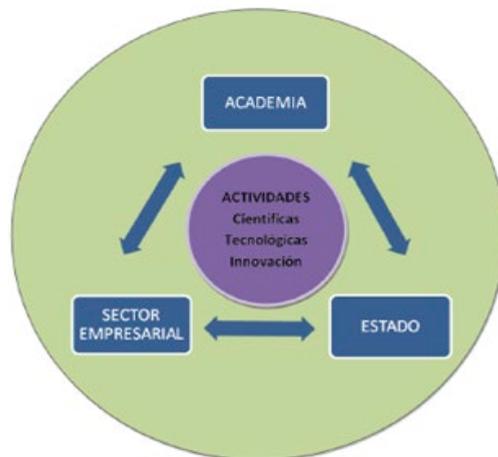


Figura 2-2.
Integración de actividades y actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación

Fuente: Amézquita, J., Torregroza, E. y Martínez, J. (2011)

En relación con la generación de nuevo conocimiento útil al entorno socioeconómico dentro del SNCTel, los actores directamente relacionados son los pertenecientes al subsistema científico, conformado principalmente por Universidades, IES, Centros e Institutos de investigación, entre otras unidades del campo académico, científico y tecnológico. Sin embargo, como es propio de la aproximación teórica a los Sistemas de Innovación, la empresa productora de bienes y servicios ocupa un lugar privilegiado como beneficiaria de los sistemas de incentivo diseñados para promover la innovación (Robledo, 2013) logrando contar con me-

canismos de estímulo no solo desde el SNCTel sino también desde otros sistemas.

La Universidad, por su parte, se relaciona con la industria y el Estado, como un agente regulador que motiva el desarrollo y fortalecimiento de los sistemas de innovación del país y de la región. Como condición general, las interrelaciones entre las Universidades y las Empresas han sido objeto de múltiples estudios que evidencian una relación positiva entre las vinculaciones universidad con su entorno, así como la intensidad con que se realizan actividades de investigación, desarrollo e innovación (Leydesdorff & Etzkowitz, 2001; Pineda, Morales & Ortiz, 2011; Sábado & Botana, 1968; Morales, Pineda, & Ávila, 2012). Al respecto, muchos autores reconocen gran número de mecanismos que soportan este vínculo, entre los que incluyen la formación de recurso humano, los contratos de consultoría, incubadoras y creación de *spin-off*, siendo esta última tal vez la modalidad más difícil de implementar (Jiménez, Meculan, Otálora, Moreira, & Castellanos, 2013).

De otro lado, a pesar de la evidente necesidad de interrelación que debe existir entre el subsistema científico productor de conocimientos y tecnologías y el subsistema productivo que deben absorberlas, los medios y mecanismos para realizar una adecuada transferencia de conocimientos y tecnologías aún son débiles, haciendo poco efectivas las políticas de innovación. En este sentido, según el estudio Bases para una Estrategia de Innovación y Competitividad para Colombia, 2011, uno de los principales problemas que se presentan en el contexto nacional es que la institucionalidad colombiana tanto a nivel estratégico como político y de agencias ejecutoras, tiende a aproximar la innovación hacia la vertiente de ciencia y tecnología, más que a la agenda de desarrollo productivo y competitividad (Bitrán, Benavente, & Maggi, 2011). Este desbalanceo causa que el impacto de los escasos recursos que se destinan a la I+D o a la CT&I tenga un menor impacto sobre el mercado.

Spin-off

La creación de empresas hace parte de la estrategia de transferencia de tecnología adoptada por las universidades y que se ha convertido en uno de los principales objetivos dentro de los intereses de estas Instituciones (Etzkowitz & Leydersdorff, 2000; Etzkowitz, 2003; Steffensen, Evertt & Kristen, 2000; Nicos & Sue, 2003). Además de la importancia que tiene para la economía la creación de empresas por su contribución al desarrollo socioeconómico, tecnológico y de innovación, hay otras consideraciones que suman importancia al emprendimiento generado desde el ámbito universitario:

- Es una fuente de transferencia de conocimiento, puesto que las empresas *spin-off* contribuyen a la rápida difusión de los resultados de investigación y tecnologías al sector industrial (Rubiralta, 2003).
- Generan retornos económicos para la universidad a través de licenciamientos y *royalties*.
- Como promotor del crecimiento económico y el desarrollo local, las *spin-off* universitarias fomentan en mayor medida el desarrollo de las economías (Zucker, Darby, & Brewer, 1998).
- Es un dinamizador de la interacción entre la universidad y el entorno a través de actividades como la vinculación de personal científico, técnico, egresados, entre otros.

Las *spin-off* han sido ampliamente definidas en la literatura, sin embargo, para este trabajo se consideró muy apropiada la definición de Pirnay, Surlemont, & Nlemvo (2003) como una empresa que cumple con tres requisitos fundamentales:

- Tiene su origen en una organización existente que se denomina en la literatura anglosajona *parent organization*, es decir, organización matriz u organización de origen.

- Involucra a uno o varios individuos de la organización de origen, con independencia de cuál sea su estatus o función.
- Estos individuos abandonan la organización de origen para crear una organización nueva, la empresa *spin-off*.

Trascendiendo a una escala más detallada del concepto, se definen también las *spin-off* en función del origen. En ese orden de ideas Pirnay, Surlémont & Nlemvo (2003) definieron las *spin-off* universitarias como una nueva empresa creada por personal de la universidad para explotar comercialmente algún conocimiento, tecnología o resultado de investigación desarrollado en la universidad que involucra a varios miembros de la organización matriz. En la Tabla 2-1 se describe la tipología de una *spin-off* universitaria propuesta por Pirnay *et al.* (2003).

Tabla 2-1.
Tipologías de *spin-off* universitaria

criterio	Caraterísticas
1. Estatus de los individuos implicados en el proceso	<i>spin-off académica:</i> creadas por miembros de la comunidad científica universitaria como profesores, investigadores o estudiantes de doctorado.
	<i>spin-off estudiantil:</i> son las creadas por los estudiantes de la universidad.
2. Naturaleza del conocimiento transferido	<i>spin-off universitarias</i> cuya actividad principal se basa en la explotación del conocimiento codificado con propósitos industriales.
	<i>spin-off universitarias</i> con el propósito de explotar comercialmente el conocimiento tácito para proporcionar asesoramiento de expertos.
3. Implicación de la universidad en el proceso	<i>Pull spin-off:</i> los individuos son empujados fuera de la universidad por las expectativas de beneficio que ofrece la oportunidad empresarial al comercializar el invento en el mercado.
	<i>Push spin-off:</i> son los casos en los que la universidad tiene influencia en la salida al mundo empresarial del inventor, mediante el desarrollo de políticas de fomento de creación de <i>spin-off</i> como mecanismo de transferencia tecnológica.

Fuente: Elaboración propia a partir de Aceytuno (2011)

De igual modo, Djokovic & Souitaris (2007), señalan que las *spin-off* universitarias son empresas que surgen de las universidades y que tienen por objeto la comercialización de la propiedad intelectual, así como la transferencia de tecnología desarrollada en las instituciones académicas.

Asimismo, Rodeiros Pazos, *et al.* (2008), definen a las *spin-off* universitarias como “una empresa de nueva creación con forma de sociedad establecida en torno a un desarrollo tecnológico propio de una universidad anfitriona, por miembros de la comunidad universitaria y con el apoyo financiero de la universidad”. En esa misma línea de pensamiento se registra el aporte de Rodeiro, Fernández, Rodríguez & Otero (2010), quienes señalan que las universidades han experimentado cambios radicales en su entorno durante las últimas décadas, específicamente en una mayor demanda por parte de la sociedad que exige mayor contacto e impactos positivos en su desarrollo social y económico.

En general las *spin-off* son una muy buena alternativa que permite la puesta en valor del conocimiento a través de la creación de nuevas iniciativas empresariales tomando como base las capacidades científico-tecnológicas de las universidades y los resultados de investigación. Este tipo de empresas son conocidas como *spin-off* universitarias de base investigativa o académicas, y definidas también como una nueva empresa que surge de una organización madre que transfiere la tecnología central a la nueva firma (Steffensen, Rogers & Speakmen, 2000). Por otra parte, Kroll & Liefner (2008) las definen como nuevas empresas creadas a partir de las universidades para aprovechar el conocimiento producido por las universidades en sus unidades investigativas con una perspectiva de generar lucro.

En ese orden de ideas es claro que las universidades están en la obligación de actualizar su rol en la nueva economía global, que tiene al conocimiento como uno de los activos más valiosos. El aprovechamiento del conocimiento generado en las universidades a través del desarrollo de proyectos de investigación es un factor de competitividad muy fuerte que cada día es más valorado por las empresas. En los casos más exitosos de transferencia tecnológica en el mundo, la cercanía geográfica y la

realización de proyectos conjuntos entre la universidad y la empresa es un elemento común, siendo Silicon Valley en la Bahía de San Francisco, el epicentro de la innovación y la tecnología, producto del asentamiento de las más grandes corporaciones y la generación de empresas de base tecnológica.

En la revisión de la literatura se destacan aportes de autores sobre los tipos de universidades de cara a la nueva economía del conocimiento y los roles que desempeñan (Fernández de Lucio, Castro Martínez, Conesa Segarra & Gutiérrez Gracia, 2000), tal y como se presenta en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2.
Tipología de Universidades

Tipo	Descripción
Académica	Fundamentalmente se imparte docencia y, lo que es más importante, ese es casi el único objetivo de la institución y de sus miembros, razón por la cual las decisiones y los recursos se orientan exclusivamente hacia la mejora de la actividad docente.
Clásica	Se compaginan las actividades docentes con las de investigación, con un reconocimiento institucional y de la comunidad académica sobre la importancia de estas últimas y la consiguiente asignación de recursos a estas actividades.
Social	Se arroga un papel activo para la discusión y resolución de problemas de la sociedad en la cual se inserta.
Empresarial	Considera que los conocimientos, además de ser difundidos mediante los cauces docente y científico habituales, tienen un valor de mercado, por tanto, son susceptibles de ser vendidos, por lo que enfoca una parte de sus actividades docentes y de I+D con criterios empresariales y se preocupa de gestionar eficazmente la cooperación con la sociedad.
Emprendedora	Tiene aspectos comunes con la empresarial pero con un matiz importante en sus objetivos; más que como un bien económico objeto de intercambio, utiliza el conocimiento como un potencial al servicio de su entorno socioeconómico, esto es, un recurso que, adecuadamente gestionado, le permite desempeñar un papel más activo en su contexto social. Este tipo de universidad ha sido analizada por Burton J. Clark (1998).

Fuente: Elaboración propia a partir de Fernández de Lucio, Castro Martínez, Conesa Segarra & Gutiérrez Gracia (2000)

Modelos de spin-off

Muchos autores han planteado modelos de conformación de *spin-off*. Beraza & Rodríguez (2012) afirman que el fenómeno de las *spin-off* abarca una amplia casuística y que los límites del concepto de *spin-off* son difusos. En este sentido, proponen una serie de modelos de conformación de *spin-off* universitarias a partir de la situación particular de

cada uno en aspectos como la posición de la universidad, la naturaleza del emprendedor, el tipo de conocimiento que se transfiere o explota, la naturaleza de los socios, el origen de la financiación, la actividad principal del *spin-off*, la trayectoria, la capacidad de gestión, las relaciones U-E y el apoyo de la universidad. Como resultado de sus planteamientos teóricos, se proponen cuatro modelos de *spin-off* universitarias: la *spin-off* independiente, la *spin-off* vinculada, el Joint venture y la *spin-off* subsidiaria.

La *spin-off* independiente

Se caracteriza por ser independiente a la Universidad. En términos prácticos, miembros de la comunidad universitaria crean una nueva empresa para explotar comercialmente el conocimiento acumulado durante sus actividades académicas representado principalmente en conocimiento tácito. Las características principales se destacan en la Figura 2-3.

ASPECTO	SITUACIÓN
Posición de la universidad	Pasiva
Naturaleza del emprendedor	Investigador
Tipo de conocimiento que se transfiere o explota	Tácito
Socios externos	No
Origen de la financiación	Fundador
Actividad principal del <i>spin-off</i>	Consultoría
Trayectoria	ListStyle
Capacidad de gestión	Baja
Relaciones U-E	Baja
Apoyo de la Universidad	Ausencia

Figura 2-3.

Variables Principales que destacan una *spin-off* independiente

Fuente: Elaboración propia a partir de Beraza & Rodríguez (2012)

Comúnmente este tipo de *spin-off* desarrolla actividades de servicios asociadas a la consultoría. Requieren de pocas inversiones, lo que facilita que en la conformación participen generalmente los fundadores sin requerir cuantiosas inversiones de capital. Poseen libertad para elegir la estrategia de actuación, pero suelen tener una capacidad de gestión

limitada y recursos escasos para seguir una estrategia de crecimiento. Una vez establecidas, pueden mantener contactos con la universidad, normalmente de carácter informal. En la Figura 2-4 se representa el esquema general de conformación de este modelo.



Figura 2-4.

Esquema General de Conformación de *spin-off* Independiente

Fuente: Elaboración propia a partir de Beraza & Rodríguez (2012)

La spin-off vinculada

Este tipo de *spin-off* cuenta con la participación de miembros de la Comunidad Universitaria o de la Universidad misma como socio en la conformación de la propia empresa. Busca la explotación de resultados de investigación según los diferentes tipos de protección jurídica. Generalmente la forma en que la Universidad autoriza a la *spin-off* la explotación de sus derechos patrimoniales es vía licencia, aunque existen otros tipos de autorizaciones de explotación de derechos. Las principales características de este tipo de *spin-off* universitaria se presentan en la Figura 2-5.

ASPECTO	SITUACIÓN
Posición de la universidad	Activa
Naturaleza del emprendedor	Investigador o Externo
Tipo de conocimiento que se transfiere o explota	Codificado y/o Tácito
Socios externos	Si Capital de riesgo Público
Origen de la financiación	Fundador Universidad (Capital de Riesgo)
Actividad principal del <i>spin-off</i>	Productos o Servicios
Trayectoria	Prospector
Capacidad de gestión	Media
Relaciones U-E	Media
Apoyo de la Universidad	Medio o Bajo

Figura 2-5.

Variables Principales que destacan una *spin-off* vinculada

Fuente: Elaboración propia a partir de Beraza & Rodríguez (2012)

El objeto de la transferencia en este tipo de *spin-off* puede o no estar protegido y autorizarse su explotación vía licencia y otro mecanismo. Entre las actividades que desarrollan se destacan la comercialización de productos o servicios con contenido tecnológico. Los aportes suelen provenir de la misma Universidad, socios aportantes de la comunidad Universitaria o de Fondo de Capital de Riesgos Públicos o Privados. En la Figura 2-6 se presenta el esquema de funcionamiento de este modelo de *spin-off*. Normalmente en este tipo de emprendimientos, la Universidad apoya desde el primer momento la creación de la empresa mediante la aportación de recursos financieros en la fase previa a la puesta en marcha de la empresa (capital semilla), prestación de servicios de incubación, asesoramiento, formación, utilización de equipamiento, etc. (Beraza & Rodríguez, 2012).

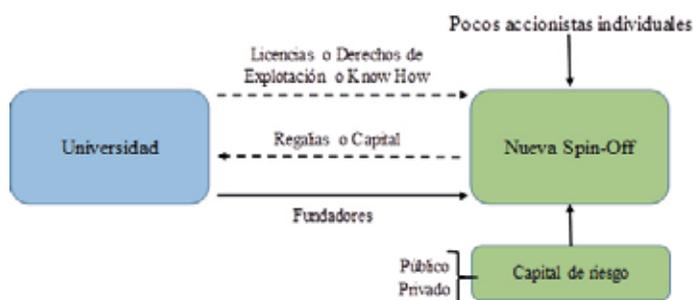


Figura 2-6.

Esquema General de Conformación de *spin-off* vinculadas

Fuente: Elaboración propia a partir de Beraza & Rodríguez (2012)

El Joint venture

Con este tipo de iniciativas se busca impulsar la creación de una nueva empresa orientada a la explotación de tecnologías con gran potencial comercial y de generación de ingresos. Generalmente está asociada a inversiones importantes, por lo que se busca el establecimiento de alianzas con una o más empresas que aporten los recursos necesarios para facilitar el éxito de la iniciativa empresarial (Beraza & Rodríguez, 2012). En la Figura 2-7 se presentan los aspectos más relevantes asociados a este tipo de *spin-off*.

En estas iniciativas el aporte de los socios no es solo económico, también se identifican transferencias de capacidades técnicas, tecnológicas y gerenciales para contribuir al éxito de la *spin-off*. En la Figura 2-8 se presenta el esquema de funcionamiento de este modelo.

ASPECTO	SITUACIÓN
Posición de la universidad	Activa
Naturaleza del emprendedor	Externo
Tipo de conocimiento que se transfiere o explota	Codificado y/o Tácito
Socios externos	Si
Origen de la financiación	Capital de riesgo Industriales (Fundador) Universidad Capital de Riesgo Socios Industriales
Actividad principal del spin-off	Activos Tecnológicos o Producto
Trayectoria	Crecimiento
Capacidad de gestión	Alta
Relaciones U-E	Alta
Apoyo de la Universidad	Alto o Medio

Figura 2-7.

Variables Principales que destacan un Joint ventures

Fuente: Elaboración propia a partir de Beraza & Rodríguez (2012)

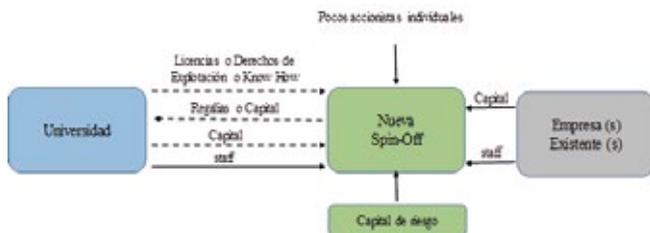


Figura 2-8.

Esquema General de Conformación de Spin-Off tipo Joint ventures

Fuente: Elaboración propia a partir de Beraza & Rodríguez (2012)

Spin-off subsidiaria

Este modelo de *spin-off* está orientado al establecimiento de acuerdos directos entre una Universidad desarrolladora de una tecnología y una empresa casa matriz interesada en desarrollar una nueva empresa a partir de la explotación de la misma. En este caso la nueva empresa es creada por otra ya existente subsidiara del nuevo *spin-off*, siendo el rol de la Universidad la transferencia de la tecnología y el conocimiento re-

querido para su explotación. En la Figura 2-9 se presentan los aspectos principales que destacan las *spin-off* universitarias subsidiarias.

ASPECTO	SITUACIÓN
Posición de la universidad	Activa
Naturaleza del emprendedor	Externo
Tipo de conocimiento que se transfiere o explota	Codificado
Socios externos	Si Empresa Matriz
Origen de la financiación	Fundador Universidad (Capital de Riesgo)
Actividad principal del spin-off	Producto
Trayectoria	Crecimiento
Capacidad de gestión	Alta
Relaciones U-E	Baja o Media
Apoyo de la Universidad	Medio o Bajo

Figura 2-9.

Variables principales que destacan los *spin-off* subsidiarias

Fuente: Elaboración propia a partir de Beraza & Rodríguez (2012)

En este modelo se pueden generar acuerdos para la participación de personal docente como empleado de la nueva empresa, ya sea de forma temporal o permanente. Este tipo de *spin-off* se caracteriza por tener una mayor capacidad de gestión, apoyado en las capacidades de la casa matriz, estando el control en manos de esta. En la Figura 2-10 se presenta el esquema de funcionamiento de este modelo.

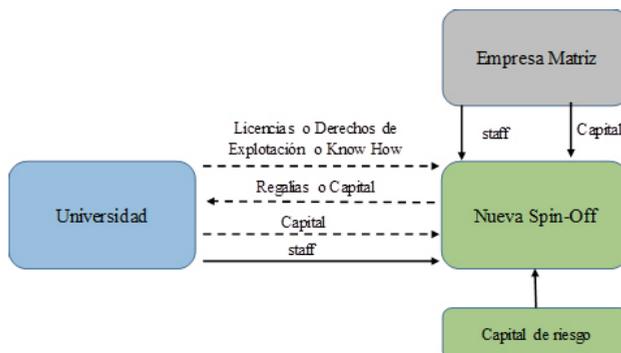


Figura 2-10.

Esquema general de conformación de *spin-off* subsidiarias

Fuente: Elaboración propia a partir de Beraza & Rodríguez (2012)

Modelos de transferencia tecnológica

La transferencia tecnológica es un proceso vital para generar innovación en las empresas a partir del aprovechamiento de los resultados de investigación. Las empresas tienen como propósito aumentar su valor a través del suministro de bienes y servicios que respondan a las necesidades del cliente; sin embargo, es de mucha importancia desarrollar procesos de innovación que faciliten el desarrollo y la inserción de nuevos productos en el mercado, para lo cual los mecanismos y modelos de transferencia juegan un rol clave.

La competitividad de los países en vías de desarrollo tiene grandes posibilidades de crecimiento en el fortalecimiento de los procesos de ciencia y tecnología entre los diferentes actores de un sistema de ciencia, tecnología e innovación, especialmente entre universidades y empresas con el apoyo decidido del Estado como regulador y facilitador.

En el estudio de los modelos de transferencia tecnológica se destacan dos por ser los de más utilización: el modelo europeo definido por Thierstein y Wilhelm (2001), que se centra especialmente en elementos de política pública como el desarrollo económico regional y las redes de innovación, y el modelo anglosajón que fue desarrollado en Inglaterra y argumenta que el propósito de la transferencia tecnológica es la creación de nuevas tecnologías y la creación de empresas basadas en la ciencia en colaboración con las universidades.

El modelo anglosajón se posiciona como un referente teórico vital para la creación de *spin-off*, porque este es uno de sus objetivos principales ya que desarrolló instrumentos de transferencia como la participación de las universidades en el capital de las empresas *spin-off* y además propone el fomento y la promoción de la cultura emprendedora en la comunidad universitaria, especialmente en los estudiantes (Aceytuno, 2011).

Este modelo se caracteriza por basarse en tres elementos fundamentales:

- 1) Los derechos de propiedad intelectual de los desarrollos obtenidos a partir de la investigación le pertenecen a la universidad con excepción de los derechos de autor para actividades como libros, publicaciones y conferencias.
- 2) Los beneficios económicos que representen la explotación comercial de los resultados de investigación se distribuyen en partes iguales entre la universidad, el investigador y el departamento al cual pertenece este último.
- 3) Si en la comercialización ha participado algún agente como una Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación, también participa de los beneficios (Rubiralta, 2004).

Por otra parte, el rol de las universidades en los modelos de transferencia se enmarca en lo que se denominó como la tercera misión, permite que la universidad se inserte positivamente en el desarrollo económico y social del territorio, a través del incremento de las relaciones entre la universidad y el sector empresarial, así como en la solución de los problemas y la satisfacción de las necesidades de la sociedad (Martínez Torres, 2013). Lo anterior, ha llevado a muchas de estas instituciones a establecer oficinas dedicadas exclusivamente a gestionar y promover su articulación con el sector empresarial, así como la transferencia de tecnología (Láscaris & Aguilar, 2006; Jiménez, Meculan, Otálora, Moreira & Castellanos, 2013).

El proceso de transferencia de conocimientos y tecnología se ubica y se describe siempre en una zona frontera entre investigación e innovación, entre el sector generador de conocimiento y el sector productivo transformador de este conocimiento o, finalmente, entre Ciencia e In-

dustria o Universidad-Empresa (COTEC, 2004), en la que lo que se transfiere es conocimiento, siendo la tecnología un conocimiento aplicado. Este es válido visto desde un punto de vista académico, dado que una tecnología no es más que una aplicación de conocimiento. Sin embargo, desde un punto de vista práctico, en la relación Universidad-Industria, prima la transferencia de tecnología, dado que lo que se pretende es que se dé la generación de valor económico y social a partir de la explotación de aplicaciones de conocimiento, siendo este uno de los aspectos que permite priorizar el interés de la Industria.

Esta puede darse vía formación del personal, capacitación, entrenamiento, proyectos de extensión, servicios, entre otros, esto es lo que Maculan & Carvalho de Mello (2009) reconocen como Tercera Misión Tradicional; sin embargo, existe otro tipo de transferencia, reconocida como avanzada por los mismo autores. Esta incluye actividades como las oficinas de emprendimiento creación de *spin-off*, contempla también el emprendimiento académico en forma de incubadoras, parques y oficinas de patentes, la contratación de investigadores académicos por parte de las empresas, la modernización del marco legal de gestión de las universidades, y la participación de las universidades en el desarrollo local, económico y social. De otro lado, algunos consideran que la transferencia de tecnología es parte del proceso de comercialización y contiene la transferencia del *know how* y del capital intelectual entre organizaciones para que se pueda utilizar posteriormente en la producción de bienes o prestación de servicios aceptados por el mercado, es decir, que tengan viabilidad económica (COTEC, 2004).

En el contexto colombiano, a pesar de la baja interrelación Universidad-Empresa, existen experiencias varias en transferencia de conocimiento y tecnología, muchas de estas promovidas desde las entidades

rectoras en materia de CT+I y otras desarrolladas por iniciativas propias, entre otros orígenes. Muchos de estos ejercicios se encuentran enmarcados en mecanismos como los proyectos colaborativos, las pasantías docentes, la formación y, en menor medida, el licenciamiento o la creación de *spin-off*. Respecto a este último aspecto, Naranjo (2011) afirma que la creación de *spin-off* está relacionada principalmente con la gestión de algunas universidades en lo referente a estrategias de transferencia tecnológica, pero son muy pocas las Instituciones de Educación Superior que han gestado este tipo de empresas, fundamentalmente debido a la falta de políticas (Jiménez, Meculan, Otálora, Moreira & Castellanos, 2013).

A pesar de que en el país no se trata de un concepto nuevo, la creación *spin-off* de origen universitario no se da en gran cantidad. Si bien de acuerdo a las dos últimas mediciones de Grupos de Investigación de Colciencias, el país pasó de tener 22 *spin-off* reconocidas a 138 (Colciencias, 2015), no existe una correspondencia entre la cantidad de grupos reconocidos y avalados, la producción intelectual y el número de estas iniciativas en el país.

Por su parte, Ruiz (2009) atribuye el bajo número de *spin-off* académicas a que las Instituciones de Educación Superior se encuentran apenas conociendo las características de lo que implica motivar e inculcar la creación de empresas como parte del componente académico. En este sentido, Naranjo (2011) destaca que a pesar de que algunas instituciones vienen realizando esfuerzos importantes para el establecimiento de *spin-off*, existen brechas que cerrar para poder generar una dinámica favorable al desarrollo de este tipo de iniciativas productivas. La integración de las capacidades emprendedoras y las de investigación puede ser una de ellas.

En la actualidad el SNCTel, de cara a los procesos de transferencia de tecnología, se encuentra en proceso de transición. Si bien la financiación de actividades de Ciencia y Tecnología que promueve Colciencias como ente rector de la temática en el país sigue dando una relevancia superior a la generación de conocimiento a través de procesos de investigación, es notorio un creciente interés por la promoción a la generación de aplicaciones de conocimiento que deriven en tecnologías transferibles al sector productivo ya sea vía licenciamiento, creación de *spin-off* u otros mecanismos de comercialización de tecnología.

Como medio para impulsar estos procesos de transferencia, se ha dado paso a la creación y fortalecimiento de Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) en las regiones, iniciativa liderada y financiada por Colciencias, a través de la cual se generan competencias en la materia a partir del acompañamiento de expertos internacionales. Se busca entonces desarrollar capacidades en las regiones que favorezcan el desarrollo tecnológico, la gestión de la propiedad intelectual, la valoración de tecnologías, el diseño de modelos de negocio y la comercialización de tecnología.

En un proceso paralelo, desde el Sistema Nacional de Competitividad e Innovación se ha promovido recientemente la Conformación y Fortalecimiento de Unidades de Transferencia Tecnológica en universidades y empresas, iniciativa abanderada por Innpulsa Colombia. Ambas iniciativas comparten fines comunes: potencializar la explotación de resultados de investigación vía la transferencia de tecnología al sector industrial o la creación de *spin-off*.

Una iniciativa similar, pero con un alcance inferior, es promovida por la Superintendencia de Industria y Comercio con el apoyo de la Organi-

zación Mundial de Propiedad Intelectual (OMPI). Esta busca el establecimiento de Centros de Apoyo a la Tecnología y la Innovación (CATI). El rol principal de esta iniciativa es la promoción del uso de la información tecnológica y la adecuada protección de los derechos de propiedad intelectual industrial (se excluyen los derechos de autor por ser competencia de otra entidad en Colombia). Ambos elementos tienen una relevancia trascendental en los procesos de desarrollo tecnológico y la transferencia misma.

METODOLOGÍA

El estudio presentado a continuación hace parte del trabajo de grado de maestría denominado "Lineamientos de política para la creación de *spin-off* en universidades privadas en Colombia: caso Universidad Simón Bolívar". Es una investigación de tipo descriptivo-propositivo, aplicable a las universidades de naturaleza privada a partir de la revisión de los casos exitosos en los contextos nacional e internacional. Se basa en el paradigma hermenéutico puesto que, por su naturaleza, obedece a la contextualización de los sujetos u objetos que se estudian para, posteriormente, diseñar lineamientos que se ajusten a las condiciones particulares de la Universidad Simón Bolívar.

Para el desarrollo de la investigación se plantearon dos fases consecutivas: la fase 1 denominada teórica-descriptiva consistió en la revisión de experiencias exitosas en Estados Unidos, Brasil y Chile, para identificar factores de éxito en la creación de *spin-off*; también se realizó una extensa revisión de literatura en bases de datos científicas y bibliotecas con el propósito de fundamentar teóricamente los procesos de creación de *spin-off*. La fase 2 analítico-descriptiva, consistió en la identificación de tendencias y enfoques, y el análisis de las características de casos exitosos de *spin-off* universitarias en Colombia.

En el desarrollo de la fase 2 se diseñó un instrumento con el objeto de recolectar información cualitativa sobre los procesos de investigación de la Universidad Simón Bolívar, normatividad y aspectos relevantes de los procesos misionales de investigación y extensión. Se hizo uso de grupos focales con personal directivo y con los investigadores de la Institución. Además se aplicaron encuestas dirigidas a personal académico y administrativo de la Universidad Simón Bolívar con el objeto de profundizar en el conocimiento específico que se estudia.

RESULTADOS

Experiencias exitosas e identificación de factores clave en la creación de *spin-off*

La creación de *spin-off* es un fenómeno muy frecuente en países como Estados Unidos, que es reconocido por su dinamismo económico y la constante interacción entre academia y empresas. El nacimiento de este tipo de emprendimientos académicos se remontan a muchos años atrás con el legendario “Silicon Valley” y “Route 28” bajo el liderazgo de universidades como Stanford, Harvard, Berkeley y el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), pertenecientes al estado de Massachusetts que a través de la participación en proyectos han logrado cifras significativas en la creación de *spin-off*, start ups, parques tecnológicos, entre otros (Archibugi & Coco, 2004; Pertuze, Calder, Greitzer & Lucas, 2010).

Entre los factores de éxito de Estados Unidos en la creación de *spin-off*, se identificó la aceptación del capitalismo como modelo económico dominante. Jiménez, Maculan, Otálora, Moreira & Castellanos (2013) señalan que en países como Estados Unidos, se han logrado excelentes registros en la creación de *spin-off*, debido a la concepción de los investigadores, quienes no consideran inadecuado participar en los procesos de explotación económica de los resultados de las investigaciones. Ade-

más de dicho factor, la legislación de este país promueve el emprendimiento, lo que ha permitido que las universidades más reconocidas diseñen e implementen estrategias de vinculación con el entorno, específicamente con empresas, el mismo Estado y las organizaciones sociales para dar solución a problemas de la sociedad y asimismo aprovechar oportunidades de negocios (Morales, Pineda & Ávila, 2012). En la Figura 2-11 se presenta la evolución de la legislación sobre *spin-off* académica en Estados Unidos.

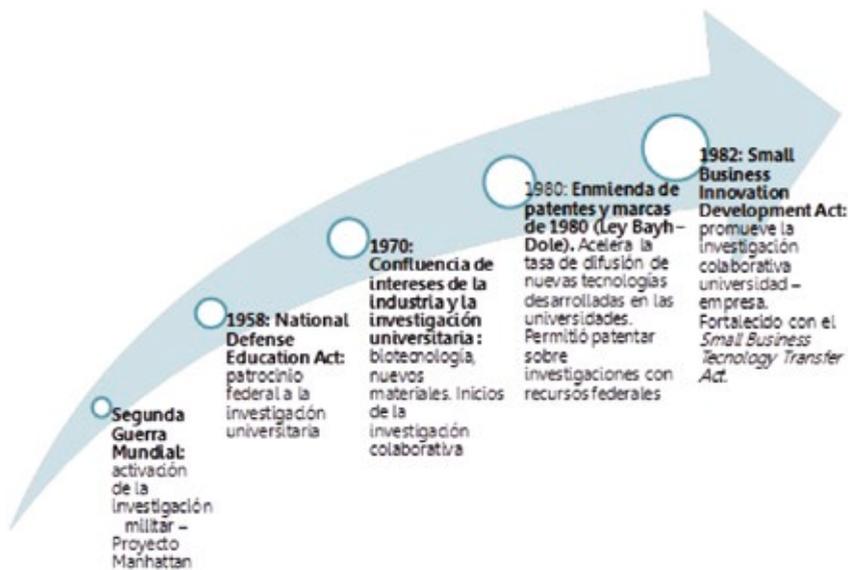


Figura 2-11.

Evolución de la legislación sobre *spin-off* académica en los Estados Unidos

Fuente: Elaborado a partir de Jiménez, et al. (2013); Locket, Siegel, Wright & Ensley (2005)

Uno de los hitos más importantes en la historia de Estados Unidos para la creación de *spin-off* fue la Ley Bayh-Dole, promulgada en el año 1980, que le otorgó la titularidad de la propiedad intelectual de los desarrollos generados en investigaciones financiadas con recursos estatales por las universidades, empresas y organizaciones sin ánimo de lucro (Pineda, Morales & Ortiz, 2011). Antes de la Ley Bayh-Dole el

gobierno de Estados Unidos de América había acumulado alrededor de 30.000 patentes, de las cuales solo el 5 % habrían sido explotadas comercialmente. Un sector líder en Estados Unidos de América es la biotecnología. En el MIT por ejemplo, es muy reconocido el caso de éxito denominado T2Biosystems, una empresa *spin-off* generada en las áreas de ingeniería, medicina y biología que se destaca por la creación de sistemas de diagnóstico rápido muy útiles para disminuir el riesgo de los pacientes con dificultades de acceso según lo referenció Jiménez, *et al.* (2013).

Con el propósito de tener una revisión de experiencias exitosas en países con economías similares a la de Colombia, se analizó el caso de Brasil y Chile como los dos referentes más importantes de América Latina en cuanto a mecanismos de transferencia y específicamente la creación de *spin-off*. Brasil es el país líder en América Latina que registra la mayor inversión en I+D con un 66 % del total en el 2012 (RICYT, 2014). En cuanto a la inversión en I+D con respecto al PIB, Brasil ocupa la primera posición en la región con el 1,23 %. Se destaca también en la implementación de políticas públicas para fomentar el emprendimiento académico y la realización de actividades de I+D+i en sus industrias, que de manera consecuente ha aumentado los índices de creación de *spin-off*.

Estudios realizados por Universia, CINDA y la Red Emprendia (2015), señalan que la Universidad Estadual de Campinas cuenta con 256 firmas categorizadas como *spin-off* que emplean un total de 11.179 personas. Este estudio revela también que la media de creación de empresas *spin-off* pasó de 3,2 en la década de 1990 a 8 en la actualidad. Por otra parte, un estudio realizado por la Asociación Nacional de Entidades Promotoras de Emprendimientos Innovadores en asocio con el Ministerio

de Ciencia, Tecnología e Innovación, determinó que existen 2.640 empresas apoyadas por 384 incubadoras (Anprotec, 2011). Estas empresas generan 16.394 empleos y facturan anualmente cerca de 4.000 millones de reales.

Entre los factores de éxito que tiene Brasil respecto a la creación de *spin-off* se destaca la proximidad geográfica de las universidades con las empresas, lo que le representan ventajas como el acceso a conocimientos actualizados, recursos humanos de alto nivel de formación, redes de conocimiento y de investigación (Azevedo, 2005; Costa, 2006; Lemos, 2008). Además, en muchos de los casos estudiados, los emprendedores continúan el vínculo laboral con la universidad que originó la *spin-off*. Asimismo, resultó ser un factor decisivo para la creación de *spin-off* en Brasil, la adopción de una política clara y bien socializada en la universidad con el propósito de reglamentar la participación de los investigadores en las *spin-off*, se destaca la *Lei de Inovação* (Ley 10.973/2004) y la *Lei do Bem* (Ley 11.196/2005) que contribuyó a reducir la falta de orientación respecto a las *spin-off* (Jiménez, Maculan, Otálora, Moreira & Castellanos, 2013).

Por último se analizó el caso de Chile, en el cual se encontraron aspectos que fueron incluidos en los lineamientos de política elaborados a partir del trabajo de investigación realizado. Chile gasta el 0,5 % de su PIB en actividades de I+D (RICYT, 2014) y aunque no tiene números parecidos a Brasil en la creación de *spin-off*, es uno de los países latinoamericanos que mejores indicadores tiene en este tipo de emprendimientos. La base para el emprendimiento académico en Chile está definida en la Política Nacional de Innovación y tiene como propósito que las empresas cuenten con las condiciones necesarias para demandar conocimiento e implementarlo en sus procesos.

Entre los factores de éxito identificados en la experiencia chilena, se destaca la creación de fondos de capital de riesgo, “que según Espina & Álvarez (2015) tuvieron su origen en la década del 90 y actualmente son liderados por los programas Corpo”. Asimismo, el avance que ha tenido Chile en la oferta de infraestructura para apoyar las actividades de transferencia de conocimiento y tecnología es significativo. Antes del año 2000 estas Oficinas de Transferencia de Tecnología (OTRI) existían en tan solo dos universidades; en el año 2012 se contaba con 12. Hoy, el 37,6 % de las universidades cuenta con unidades de transferencia de tecnología propias o en alianza. Además de las OTRI, en Chile se cuenta con un total de 19 incubadoras o aceleradoras de negocios hasta el año 2012. Se suman a esta oferta las universidades que entre 2008 y 2010 incubaron 1.131 empresas.

Lineamientos de política para la creación de *spin-off*

Como resultado de una extensa revisión de la literatura y del estudio de casos exitosos de creación de *spin-off*, se definen un conjunto de lineamientos de política para la creación de *spin-off* aplicables a Universidades privadas en Colombia. Dichos lineamientos buscan servir de base para la definición y estructuración de políticas que favorezcan la dinamización de los procesos de transferencia de tecnología, especialmente a través la creación de *spin-off* universitarias; tienen su fundamento en la articulación de los procesos de investigación, desarrollo, innovación, emprendimiento y extensión, orientada a la solución de las problemáticas del entorno y el aprovechamiento de oportunidades de explotación económica del conocimiento y los resultados de investigación.

Tabla 2-3.
Lineamientos de política para creación de *spin-off*

LINEAMIENTO	ACCIONES PARA SU IMPLEMENTACIÓN
Compromiso Directivo y Marco Estratégico Institucional	Definir de forma clara el concepto de <i>spin-off</i> universitaria que se apropiará en la Institución en el ejercicio de su segunda y tercera misión; y divulgarlo a la comunidad académica. Incorporar la protección, explotación y uso del conocimiento a la plataforma estratégica institucional. Designar representación directiva responsable de la toma de decisiones, gestión y puesta en marcha de la <i>spin-off</i> .
Marco Normativo Institucional	Diseñar e implementar un marco normativo dinámico y flexible, que incluya aspectos relacionados con la explotación, protección y uso del conocimiento, la participación de la Comunidad Universitaria en iniciativas de creación de <i>spin-off</i> y el relacionamiento con otros actores de interés.
Estructura Funcional	Establecer una estructura funcional y de procesos que permita dinamizar las actividades relacionadas con la generación de valor económico y social a partir de la creación de <i>spin-off</i> .
Modelos de Vinculación a <i>spin-off</i>	Definir los modelos de vinculación de la institución y sus actores a iniciativas de <i>spin-off</i> . Esto incluye lo siguiente: Definición de modelos de transferencia de tecnología que contemplen formas de participación. Esquemas de propiedad intelectual. Participación societaria. Tipos y montos de la Universidad a la <i>spin-off</i> (económicos, tecnológicos, científicos). Socios aportantes. Beneficios a recibir por la creación. Manejo de las regalías o royalties.
Mecanismos de Fomento	Definir mecanismos de fomento a la creación de <i>spin-off</i> teniendo en cuenta la promoción de la cultura emprendedora, la definición de estrategias de apalancamiento financiero interna y externa en etapa temprana, la priorización en la formación de alto nivel en áreas estratégicas de desarrollo institucional y la estructuración de programas de incentivos al emprendimiento y la explotación de las capacidades científico-tecnológicas.
Plataformas de Consolidación y Aceleración	Definir los mecanismos de acceso a plataformas de aceleración y consolidación como: Plataformas de financiación internas y externas. Plataformas de consolidación: maduración de la idea y ajuste del modelo de negocio que incluye el fortalecimiento de procesos internos y de gestión, asociados con aspectos gerenciales, técnicos, de operación y de <i>marketing</i> , así como el <i>networking</i> y relacionamiento industrial orientado al posicionamiento. Plataformas de aceleración: acceso a nuevos mercados, relacionamiento industrial, capitalización, etc.
Herramientas para la Gestión y Toma de Decisiones	Diseñar y/o implementar herramientas que permitan facilitar la gestión de procesos asociados a la creación de <i>spin-off</i> y la toma de decisiones respecto a la participación y apoyo institucional a la creación de <i>spin-off</i> .
Seguimiento a la Operación	Establecimiento de mecanismos para el seguimiento a la gestión, funcionamiento, cumplimiento de requisitos legales y resultados de las <i>spin-off</i> universitarias de acuerdo al modelo de participación. Así mismo, el establecimiento de indicadores de operación de gestión.

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES Y DISCUSIONES

Uno de los factores clave para la creación de *spin-off* es el modelo de transferencia tecnológica, puesto que conduce a la explotación o aprovechamiento económico del conocimiento generado en la universidad a través de empresas tipo *spin-off*, start-up y esto tiene un impacto económico en dos ámbitos: el beneficio económico generado a la universidad y la generación de valor para el territorio (Iglesias, Jambrino & Peñafiel, 2012).

A nivel internacional los modelos de transferencia tecnológica, entre los que se incluye la creación de *spin-off*, han sido considerados como relevantes especialmente en países desarrollados como Estados Unidos quien lidera las estadísticas de creación de este tipo de emprendimientos generados a partir de resultados de investigación. Por su parte, en el contexto latinoamericano, países en vías de desarrollo como Brasil que cuentan con mayores índices de inversión y gasto en actividades de I+D, han registrado importantes avances en creación de *spin-off* como producto del relacionamiento universidad-empresa-Estado. Esto evidencia una correspondencia entre la inversión en I+D y la generación de valor económico de retorno a la inversión vía *spin-off*.

El impacto sobre el territorio se ve reflejado en los índices de innovación que son evaluados y publicados conjuntamente por la World Intellectual Property Organization (WIPO), la Universidad Cornell y el INSEAD a través del informe *The Global Innovation Index*, publicado anualmente desde el año 2007, que comprende 142 economías del mundo y evalúa 84 indicadores relativos a la calidad de las principales universidades, disponibilidad de microfinanciación, acuerdos de capital de riesgo, entre otros, que conducen a la evaluación de capacidades y resultados en el ámbito de la innovación .

En la Figura 2-12 se muestran las naciones más innovadoras del mundo en los informes de *The Global Innovation Index 2014* (WIPO, 2014), y *The Global Innovation Index 2013* (WIPO, 2013), cuyos resultados tienen en cuenta diversos factores dentro de los cuales los mecanismos de transferencia son determinantes para la creación de *spin-off* que a su vez son generadoras de productos o servicios innovadores.

RANKING THE GLOBAL INNOVATION INDEX			
PAÍS	2014	2013	2012
Suiza	1	1	1
Reino Unido	2	3	5
Suecia	3	2	2
Finlandia	4	6	4
Holanda (Países Bajos)	5	4	6
Estados Unidos	6	5	10
Singapur	7	8	3
Dinamarca	8	9	7
Luxemburgo	9		
Hong Kong (China)	10	7	8

Figura 2-12.

Ranking de países más innovadores

Fuente: Elaboración propia a partir de WIPO (2013; 2014)

Colombia se encuentra en un camino de crecimiento económico, destacando el aumento en la inversión en actividades de I+D que se refleja en una mayor cantidad de recursos para financiar investigación; sin embargo, este impulso aún es disperso. Por su parte, los procesos de creación de *spin-off* son muy incipientes e inseguros. Los casos exitosos que se referencian son más asociados a condiciones favorables propiciadas por las instituciones académicas antes que por ecosistemas permeados por marcos normativos propicios.

En Colombia las regiones que más se han destacado en la creación de *spin-off* son Antioquia y Bogotá. Antioquia ha sido líder en la consolidación de procesos de relacionamiento entre universidad-empresa-Es-

tado, encabezados por las universidades de Antioquia y Nacional; como resultado tiene en su haber la creación de reconocidas *spin-off*.

Las *spin-off* requieren de condiciones favorables como una legislación actualizada y acorde con las necesidades actuales de cada país. En el caso colombiano hay una gran deficiencia en el aspecto legislativo, lo cual trasciende a las universidades que en su gran mayoría no cuentan con políticas de creación de *spin-off*, por lo que no están materializando sus logros en investigación.

Existe desarticulación entre el Sistema Nacional de Competitividad e Innovación y el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia que genera la coexistencia de políticas que persiguen los mismos fines o complementarios, desde perspectivas a veces contradictorias.

En el diseño de políticas para la creación de *spin-off* se deben considerar aspectos relacionados con la perspectiva del individuo, en lo que tiene que ver con su capacidad investigadora, innovadora, emprendedora y de gestión. De otro lado, lo relacionado con el modelo de negocio y el tipo de organización que se quiere crear, incluye no solo la visión empresarial sino todos aquellos aspectos asociados a la tecnología o el conocimiento que se transfiere, su potencial de mercado y la forma como generará valor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceytuno, M. (2011). *Las oportunidades tecnológicas para crear "spin-offs" universitarias: análisis de las estrategias de incubación desarrolladas por las universidades andaluzas* (Tesis doctoral). Universidad de Huelva, Huelva, Andalucía.
- Amézquita, J., Torregroza, E. & Martínez, J. (2011). *Educación para un*

- Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología*. Cartagena: Ediciones Uni-Cartagena.
- Anprotec (2011). *Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores*. Recuperado de: <http://anprotec.org.br/site/incubadoras-e-parques/>
- Archibugi, D. & Cocco, A. (2004). International partnerships for knowledge in business and academia a comparison between Europe and the USA. *Technovation*, 517-528.
- Azevedo, G. (2005). *Transferencia de tecnología a través de spin-off. Los desafíos enfrentados por la UFSCAR (Tesis de Maestría)*. Universidad Federal de San Carlos San Carlos.
- Beraza, J. M. & Rodríguez, A. (2012). Tipología de las spin-offs en un contexto universitario: una propuesta de clasificación. *Cuadernos de Gestión*, 12(1), 39-57.
- Bitrán, J., Benavente, J. & Maggi, C. (2011). *Bases para una estrategia de innovación y competitividad para Colombia*. Bogotá.
- Cinda, Universia, Red Emprendia (2015). *La Transferencia de I+D, la Innovación y el Emprendimiento en las Universidades*. Santiago, Chile: Cinda.
- Colciencias (2013). www.colciencias.gov.co/. Recuperado de: http://www.colciencias.gov.co/sobre_colciencias/descripci-n
- Colciencias (2015). *Informe de la publicación de los resultados finales. Convocatoria 693 de 2014*. Bogotá, D.C.: Colciencias.
- Colciencias (2015). *Informe de la publicación de los resultados finales. Convocatoria Nacional para el Reconocimiento y Medición de Grupos de Investigación, Desarrollo Tecnológico o de Innovación y para el Reconocimiento de Investigadores del SNCTei*. Bogotá: Colciencias.
- Costa, L. (2006). *Criacao de empresas como mecanismo de cooperacao universidad-empresa: los spin-off académicos (Tesis de Maestría)*. Universidad Federal de San Carlos, San Carlos.
- Cotec (2004). *Transferencia a las empresas de la investigación universi-*

- taria. Descripción de modelos europeos. *Colección Estudios*, 29. Madrid: Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica.
- Djokovic, D. & Souitaris, V. (2007). Spin-outs from Academic Institutions: A Literature Review with Suggestions for Further Research. *Journal of Technology Transfer*, 225-247.
- Espina, P., & Álvarez, R. (2015). Capital de riesgo en Chile. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Etzkowitz, H., Webster, A., Gebhart, C. & Cantisano Terra, B. (2000). The future of the university and the university of the future: evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm. *Research Policy*, 313-330.
- Etzkowitz, H. & Leydersdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations. *Research Policy*, 9(2), 109-123.
- Etzkowitz, H. (2003). Research groups as quasi-firms: The invention of the entrepreneurial university. *Research Policy*, 109-121.
- Fernández de Lucio, I., Castro Martínez, E., Conesa Segarra, F. & Gutiérrez Gracia, A. (2000). *Las relaciones universidad-empresa: entre la transferencia de resultados y el aprendizaje regional*. Espacios.
- Genatios, C. & Lafuente, M. (2004). Políticas en Ciencia y Tecnología para Venezuela. *Venezuela en Perspectivas*, 131-179.
- Iglesias, P., Jambrino, C. & Peñafiel, A. (2012). Caracterización de las *spin-off* universitarias como mecanismo de transferencia de tecnología a través de un análisis clúster. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 21(3), 240-254.
- Jiménez, C., Meculan, A., Otálora, I., Moreira, R. & Castellanos, O. (2013). *Reflexiones sobre los mecanismos de transferencia de conocimiento desde la universidad: el caso de las spin-offs*. En ALTEC, XV Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica-ALTEC 2013, 1-16, Portugal.
- Kroll, H. & Liefner, I. (2008). Spin-off enterprises as a means of technology commercialisation in a transforming economy—Evidence from three

- universities in China. *Technovation*, 28(5), 298-313.
- Láscaris, T. & Aguilar, G. (2006). Comparación internacional de mejores prácticas de vinculación universidad/sector productivo. Síntesis comparativa y conclusiones. En: Jiménez, C., Maculan, A., Otálora, I. Moreira Cunha, R., Castellanos, O. Reflexiones sobre los mecanismos de transferencia de conocimiento desde la universidad: el caso de las *spin-offs*. ALTEC 2013. Costa Rica: CONARE y CENAT/CONARE.
- Lemos, L. (2008). *Desenvolvimento de spin-off acadêmicos. Estudo a partir de caso de Unicamp (Tesis de Mestría)*. Universidad Estatal de Campinas Sao Paulo.
- Leydesdorff, L. & Etzkowitz, H. (2001). The transformation of university-industry-government relations. *Electronic Journal of Sociology*.
- Lockett, A., Siegel, D., Wright, M. & Ensley, M. (2005). The creation of spin-off firms at public research institutions: Managerial and policy implications. *Research Policy*, 981-993.
- Maculan, A. & Carvalho de Mello, J. (2009). University start-ups for breaking lock-ins of the Brazilian economy. *Science and Public Policy*, 36(2), 109-114.
- Martínez Torres, D. (2013). *Modelo de gestión del proceso de vinculación de las universidades con el entorno socioeconómico*. El Caso de la Universidad Tecnológica de Bolívar. Tesis de Maestría Cartagena de Indias, Colombia: Universidad Tecnológica de Bolívar.
- Monroy, S. (2005). La organización sistémica de la ciencia, la tecnología y la innovación en Colombia. Una visión estratégica del sistema nacional. *Revista de Tecnología-Journal of Technology*, 4(2), 19-26.
- Morales, M., Pineda, K. & Ávila, K. (2012). Organizaciones innovadoras a partir de la interacción con las universidades: casos exitosos. *Estudios Gerenciales*, 363-374.
- Naranjo, G. (2011). *Spin-off académica en Colombia: estrategias para su desarrollo*. *Multiciencias*, 11(1), 35-43.
- Nicos, N. & Sue, B. (2003). Academic networks in a trichotomous categorisation of university spinouts. *Journal of Business Venturing*, 333-359.

- Pertuze, J., Calder, E., Greitzer, E. & Lucas, W. (2010). Best Practices for Industry University Collaboration. *MIT Sloan Management Review*, 82-91.
- Pineda, K., Morales, M. & Ortiz, M. (2011). Modelos y mecanismos de interacción universidad-empresa-Estado: retos para las universidades colombianas. *Equidad & Desarrollo*, 41-67.
- Pirnay, F., Surlemont, B. & Nlemvo, F. (2003). *Toward a Typology of University spin-offs*. *Small Business Economics*, 355-369.
- RICYT (2014). *El Estado de la Ciencia 2014*. Buenos Aires: RICYT.
- Robledo, J. (2013). *Introducción a la Gestión de la Tecnología y la Innovación*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Rodeiros Pazos, D., Fernández López, S., Otero González, L. & Rodríguez Sandías, A. (2008). La creación de empresas en el ámbito universitario: una aplicación de la teoría de los recursos. *Cuadernos de Gestión*, 11-28.
- Rodeiro, D., Fernández, S., Rodríguez, A. & Otero, L. (2010). Factores determinantes de la estructura de capital de las spin offs universitarias. *Academia. Revista Latinoamericana de Administración*, 65-98.
- Rubiralta, M. (2003). El papel de los parques científicos en la incubación de empresas de base tecnológicas. *Iniciativa emprendedora y empresa familiar*, 103-120.
- Rubiralta, M. (2004). *Transferencia a las empresas de la investigación universitaria. Descripción de los modelos Europeos*. Madrid: Fundación COTEC.
- Ruiz, O. (2009). *El camino hacia las spin-off en Medellín, Colombia. Experiencias vividas desde la Universidad de Antioquia*. Medellín, Antioquia.
- Sábato, J. & Botana, N. (1968). La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina. *Revista de la Integración*, 1(3), 15-36.
- Shane, S. & Venkatamaran, S. (2000). The promise of entrepreneurship as a field of research. *The Academy of Management Review*, 25(1), 217-228.
- Steffensen, M., Rogers, E. & Speakmen, K. (2000). Spin-offs from research

centers at a research university. *Journal of Business Venturing*, 15(1), 93-111.

Thierstein, A. & Wilhelm, B. (2001). Incubator, technology and innovation centres in Switzerland: Features and policy implications. *Entrepreneurship and Regional Development*, 13(4), 315-331.

WIPO (2013). *The Global Innovation Index 2014. The Local Dynamics of Innovation* (S. Dutta & B. Lanvin, Edits.). Geneve: WIPO.

WIPO (2014). *The Global Innovation Index 2014. The Human Factor in Innovation* (S. Dutta, B. Lanvin, & S. Wunsch, Edits.) Geneve: WIPO.

Zucker, L., Darby, M. & Brewer, M. (1998). Intellectual Human Capital and the Birth of U.S. Biotechnology Enterprises. *The American Economic Review*, 290-306.

**INCIDENCIA DE VARIABLES DEL ENTORNO A LA
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA, MODALIDAD
INVERSA, EN PROCESOS DE MECANIZADO, POR
PYMES DEL SECTOR METALMECÁNICO**

*Víctor Ávila Díaz*¹

¹ Magíster en Ingeniería Industrial Universidad del Norte, Docente de planta Universidad Simón Bolívar.
vavilad@unisimonbolivar.edu.co
orcid: 0000-0003-0781-9900

RESUMEN

El presente capítulo desarrolla el concepto integral de la transferencia tecnológica, en su modalidad inversa, incorporada a bienes de capital como estrategia productiva de entidades industriales que pretenden la inclusión de tales equipamientos modificados en su cadena de transformación. Emplea el abordaje del estudio, el análisis concurrente de factores internos y externos a la organización, incidentes en la implementación pertinente del modelo de transferencia señalado. Tal enfoque multifactorial, soporta la valoración global del proceso, como también el análisis inductivo pretendido, desde las áreas correlacionadas al modelo de transferencia inversa. Este análisis de doble vía, otorga criterios válidos en el discernimiento de los resultados alcanzados al cuantificar el impacto generado por la aplicación pertinente de fuentes financieras mensurado en su costo de oportunidad; en la injerencia del componente académico del talento humano imbuido en el proceso y en la configuración de demanda real y potencial a los servicios ofertados. Estas valoraciones cimientan la pertinencia de los resultados, concentrados estos en la ausencia de políticas de crédito a sectores con mínimo o nulo aval hipotecario, a la formación profesional incipiente presente en estos escenarios productivos y a la renuente oposición de los industriales perfilados, a la creación de figuras de asociación que generasen metas mejoradas.

Palabras clave: Tecnología, Técnica, Innovación, Gestión del conocimiento.

ABSTRACT

This chapter develops the technology transfer concept, on reverse way, incorporated in hardware, as productive strategy led by enterprises which pretend includes changed hardware on its manufacturing chains. This study uses concurrent analysis for inner and external factors, changes on signed technology transfer model. This multifactorial view supports the total process value, either than inducted analysis pretended. Based on this point of view, study gives items for measurement of financial sources used on hardware buying, through its opportunity cost, on the humanware intervention joined to industrial process and the real and potential demand creation.

Keywords: Technology, Technique, Innovation, Knowledge Management

INTRODUCCIÓN

El marco empresarial de las pequeñas y medianas organizaciones productivas (pymes), de bienes y servicios, en diferentes latitudes del orbe, presentan connotaciones similares que inducen la inclusión y vigencia de parámetros internos y externos, incidentes en el desarrollo cabal de sus actividades económicas, repercutiendo, de manera favorable o adversa, en su devenir en los mercados en que se hallen circunscritos. Tales variables, medidas en su naturaleza singular y en su injerencia interrelacionada, ilustran las condiciones que coadyuvan la implementación de estrategias administrativas de operaciones dirigidas a la generación de productos, tangibles e intangibles, en función del perfil organizacional, industrial y comercial, de las pymes. El análisis multifactorial de los elementos considerados como relevantes para el desempeño pertinente de las pequeñas y medianas empresas en entornos económicos nacionales, se estipula como resultado de análisis concurrentes a estudios previos de diagnósticos realizados por entidades privadas, públicas y mixtas, con marcada interacción con las pymes, en diversos renglones económicos y en diferentes actividades industriales.

De igual manera, acompañado por aportes de investigaciones académicas que registran inferencias del comportamiento de pymes ante requerimientos de diversa índole: económicos, productivos y de mercados, principalmente, denotando el impacto suscitado en ellas; áreas como la financiera, al carecer el sector de pymes, de un apalancamiento formal que permita el crecimiento de tales organizaciones; el de mercados, al mantener menor cobertura de oferta de bienes de capital susceptibles a modificaciones de ingeniería que amplíen su vida útil; el de formación académica, que no ofertan portafolio robusto a los requerimientos cognitivos demandados por el talento humano de las pequeñas y medianas empresas del sector metalmeccánico tomadas como objeto de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el desarrollo del presente trabajo de investigación, se aplica el método inductivo deductivo en la generación pertinente de información

recurrente a la modalidad de transferencia tecnológica bajo análisis. El componente inductivo radica en la valoración a la muestra representativa tomada de pymes del sector metalmecánico, articuladas con la actividad industrial de arranque de viruta, desprendimiento de material inherente a un cuerpo metálico mediante el empleo de máquinas herramientas generadoras de procesos abrasivos, cortantes o de desbaste, que ocasionen supresión de material (Groover, 2010). La inferencia que genera esta posición de análisis pretende cobijar características generales incidentes en el perfil pertinente de mediana empresa susceptible de ejecutar reingeniería a sus bienes de capital; el ítem deductivo se esboza en la sincronía de tales organizaciones a parámetros exógenos tomados como directrices en el *profile* de una pyme, omitiendo su área de actuación, industrial o comercial. El menor acompañamiento sistémico de fuentes financieras operativas a las pymes, la prevalencia del conocimiento práctico en el talento humano de las pequeñas y medianas empresas, y el tangente seguimiento de estas organizaciones a las estrategias estatales dirigidas al crecimiento y fortalecimiento del sector, se erigen como elementos dicentes de la relevancia de análisis deductivo a la temática de investigación propuesta.

Dimensionamiento de la muestra

El trabajo de investigación aplicada, concerniente a la pertinencia en la modificación de equipos metalmecánicos con arranque de viruta, (desprendimiento de material a causa de elemento cortante, reductor o abrasivo anexo a un equipo de mecanizado) (Groover, 2010), estima tamizar la elección del escenario propicio para su implementación y posterior validación. Coherente a ello, se enmarca en espacios con denotado trasegar fabril, con actividades industriales demandantes de procesos metalmecánicos, modificadores de elementos metálicos. Aunado a estas características, resulta positiva la observancia a la participación activa de núcleos humanos, nativos o foráneos, en el asentamiento, vigencia y crecimiento de la industria metalmecánica, en su expresión de procesos de mecanizado, absorbentes de las tareas emanadas de las máquinas herramientas objeto

de transferencia de tecnología inversa. Los puertos y ciudades de connotada actividad industrial se perfilan como centros dicientes en la toma del espacio adecuado. En el ámbito nacional, la ciudad de Barranquilla, por su carácter de estuario y paso intermedio para flujos migratorios se cimienta como adecuado laboratorio para el análisis de la transferencia de tecnología propuesta en el presente análisis investigativo.

MÉTODOS

La transferencia inversa de tecnología incorporada, conlleva, además de la posición inferencial y descriptiva del analista, su valoración cuantitativa y cualitativa de variables imbuidas en la modalidad descrita de reconversión de equipos y mecanismos. En función de la importancia relativa otorgada a las variables conspicuas a la transferencia tecnológica propuesta -Pareto emanado de fuentes primarias, traslapado con criterios del autor-, (ver Figura 3-1) y a las connotaciones expuestas por el marco de desempeño de cada variable en la ciudad de Barranquilla, se determina incremento, mantenimiento o decrecimiento del impacto positivo de tales variables en la efectividad de la prolongación de los bienes de capital, como hecho determinante para el alcance pretendido de la competitividad en las pymes del sector metalmecánico. Esta valoración mixta, alineada a escalas numéricas o cualitativas, otorga franjas para la implementación de estrategias conducentes a la mejora sustancial en la participación y vigencia en mercados industriales de los entes del sector metalmecánico ofertantes de procesos de mecanizado, suministrado por máquinas herramientas repotencializadas mediante la transferencia inversa de tecnología.

Los consecuentes accionamientos emprendidos han de ser valorados de manera continua en virtud de la complejidad del entorno y de las modificaciones suscitadas en él, generados por la dispersión natural del proceso o por la injerencia de agentes externos que alteren, de manera proclive o adversa, el despliegue de tales factores por parte de las pymes que pretenden implementar la transferencia inversa de tecnología, como herramienta para elevar la competitividad del ente.

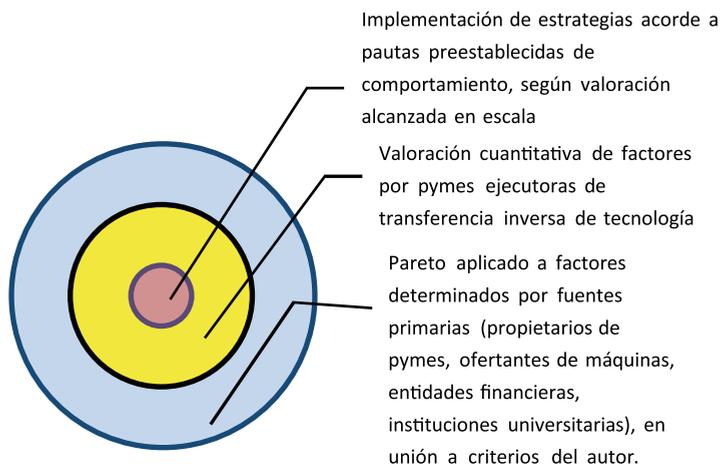


Figura 3-1.
Despliegue de estrategias acorde a valoración de factores
Fuente: Elaboración propia

Factores incidentes en la implementación de transferencia inversa de tecnología

La movilidad de tecnología incorporada en equipamientos, compete a uno de los accionamientos más asiduos entre organizaciones de pequeña y mediana envergadura, para el incremento de participación y vigencia en mercados y para la mejora de su enfoque productivo (Abello, 2002). En el primero, la oferta de procesos de mecanizado con diseño acondicionado a las pretensiones del ofertante y a precios asequibles –por omitir adquisición de *hardware* nuevos con tecnología de punta–, postulan a la pyme que la implemente, demandas en cadenas de abastecimiento industriales y en los requerimientos finales en procesos de mecanizado, tanto por personas naturales como jurídicas; en el marco productivo, el aporte proactivo de la transferencia inversa de tecnología, compete a la adaptación puntual de los procesos de mecanizado con mayor requerimiento, y a la adaptabilidad del *hardware*, generada por el talento humano de la pyme, permitiendo a esta procesos correctivos y preventivos eficaces en el manejo del equipamiento industrial.

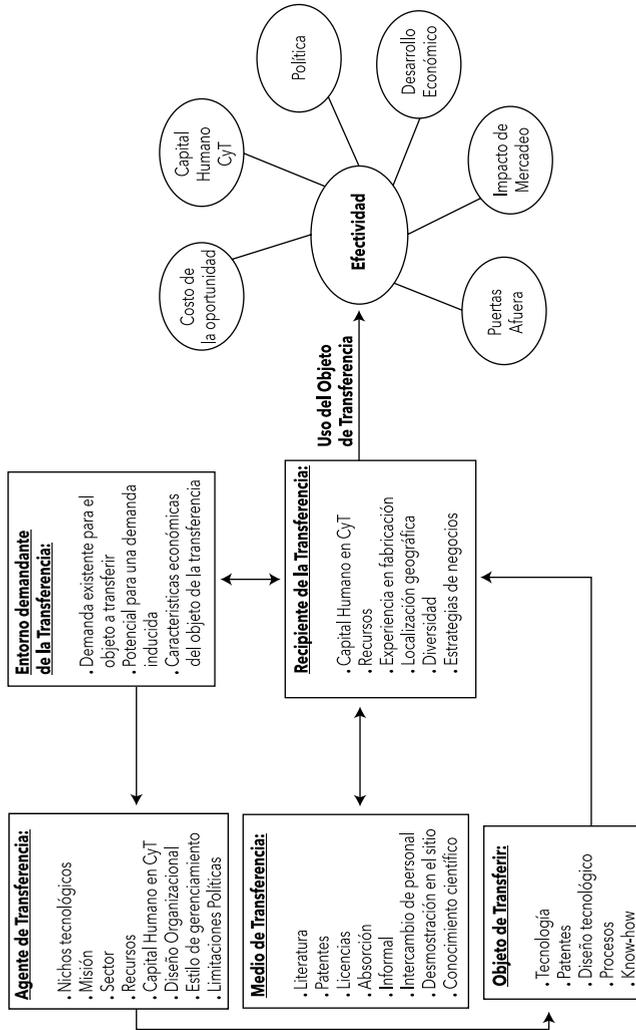


Figura 3-2.
Modelo de Efectividad de la Contingencia en la Transferencia Tecnológica.
 Fuente: Modelo de Efectividad de la Contingencia en la transferencia tecnológica.

Estas connotaciones han de desplegarse en áreas interactuantes de participación activa en la implementación de la transferencia inversa. Por la naturaleza de activo fijo del dispositivo a modificar, por su alto costo y su permanencia longeva en las operaciones de la pyme, el componente financiero prima como elemento requerido; por la adaptabilidad pretendida en la máquina herramienta, cimentándose en el conocimiento técnico y pragmático -en alto porcentaje- del recurso humano en contacto directo con los dispositivos, el perfil cognitivo que tal personal presente, robustece la modalidad de transferencia sugerida; por las alternativas de crecimiento al sector pyme, proveídas por el Estado, como política transversal, y por organismos mixtos y privados, al contemplar a las pymes como nichos de mercados atractivos, la valoración de las tendencias y opciones de financiamiento, asesoría o acompañamiento de estos sectores, asumen importancia creciente.

En este orden de ideas, el análisis concurrente de factores, valorados de manera cuantitativa y por atributos, se vislumbra como aplicación pertinente en el abordaje de la transferencia tecnológica, máxime si el logro efectivo de la implementación se fundamenta en el cumplimiento cabal o acotado de las variables bajo análisis en el contexto y ambivalencia generada por los lineamientos presentes en el sector pyme metal-mecánico abordado, el correspondiente a los procesos de mecanizado con arranque de viruta.

En el campo de transferencias tecnológicas y su interacción con variables exógenas e internas, el campo académico ha otorgado lineamientos válidos para su comprensión. Se destaca entre los recientes estudios el desarrollado por el catedrático de la Universidad de Georgia (Estados Unidos), Barry Bozeman, en que asume como prioritario la interdependencia de la educación, el mercado y los estamentos financieros en la implementación y desarrollo eficiente de la transferencia de tecnología. La efectividad del modelo, radica, según Bozeman, en la sinergia generada por el aporte de cada variable y en la medición continua de su

desarrollo, entablado modificaciones correctivas acorde se obstaculice su ejecución. La Figura 3-2, compete al Modelo de Contingencia y Efectividad de la Transferencia de Tecnología. Los parámetros inscritos en cuadrados, se ciñen a los *Stakeholder*, término acuñado por Michael Porter, mediante los cuales valora la competitividad de un país en función del compromiso y ejecución articulada de actividades productivas en diversos estamentos vinculados a los *Stakeholder*, con un desempeño mensurable por indicadores de Productividad (Porter, 2010).

El comportamiento de las pymes del sector metalmecánico en Barranquilla, dedicadas a los procesos de mecanizado, de manera particular, a los referentes con arranque de viruta, se cobija al modelo de Bozeman, adecuando, de manera pragmática y ceñida al contexto señalado, las variables relevantes intercesoras, estas competen a:

Mercados. Se valora los dos estamentos dicentes en la puesta en marcha de la transferencia inversa de tecnología, la oferta de los equipos de mecanizado y los servicios metalmecánicos demandados por el mercado. La oferta de equipos de mecanizado se genera acorde a la envergadura de la empresa industrial que incluya en sus actividades productivas, trabajos de mecanizado, entre estos, la modificación de elementos metálicos mediante el torneado, fresado o esmerilado como procesos más recurrentes. El tamaño de la empresa incide, de manera notoria, en las políticas de reposición de equipamientos por parte de la organización industrial que detenta tales dispositivos. Acorde al trabajo de campo realizado por Ávila (2013), los abordados directivos de planta de grandes empresas, ofertantes potenciales y reales de equipos de mecanizado, sustentan la pertinencia de otorgar equipos de mecanizado a pymes del sector, acorde a que estos presenten conocimientos y experiencia que validen su potencial inclusión en la cadena de abastecimiento de servicios industriales, para las grandes empresas metalmecánicas, propietarias del *hardware* a modificar en la transferencia inversa de tecnología (ver Figura 3-3).

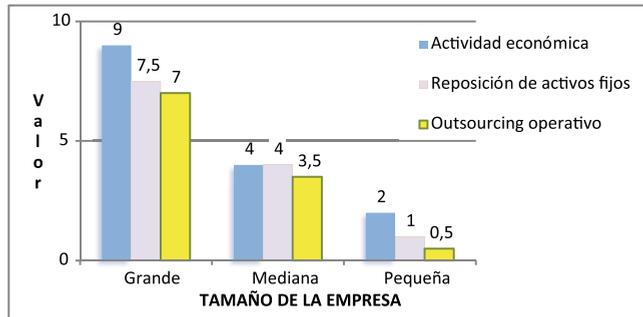


Figura 3-3.
Parámetros para ofertar máquinas herramientas con vida útil saturada,
por empresas del sector metalmeccánico
Fuente: Elaboración propia

El análisis de la demanda de los servicios de mecanizado, se orientan en función de las máquinas herramientas con mayor versatilidad en su usufructo. Los dispositivos moldeadores en procesos de mecanizado, fresadora y torno convencionales, principalmente se erigen como los equipamientos que generan los servicios más demandados. En el primero, el ranurado y perfilado de elementos metálicos, según la herramienta de punta (fresa) empleada; en el segundo, el rectificado y la alineación de elementos, se emplean de manera frecuente entre los demandantes de servicios de mecanizado (Ávila, 2013).

Se valora, en concordancia, el tipo del requeridor del proceso, siendo frecuente el requerimiento de servicios de mecanizado, por parte de empresas del sector industrial, orientados a la mediana y pequeña empresa principalmente. Las grandes empresas emplean de manera puntual a las pymes oferentes de servicios de mecanizado, incluyéndolas a su cadena de suministro en la medida que sus peticiones de trabajo de mecanizado se incrementen. Asume relevancia, de igual manera, el cliente final de los procesos de mecanizado en el cubrimiento de necesidades no industriales, en requerimientos individualizados del área automotriz y arquitectónica, alteración a estructuras de vivienda, principalmente (ver Figura 3-4).

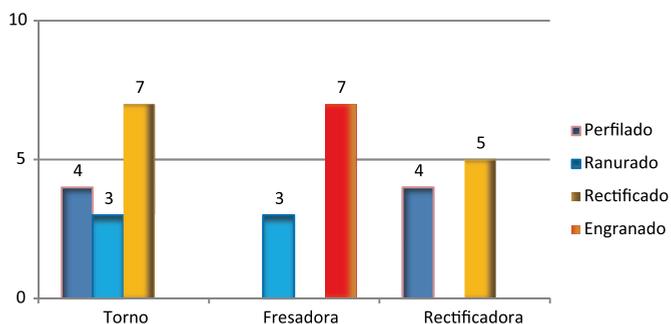


Figura 3-4.
Servicios de mecanizado demandados
 Fuente: Elaboración propia

Finanzas. Las pequeñas y medianas empresas se caracterizan por poseer patrimonio y flujo de capital limitados que exigen planificación en la adquisición de los activos (Giraldo 2007). Concurrente a ello, el apalancamiento operativo (financiación directa de bienes de capital), y el apalancamiento financiero (préstamos de recursos monetarios líquidos con amplitud en su aplicación final) (Gitman 2007), demanda condicionantes implementados por los sistemas bancarios del entorno. El requerimiento de aval de crédito mediante garantía hipotecaria, se halla entre los puntos adversos en el acceso de las pymes a las fuentes financieras, al no cubrir aquellas tal requerimiento, máxime si tales organizaciones estilan el manejo de flujo corriente como estrategia aplicada en la captación de oportunidades en el mercado en función de la liquidez presentada.

Las pymes, de manera generalizada, omiten en su direccionamiento la reposición de bienes de capital programado, arguyendo para ello la dinámica, pero parca marginalidad generada por los servicios metal-mecánicos por ellas ofertados. Este acontecer insta la participación del Estado en el acompañamiento financiero requerido por el sector pyme, y de entidades mixtas con economía solidaria, que propugnan por el crecimiento de la pequeña y mediana empresa en la nación, máxime si

esta propende por el empresarismo e ideas de negocios propias, generadoras de empleo (Giraldo, 2007). Estas alternativas de financiación presentan mayor laxitud en el cumplimiento de requerimientos previos al empréstito, aunque adolecen de líneas directas de apalancamiento operativo, guiando su oferta a la libre inversión, lo que genera incremento en el valor futuro a cancelar por el préstamo al incrementarse el nivel de riesgo de la transacción monetaria.

Formación académica. La transferencia inversa tecnológica, en su fundamento práctico, incluye el componente económico como aside-ro en su ejecución. La implementación de tal transferencia contempla la disminución notoria de egresos al modificar *hardware* adquiridos en su valor de salvamento (valor comercial del activo al culminar su vida útil, desde la óptica de contabilidad de costos, Baca, 1994). Apoyando esta posición, la pyme debe arrostrar la limitante económica y financiera susceptible de presentar, con la formación académica del talento humano generador de las modificaciones ingenieriles requeridas en el modelo de transferencia propuesto. Esta preparación, técnica y profesional, principalmente, detenta en gran medida la efectividad de la transferencia tecnológica inversa al incrementar las bondades del dispositivo en referencia a los requerimientos continuos demandados a él, asumiendo menor importancia relativa a la disponibilidad de servicios con menor demanda. La reingeniería aplicada de manera reversa implica oferta continua del entorno a la capacitación satisfactoria de este personal, cimentando la relevancia de entrelazar el conocimiento técnico, tecnológico y profesional en el ramo de procesos de mecanizado y el cognos empírico y experimental que coadyuva la implementación eficiente de las alteraciones aplicadas al *hardware*. El comportamiento de la formación académica en el cliente interno de las pymes, ilustra una curva ascendente relativamente correlacionada a la envergadura de la organización, presentándose mayor puntal en el conocimiento práctico,

informal, de transmisión aplicada, acorde a la disminución en el tamaño de la empresa.

Seguimiento a las políticas estatales de fomento a las pymes. El Departamento Nacional de Planeación, en su Base de Plan de Desarrollo 2006-2010, contempla el acompañamiento integral a las modalidades de micro, pequeña y mediana empresa, en diversos renglones económicos y en diferentes actividades productivas, comerciales e industriales, que cimienten el empresarismo, el autoempleo y la generación de oportunidad laboral a terceros, basados en la perspectiva de apoyo en la esfera económica en que el incipiente emprendedor haya trasegado su devenir productivo. Bajo esta premisa, el gobierno central ha desplegado estrategias conducentes a fortalecer las pymes, tomando como referentes la inclusión del componente financiero, la participación del elemento educativo y la valoración a marcos de mercados que concurren en la puesta en marcha y en el desarrollo eficiente de la transferencia inversa de tecnología incorporada. La atención sustancial a elementos financieros por parte del Estado, se vislumbra con la oferta incrementada de alternativas de empréstitos dirigidas al sector pyme y microempresarial, inclusive, asumiendo la coherencia entre los requerimientos exigidos para el otorgamiento de los créditos y el perfil global del pequeño empresario colombiano: patrimonio orientado a los bienes de capital, carecimiento de bienes raíces empleadas como respaldo de los préstamos; estructuras financieras y contables laxas, en numerosos casos, informal, mínima planeación en la reposición de equipos, valorando tal escenario, el gobierno central oferta, de manera independiente o asociada a entidades privadas, alternativas de apoyo económico con mayor interés social y solidario, al pretender con este accionar disminuir dígitos en el desempleo y la informalidad laboral (Galindo, 2009). Estas alternativas, rotulados bajo el término “Banca de Segundo Piso”, coincide con entidades de economía solidaria y de interés social, cuyo

objetivo se mensura en la mejora de calidad de vida y de oportunidades de trabajo. El elemento educativo, lo cimienta el Estado en la oferta permanente de estudios técnicos y tecnológicos, en instituciones públicas y en alianzas con el sector educativo privado, al exhortar la oferta de ciclos de educación progresiva (propedéutica), que permita robustecer el cognos aplicado y teórico de un individuo, desde las esferas técnicas hasta el perfil profesional. Su valía radica en la pertinencia de su cuerpo teórico y aplicado y la injerencia, en momento real, de su participación en escenarios productivos disímiles.

Vinculación a alianzas industriales o comerciales. El escenario productivo de la micro, pequeña y mediana empresa colombiana, adolece, en términos generales, de entes asociativos que fortalezcan su desarrollo económico y permitan alcance sustancial de oportunidades de mercados. El escenario ofertado por el sector metalmecánico, en el subsector de procesos de mecanizado, no es ajena a este acontecer (Ávila 2013). La apatía de los ofertantes de tales servicios a la concurrencia de objetivos bajo unas mismas figuras, presenta causales, originadas, entre otras motivaciones por:

- Economía informal, de supervivencia, orientada a la marginación por servicio.
- Atención a mercados locales sin proyección internacional que demande alianzas o vinculaciones estratégicas para la incursión en mercados globales.
- Mínima orientación por entidades gremiales relacionadas al ámbito metalmecánico o por estamentos gubernamentales de las pautas generales que enmarcan la gestión eficiente de procesos de mecanizado.
- Ausencias de asesorías fundamentadas en el quehacer de las entidades prestadoras de servicios metalmecánicos, que aúpen su conocimiento aplicado.

- En la Tabla 3-1 se condensan las características de las pymes ante variables valoradas y prefijadas en su impacto en la competitividad de tales organizaciones productivas.

Tabla 3-1.
Comportamiento de pymes del sector metalmecánico, ofertantes de procesos de mecanizado, ante variables prefijadas

FACTOR	CARACTERÍSTICAS DE LA PYME
Financiera	Menor cantidad de activos fijos hipotecables o pignorables, como aval a créditos estimados. Planificación nula en reposición de activos fijos. Laxitud en manejo contable y financiero de la pyme.
Mercados	Oferta de máquinas herramientas acorde al tamaño de la empresa proveedora. Incremento en la oferta de bienes depreciados acorde a políticas de reposición de equipos y a la inclusión de pymes en la cadena de servicios de mecanizado. Demanda de servicios mecanizados, en función de la versatilidad de los bienes con alteración en su diseño.
F Académica	Tendencia en pymes de conocimiento práctico, empírico, con mínima tendencia al cognos profesional. Mayor formación académica acorde a la envergadura de la empresa y de la amplitud del portafolio ofertado.
Seguimiento a políticas estatales	Omisión a información proveída por estamentos estatales en el acompañamiento a pymes de sectores económicos diversos. Generación de costos de oportunidad por soslayar información referente a las políticas de acompañamiento y apoyo estatal a pymes.
Alianzas	Soslayo a integración entre pymes, al no confrontar riesgos relevantes de competencia. Omisión a la agremiación del sector, al no requerir imponer barreras de entrada a competencias foráneas.

Fuente: Elaboración propia

Diagnóstico y visión global

Según datos generados por el Departamento Nacional de Estadísticas (DANE) (ver Figura 3-5) (DANE, 2011), las pequeñas empresas en Colombia, competen al 96 % de las organizaciones productivas de la Nación. Esta realidad amerita la implementación de estrategias conducentes a fortalecer este tipo de unidades productivas, de manera concurrente a las variables dicientes en su desarrollo, interpretadas y valoradas por diversos actores de la escena productiva del país, de sectores ofertantes o demandantes de los insumos requeridos para la vigencia eficiente y competitiva de las pymes en sectores económicos del territorio nacional.

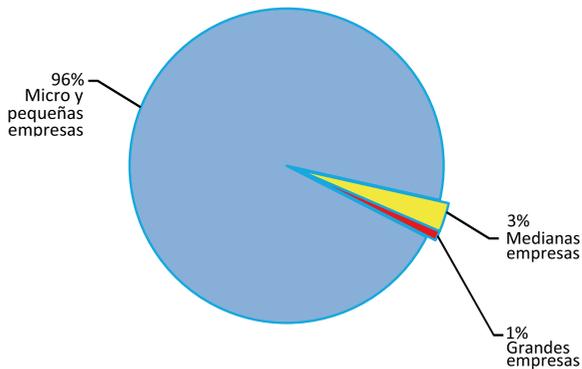


Figura 3-5.

Distribución de empresas en Colombia, por tamaño

Fuente: Primera Encuesta Nacional de Microempresas. DANE, 2001

Barranquilla, por su componente industrial y comercial, aunado a las actividades propias de ciudad portuaria, despliega dinámica en el sector metalmecánico, desde los inicios de este sector, en el centro productivo de la costa Atlántica de Colombia. Su relevancia como puerto fluvial y marítimo, por su condición de estuario, ha permitido el desarrollo en la urbe de áreas demandantes de procesos de mecanizado, de manera notoria, en los procesos con arranques de viruta, mediante los cuales se perfilan elementos metálicos, moldeándolos acorde al requerimiento presentado (Groover, 2010). Cimenta este papel preponderante, en el desarrollo de la industria metalmecánica en Colombia y de manera concreta, los procesos de mecanizado expandidos, el asentamiento de fuentes migratorias desde países con marcada vocación industrial, abanderados de los avances relevantes en el campo productivo y tecnológico. Estas colonias, en un porcentaje y procedencia determinadas, perfilan su permanencia en Colombia, tomando como medio de sustento las actividades industriales señaladas, coadyuvando en la implantación a mediano y largo plazo del renglón fabril señalado, principalmente, procesos de transformación en la industria metalmecánica, mediante procesos de mecanizado.

Los núcleos de extranjeros que aportaron, en los albores del siglo XX,

con mayor denuedo a la iniciación de los procesos de mecanizado en Barranquilla, competen a los provenientes de Europa occidental, de manera específica, Alemania y europeos meridionales, de manera concreta, italianos sureños. Las otras colonias se orientaron más al componente comercial y de servicios por su proverbial fortaleza en tales áreas (migraciones hebreas, árabes y orientales) (Meisel, 1987). Como hecho coherente a esta connotación histórica, el fortalecimiento de Barranquilla como puerto para mar y río, y como punto de partida para el incipiente y otrora incierto campo de la aviación, impulsa la industrialización de tales entornos, en referencia a los astilleros, a los armadores de navíos, a la construcción de hangares, tomando todos ellos como indiscutido aliado y soporte imprescindible el sector metalmecánico, en sus procesos de unión y moldeado de elementos de metal (Capelli, 2006). No es de extrañar, por tanto, que aventureros teutones e itálicos se hayan erigido junto a patricios barranquilleros como pioneros en las citadas industrias.

Al paso de los años, el comportamiento industrial de la capital del departamento del Atlántico, ha cedido espacio a las actividades comerciales, perfilando a la ciudad con mayor cobertura en la oferta y demanda de servicios que dé producción tangible. Por esta inocultable realidad, el citado autor barranquillero, Adolfo Meisel Roca, en sus diversos escritos, sustenta, como asidero, entre otras variables de la declinación industrial de Barranquilla, la absurda omisión de anteriores gobiernos centrales a la navegación marítima y fluvial, como polo de desarrollo de la nación, puntal sólido de la pretendida competitividad del país. Esta abulia gerencial ha conllevado el estancamiento de las actividades correlacionadas al trasegar portuario y aéreo de la región. Los eslabones anquilosados de la industria metalmecánica presentan oportunidades latentes de mejora, en función de la atención de signos del mercado que avizoran espacios proclives a la implementación competente de las actividades de transformación de elementos metálicos. Estas mejoras,

potenciales y reales, se incuban en la ciudad y fuera de ella, marcando el impacto en la industria metalmecánica local. Las fuentes de las variables incidentes en tales mejoras, presentan naturaleza y procedencia disímiles, recalcando, entre otras variables, la transferencia de tecnología, el comportamiento global de la tecnología incorporada, las políticas del gobierno y el devenir de la oferta y demanda de procesos industriales. Valorando de manera deductiva la interrelación e impacto de estas variables, se denotan algunos hechos relevantes para el desarrollo de los procesos de mecanizado y su consecuente articulación con la transferencia inversa tecnológica incorporada.

La transferencia de tecnología presenta, en la adquisición de equipos y dispositivos que la incorpora, una de las maneras expeditas de transmisión de conocimientos puntuales, específicos a la ingeniería de tal dispositivo. Se genera en una vía y asume efecto cascada desde los países industrializados a los países demandantes, carentes de la gestión de conocimientos y de aplicación efectiva de estos, que lo designen como creadores de tecnología (Escorsa, 2010). Las primeras oleadas migratorias a Barranquilla de los países con reconocimiento industrial en máquinas herramientas, cimentaron las bases cognitivas y la escena de aplicación en que se inicia la absorción concurrente y continua de los diversos mecanizados requeridos en la industria local. Posteriormente y de manera continua, los requerimientos crecientes de la industria a procesos de mecanizado, instaron la figura de oferta integral de equipamientos, incluyendo en esta, asesoría, capacitación, e implementación de los *hardware*, incrementando la transmisión de conocimiento en su tecnología, imprescindible en la transferencia inversa planteada.

La movilidad y transmisión actuales de tecnología, incorporada en equipos o desincorporada (*software*, aplicativos independientes) y la integración de organizaciones productivas en alianzas direccionadas

a la atención de proyectos macro, facilitan la transmisión tecnológica, en conocimiento y en *praxis*, generando participación activa en los integrantes de tales alianzas. El gobierno central, desde sus instancias ministeriales y en pro del fomento de la gestión tecnológica, genera apoyo financiero a organizaciones productivas al destinar fondos monetarios para la cristalización de proyectos económicos generadores de empleo. Prima en este apalancamiento, el interés social cobijado en el bienestar de un núcleo humano, brindando para ello, asesoría integral que apoye el retorno de inversión ejecutada. Fomenta, de igual manera, la gestión eficiente de procesos de inclusión tecnológica, al brindar escenarios mixtos en que germinen y crezcan ideas de negocios proclives a ser implementadas.

PROCESOS Y RESULTADOS

El desarrollo del análisis de transferencia tecnológica en su modalidad inversa, contempla, para su aplicabilidad en un entorno concreto y de manera coherente al marco elegido, empresas metalmecánicas de Barranquilla, variables relevantes cuya ampliación de efecto se halla en función del valor contextual de ella. La potencial validación de su injerencia implica análisis multivariado con enfoque incluyente a los parámetros citados. El abordaje deductivo a la problemática de la transferencia de tecnologías inversa, referente a los procesos de mecanizado, conduce a la valoración de cinco elementos, cuya interdependencia perfila el escenario en que se desarrolla tal transferencia, con las favorabilidades y adversidades emanadas de la participación de las variables referenciadas. Las variables se ejecutan acorde a condicionantes estimados por el autor en consenso a estimaciones pertinentes de actores primarios (propietarios de pymes metalmecánicas, directivos de empresas ofertantes de equipos de mecanizado, funcionarios de entidades financieras, dirigentes de entidades de educación superior).

Mercados. Se desglosa en ofertantes de equipos de mecanizado con saturación en su vida útil y en demandantes de los servicios de mecanizado ejecutados en máquinas con arranque de viruta. Ambos participantes se valoran de manera cuantitativa y cualitativa, permitiendo vislumbrar la incidencia generada por el cumplimiento o la omisión de pautas preestablecidas en el estudio, conllevando a unas estrategias operativas acorde a la mensuración arrojada por un aplicativo sistematizado, medido en escala prefijada por el autor. Por trabajo de campo mediante entrevistas, apoyado en fuentes secundarias académicas y con el criterio del autor, se establecen parámetros dicientes para la oferta de equipos de mecanizado en valor de salvamento, por empresas que integran a sus operaciones, procesos de mecanizado (ver Tabla 3-2). Aplicando Pareto que ilustre la importancia relativa de cada parámetro, se califican estos en alternativas empresariales agrupadas por el tamaño de las organizaciones y en escala estándar que permita análisis comparativo. La valoración ponderada más alta entre las alternativas, arroja la más favorable en la oferta de bienes de capital.

Tabla 3-2.
Elementos cualitativos para la oferta de bienes de capital

Parámetros	Calificación de las alternativas							
	Calif	Ponderación relativa (%)	E Grande		E Mediana		E Pequeña	
			Calif	Pond	Calif	Pond	Calif	Pond
Tamaño	5	31,25	5	1,5625	3	0,9375	1,5	0,4725
Políticas de renovación tecnológica	4	25,0	4	1	3,2	0,8	2,4	0,6
Presupuesto financiero para renovación de equipos	3	18,75	3	0,5625	2	0,375	2	0,375
Compromiso organizacional con la movilidad tecnológica	2	12,5	4	0,5	3	0,375	2	0,25
Inyección económica por venta de bienes de capital	2	12,5	2,5	0,3125	3,5	0,4375	4	0,5
TOTAL	16							

Fuente: Elaboración propia

De manera análoga al análisis de la oferta, la demanda de los servicios de mecanizado, se erige acorde a factores consensuados entre propietarios de las pymes del sector metalmecánico y los solicitantes de trabajo de mecanizado. Se analiza acorde al tipo de demandante, al sector y al requerimiento de la máquina herramienta empleada. Estas incrementan su valía acorde a la versatilidad inherente de la máquina. El demandante, valorado entre personas naturales y jurídicas, registra mayor cuantificación en la persona nominal, al ser este el mayor perfil de clientes entre las pymes del sector. Las empresas asumen requerimiento de mecanizado a las pymes, en la medida que estas funjan como contratistas en la cadena de abastecimiento de las empresas.

Financiera. El componente financiero asume la importancia de facilitar al empresario pyme la búsqueda y acceso a las fuentes de apalancamiento que presente las mejores condiciones al prestatario. Estas condiciones se enmarcan por la naturaleza del tipo de activo pretendido a adquirir (depreciable, bien de capital, costoso, de notable duración en la organización productiva), al Valor Futuro de la deuda contraída (García,

Tabla 3-3.
Ponderación relativa a demandantes de procesos de mecanizado

	Calif	Ponderación relativa (%)	Empresas		Personas naturales	
			Calif	Pond	Calif	Pond
Tipo de demandante	5	42	3,5		5	
Sector de demanda	4	33				
Automotriz			3		3	
Industrial			4		4	
Arquitectónico			3		3	
Otro			2,5		2,5	
Requerimiento de máq herramienta	3	25				
Torno			4		4	
Fresa			4		4	
Taladro			3		3	
TOTAL	12					

Fuente: Elaboración propia

2010). Este concepto involucra aspectos como la tasa de interés inherente al empréstito, el período otorgado para la cancelación del préstamo y el monto presente del valor a financiar. A su vez, tales variables, conllevan la injerencia de connotaciones que afectan, favorable o de manera adversa, tal Valor Futuro, al igual que administración de finanzas de la pyme, como el manejo apropiado del flujo de caja que permita amortización¹ pertinente (ver Tabla 3-4).

Estas valoraciones surgidas del perfil, subjetivo y objetivo de cada alternativa, mensurada en escala estándar, orientan la escogencia de alternativa de decisión financiera, la cual ha sido tamizada a tres opciones, erigiéndose estas como las más apropiadas por el Valor Futuro y por características de la finalidad del empréstito, adquisición de bien de capital.

Formación académica. Compete a uno de los asideros con mayor requerimiento en la transferencia inversa tecnológica, al demandar este conocimiento teórico y práctico, con experticia que garantice las modificaciones pertinentes al diseño de ingeniería del equipo de mecanizado sujeto a la movilidad de tecnología descrita. Basado en valoración multifactorial y cuantificando niveles de cubrimiento a requerimientos demandados por el parámetro educativo, se desglosan las caracterizaciones presentadas por las pymes candidatas a ejecutar la modalidad de transferencia en referencia, asumiendo como la mejor opción, la que alcance mayor valor ponderado mediante calificaciones emanadas a cada característica evaluada (ver Tabla 3-5).

¹ Cancelación programada, en cuotas equivalentes o diferenciales, de un préstamo a un lapso determinado, con una tasa de interés prefijada.

Tabla 3-4.
Valoración ponderada de alternativa de financiación

Condiciones	Connotaciones sujetas a observancia [†]				Componente técnico $\sum_{i=1}^5 \text{connotac}$	Ponderación a connotación	Factores			Ponderación a factores [‡]		
	Demanda	Margen de Contribución	Posición en el mercado	En Cadena de Suministro			Monto	Tasa de Interés	Periodo N	Peso relativo de factores (pr)		
FC > CapT +SD	co	B		Sí	S	5	4	3	5	3	4	12
	e	a		Sí	S	5	4	3	5	3	4	12
	co	b	l	No	S	5	3	3	5	3	4	12
	co	b	d	no	S	5	4	4	5	4	3	12
	co	b	m	no	S	5	3,5	3,5	5	4,5	3	12
co	b	dec	No	S	5	2,5	2,5	5	3,5	3,5	12	
TOMA DE DECISIÓN DE LA ALTERNATIVA FINANCIERA												
Alternativa	Aplicación de Ingeniería Económica: ponderación del valor futuro, Calificación: (5: valor futuro más bajo; 3 y 1, valor futuro más alto.					$\sum_{i=1}^5 \text{connotac}$	TOTAL= suma de ponderaciones (connotación y factores) *40 % + 60 %* calificación del valor futuro del préstamo.					sumaprod (pr*calif)
Apalancamiento operativo												
Leasing												
Libre inversión												

[†] Condiciones exógenas y endógenas incidentes en la valoración ponderada de alternativa de financiación.
[‡] sumaproducto entre el peso relativo de factores (pr) y la calificación de factores (calific)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-5.
Cualificación de factores en el componente formación académica

Factor	Calificación	Ponderación	Cualificación								
			Técnico o tecnólogo en áreas metalme- cánicas	Profesional universitar en áreas afines a los procesos bajo análisis	Bachiller	En procesos con arranque de viruta	En otros procesos metalmecánicos	Capacitación técnica en maquinarias y procesos maquinarias	Asesoría administrativa y otras	Asistencia a ferias industriales, exposicio- nes y ruedas de negocios	Asistencia a seminarios de perfil técnico, industrial o de perfil ingenieril
ft	5	25/77	4,5	5	2						
exp	4,5	45/154				4,5	3				
capt	3,5	5/22						4,5	3,5		
afe	2,4	12/77								4,5	3,5

Fuente: Elaboración propia

Se identifican los factores con las siguientes siglas:

- pd_i:** ponderación relativa otorgada a factores de formación académica i {i=1, formación académica; i=2, experiencia laboral; i=3, asisten-
cia a capacitaciones profesionales o técnicas e i=4, asistencia a fe-
rias y congresos industriales}.
- vf_{ij}:** valoración, por factor i, de cada una de las características j referen-
tes al componente de formación académica.
- ft:** formación académica de la pyme y del personal operativo en ma-
nejo integral de procesos y de maquinarias, y equipos empleados
en tareas con arranque de viruta.
- exp:** experiencia laboral en el ámbito de procesos metalmecánicos con
arranque de viruta presente en el talento humano de la pyme.
- capt:** vinculación a capacitaciones técnicas, profesionales y ocupacio-
nales brindadas por organizaciones reconocidas en sus campos
de acción, articuladas a los procesos metalmecánicos con arran-
que de viruta.

afe: asistencia a ferias empresariales, rondas de negocios, exposiciones técnicas y tecnológicas, auspiciadas por entidades de economía mixta comprometidas con el desarrollo competitivo y económico del sector pyme.

Las cualificaciones para cada factor se establecen acorde al aporte que tales atributos otorgan a la implementación de la transferencia tecnológica pretendida. Cada pyme valora de manera independiente la favorabilidad que presenta para la movilidad de tecnología, evidenciando aquellas connotaciones que han de mejorarse en pro de la transferencia tecnológica proyectada.

Seguimiento a políticas estatales. Corresponde a la sintonía necesaria entre la pyme y la información generada por el gobierno central y sus instancias, referente a las estrategias establecidas por la Nación, en apoyo al crecimiento y mejora sustancial de pequeñas y medianas empresas productivas. Este acompañamiento estatal cobija diferentes campos de acción, destacándose los componentes financieros, de asesoría técnica y de inclusión a formas de aporte, mediante concursos, convocatorias o invitaciones que fortalezcan la productividad de la pyme.

Los factores interrelacionados en la valoración del seguimiento de las pymes a políticas estatales, se desglosan en la Tabla 3-6, cuantificando cada una, mediante características relacionadas, las cuales se mensuran de manera taxativa, excluyentes, que ilustren los niveles de cada parámetro, diciente en la proactividad de las políticas de Estado en el crecimiento de las pequeñas y medianas empresas del sector metalmecánico.

Tabla 3-6.
Cualificación de factores en el seguimiento a políticas estatales

Factor	Cualificación							
	sí	no	básica	funcional	competente	básico	medio	Alto
conv	4	2						
aent	4	2						
ocf			2	3,5	5			
gp	4,5	2,5						
th						2,5	3,5	4,5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-7.
Ponderación de factores

Generalización			Pyme	
Factores	Calificación	Peso relativo (prel) (%)	Evaluación (de 1 a 5)	Ponderación
conv	3,5	17		
aent	4	19		
ocf	4	19		
gp	5	21		
th	4,5	24		

Fuente: Elaboración propia

conv: existencia de convenios con entidades académicas, profesionales o técnicas, direccionadas a desarrollar prácticas empresariales o a generar espacios de contacto empresarial de los descendientes de tales entidades.

aent: afiliación de la pyme a entidades, asociaciones y gremios estatales, privadas o de economía mixta, oferentes de capacitaciones técnicas o de gestión administrativa y productiva, que permitan mejoramiento integral de la pyme.

ocf: organización contable, financiera y administrativa de la pyme.

gp: gerencia proactiva a las propuestas estatales de financiación o de acompañamiento técnico o administrativo.

th: nivel de escolaridad del talento humano integrante de la pyme. Componente humano técnico y profesional enrolado a la organización.

Generación de Alianzas. Las pymes del sector metalmeccánico, en procesos de mecanizado, no estilan edificar barreras de entrada conjuntas a competidores más fortalecidos que aminoren su participación de mercado. Esta valoración de escenario se observa por la proverbial tendencia de atender mercados domésticos, asumiendo mejoras en sus ingresos, en función de la competencia directa con sus entidades homólogas. De igual manera, omiten, en algunos casos, su inclusión a cadenas de suministro técnico a grandes empresas, por considerar improbable su ingreso como prestatario de servicio industrial al presentar oferta elemental de servicios de mecanizado (Ávila, 2013).

Tabla 3-8.
Cualificación de factores en el perfil de negociación de las pymes

Factor	Calificación	Ponderación	Cualificación									
			Cadena de Abastecimiento	Asesor	Outsourcer	Demanda de peq y med empresas	Demanda gran empresa	Vinc. a agendas de negocios gremios	Adhesión a proyectos de economía mixta	Vinc. a universidad, centros técnicos y de investigación	Partípe de bloques de microempresarios	
lc	4	4/12	4,5	3,5	4,5							
lae	3	3/12				4,5	3					
ag	5	5/12						4,5	4	3,5	5	

Fuente: Elaboración propia

Se erigen factores incidentes en la potencial alianza entre pymes que pretendan fortalecer el probable agrupamiento entre sus similares, que generen condicionantes más proclives a la ampliación de su participación en el mercado (ver Tabla 3-8). Estos factores, denotados a continuación, se valoran acorde a elementos inherentes a ellos, presentes y esbozados de manera mutuamente excluyente.

- ic:** inclusión de la pyme en sistemas de provisión de servicios, en alternativas diversas: cadena de abastecimiento (elemento integrante de ella); prestación de servicios técnicos o industriales (en plan asesor); outsourcer industrial (con perfil consultor); para procesos de mecanizado con arranque de viruta.
- iae:** inclusión de la pyme en alianzas estratégicas direccionadas a la ejecución de proyectos industriales, de diferente envergadura, que conlleven el aporte del microestablecimiento a través de su operatividad técnica.
- ag:** anexión de la pyme a gremios y asociaciones del sector metalme-cánico en el renglón de procesos de mecanizado con arranque de viruta.

SISTEMATIZACIÓN DEL PROCESO

Como punto requerido para la postulación de estrategias encaminadas a la implementación de la transferencia inversa de tecnología, se aplica valoración ponderada a cada uno de los factores. Estos a su vez, arrojan valoración en concurrencia a parámetros que incidan en su participación, en la transferencia señalada. Cada factor mensura su valor como expresión matemática de tales parámetros, obteniendo como resultado una cantidad escalar que funge como elemento del vector que agrupa la totalidad de variables valoradas. Los dos vectores, el de ponderación y el de las variables mensuradas, generan, mediante producto escalar (Grossman, 2006), cantidades numéricas que, interpretadas en

escalas con rangos o intervalos, indican los mecanismos a implementar en pro de la transferencia inversa tecnológica estimada. La Tabla 3-9 condensa la importancia relativa otorgada a los factores globales estimados, determinados por estimación concreta de actores primarios en la transferencia inversa de tecnología.

Tabla 3-9.
Cálculo del vector a, por elemento concurrente a componente

Componente	Valor	Peso relativo = ai
Financiero (F)	4,5	0,22
Mercados (M)	4,0	0,19
Seguimiento a políticas estatales (I)	3,7	0,18
Generación de alianzas (N)	3,3	0,16
Formación Técnica (T)	5	0,25

Fuente: Elaboración propia

Vector $a_{(1 \times 5)}$ = (0,22;0,19;0,18;0,16;0,25)

Componente Financiero (F). Alcanza su valor escalar mediante la siguiente expresión:

$$F = 0,6VAF_i + 0,4[(\sum cn_{ij})/25 + \text{sumaproducto}(pr_i; \text{califprom}_i)]$$

Donde:

VAF_i = Valor Futuro de monto financiado por alternativa i {apalancamiento operativo, leasing y libre inversión}

cn_{ij} = connotación i en alternativa de financiación j (ver Tabla 3-4)

Pr = peso relativo de los factores i {1= Monto de inversión; 2= tasa de interés; 3= período de capitalización}

$Califprom$ = calificación promedio de las connotaciones, para cada alternativa de financiación i

A su vez, el VAF se concatena a las siguientes variables:

FC: Flujo de Caja emanada por la pyme en un período determinado.

CapT: Capital de Trabajo de la pyme.

SD: Servicio a la deuda (pago de pasivos a largo plazo).

n : Período de capitalización de la deuda contraída por la financiación del bien de capital.

BC: Bien de Capital (maquinarias, equipos, aditivos...)

FCL: Flujo de Caja Libre.

A: Amortización de la adquisición financiada del bien.

Formación Académica (T). Se cuantifica mediante:

$$T = \text{sumaproducto}(pd_{i(4 \times 1)}, vf_{ij(4 \times 1)})$$

Donde:

pd_i = ponderación relativa otorgada a factores de formación académica, i { $i=1$, formación académica; $i=2$, experiencia laboral; $i=3$, asistencia a capacitaciones profesionales o técnicas e $i=4$, asistencia a ferias y congresos industriales}.

Seguimiento a políticas estatales. Se mensura acorde a:

$$I = \text{Sumaproducto}(prel_{i(5 \times 1)}, cf_{(5 \times 1)i})$$

Donde:

$\mathbf{prel}_{(5 \times 1)}$ = vector de pesos relativos de los factores involucrados en el seguimiento pertinente de ofertas de acompañamiento del Estado, a pymes del sector metalmecánico (ver Tabla 3-7).

$\mathbf{cf}_{(5 \times 1)_i}$ = vector de calificación otorgada a la pyme bajo análisis, por cada uno de los factores i inmersos en el proceso de transferencia inversa de tecnología.

Generación de Alianzas (N)

$$N = \text{Sumaproducto}(\mathbf{pesr}_{(3 \times 1)}; \mathbf{pd}_{(3 \times 1)_i})$$

Donde:

$\mathbf{pesr}_{(3 \times 1)_i}$ = vector de pesos relativos de los factores inherentes al devenir proactivo de la pyme en su faceta negociadora (ver Tabla 3-8).

$\mathbf{pd}_{(3 \times 1)_{ij}}$ = vector de ponderación otorgada por las cualificaciones j a cada tipo de factor i .

Sistematización de datos

Acorde a la premisa estimada de plantear, de manera focal, estrategias direccionadas a la generación de accionamientos para la implementación de la transferencia inversa de tecnología, incorporada en máquinas herramientas, en pymes ofertantes de procesos de mecanizado, en la ciudad de Barranquilla, se emplea un aplicativo que denote tales ejecuciones. El *software* diseñado valora, de manera escalar, la convergencia entre dos vectores, cuyos elementos cuantifican la injerencia de parámetros incidentes en el desempeño de tales variables en la gestión tecnológica descrita, y la ponderación relativa de tales variables. Tal Producto Punto entre vectores, denominado Gestión Aplicada de la Transfe-

rencia Inversa de Tecnología (GATIT), al interior del trabajo investigativo, conlleva la estructura:

GATIT= SUMAPRODUCTO (a; F,M,I,N,T), siendo

a: vector de ponderaciones de los factores

F,M,I,N,T: componente escalar del vector de factores, cada uno de ellos, descrito anteriormente con amplitud.

Cada variable genera un valor numérico que acorde a niveles cuantitativos establecidos otorga lineamientos de acción. A su vez, el GATIT, aplica de manera análoga tal valoración, alineando directrices globales para la pyme que pretenda entablar la transferencia de tecnología inversa. Como ejemplo ilustrativo se toma el factor Financiero (F), visualizando el screen generado por el aplicativo en el acceso de los parámetros incidentes en el comportamiento de F en la gestión tecnológica propuesta (ver Figura 3-6).

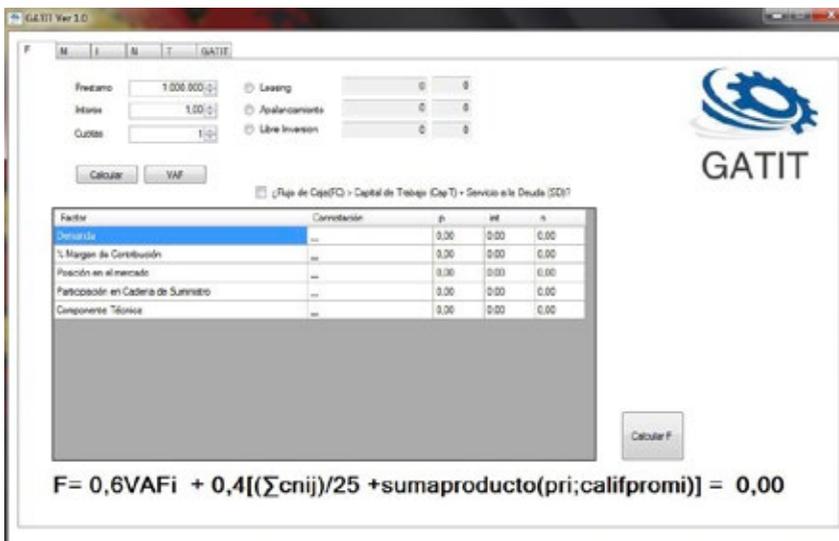


Figura 3-6.
Sistematización de factor F
Fuente: Elaboración propia

La Tabla 3-10 expone los pasos requeridos en la sistematización de los factores, en el caso ilustrado, al factor Financiero.

Tabla 3-10.
Pasos requeridos en la sistematización de factores

1. Digite el valor del préstamo, el interés y el número de cuotas.
2. Seleccionar el tipo de préstamo.
3. Presionar el botón CALCULAR y el botón del VAF.
4. Habilitar, si el flujo de caja cubre los egresos señalados; si no, las connotaciones toman otros valores por defecto.
5. Seleccionar las connotaciones, para ver los pesos de la matriz.
6. Presionar el botón calcular F y SI para ver los comentarios.
7. Muestra el resultado de F.

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 3-11 ilustra los valores cuantitativos referentes a parámetros incidentes en el desarrollo del factor financiero (F), en el marco de la transferencia inversa de tecnología

Tabla 3-11.
Valores cuantitativos de parámetros referentes a F

Elemento	Valores bajos	Valores medios	Valores altos
VAF	3	4	5
$\sum c_{nij}/25$	0,3 a 0,5	0,6 a 0,9	1
califi	1 a 2,9	3,0 a 3,9	4 a 5
Total F	1 a 2,3	2,4 a 3,7	3,8 a 5,4

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 3-12 ilustra las acciones sugeridas a emprender por la pyme, acorde a la valoración global generada por los parámetros dicentes al factor financiero F. Estas estrategias se postulan en función del nivel cualitativo otorgado a la variable F, asumiendo mayor atención focal a un parámetro, en la medida en que su comportamiento valorado disminuya la relevancia operativa de F. En sintonía a ello, y de manera extendida a cada uno de los otros factores, (M.I.N.T), el aplicativo GATIT cuantifica la injerencia total de los factores, asumiendo como válida la aplicación de estrategias acorde a la sincronía de tales factores, medidos en rangos cualificados que permitan mayor pertinencia en el curso de actividades a realizar, en pro de la implementación eficiente de la gestión de tec-

nología inversa en el campo de pymes del sector metalmecánico (ver Figura 3-7).

Tabla 3-12.
Accionamientos para la aplicación del componente financiero (valoración baja)

Elemento	ACCIONAMIENTOS
	Valores bajos
$\sum c_{nij}/25$	Análisis preliminar del comportamiento de la demanda de procesos con arranque de viruta que indique la continuidad o estacionalidad de esta, así como su frecuencia, en el requerimiento del mercado.
	Análisis a los elementos diferenciadores en la prestación de procesos metalmecánicos que orienten a la microempresa en el fortalecimiento de estos.
	Valoración pertinente a los procesos metalmecánicos ofertados, que estimen adecuadamente, costos y precios de los servicios de mecanizado.
	Selección de talento humano concurrente a los requerimientos de formación técnica demandada por los procesos industriales ofertados.
califi	Registro y desarrollo de estructuras contables y de costos que permitan a la microempresa soportar, de manera pertinente, su valoración contable y comercial.
	Elaboración y registro de flujos de efectivo permanente que le permita al microempresario designar recursos para cubrimiento de pasivos acorde a su temporalidad y a su costo de capital.
	Indagación pertinente en el mercado financiero de alternativas de apalancamiento proclives al soporte de adquisición financiada de bienes de capital.
	Registro fehaciente de las tasas de interés contempladas en las alternativas de financiación abordadas que permitan toma de decisiones pertinentes.
F Total	Integración de datos del orden de mercados, económico y de producción, que permita vislumbrar, en función de su registro fehaciente y actualizado, la incidencia de estas áreas en el componente financiero de la microempresa.
	Asignación de tareas, en el área administrativa, de la búsqueda y posterior aplicación pertinente de fuentes financieras en el potencial apalancamiento de la microempresa.

Fuente: Elaboración propia

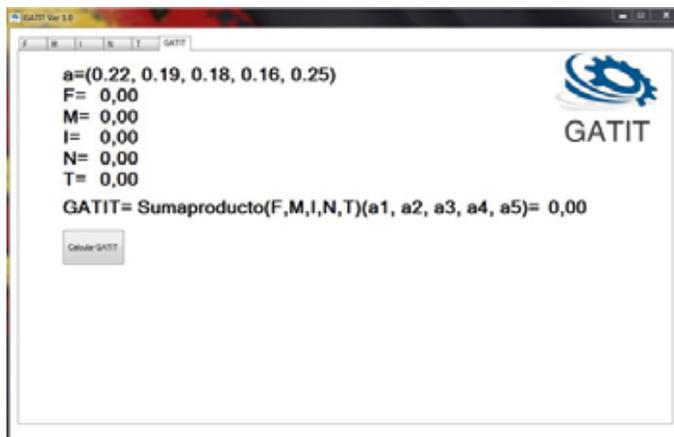


Figura 3-7
Valoración escalar de factores, por GATIT
Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y LÍNEAS FUTURAS

Conclusiones

El diagnóstico de la situación actual de las pymes oferentes de procesos de mecanizado, se desarrolla mediante trabajo de campo, en el cual se abordan clientes internos y externos a las pymes señaladas, (propietarios y operadores de talleres de mecanizado, oferentes de máquinas herramientas con usufructo), afincados principalmente en empresas de gran tamaño; proveedores financieros (bancos, corporaciones, entidades crediticias); funcionarios de entidades de educación superior (oferentes de programas técnicos, tecnológicos o profesionales pertinentes al modelo de gestión planteada).

La adquisición de bienes de capital por pymes oferentes de procesos de mecanizado, especialmente los concernientes a aquellos con arranque de viruta, tiende a manifestarse en la modalidad financiada, para *hardware* con usufructo. Se orienta la decisión por el alto valor de la maquinaria y el limitado flujo de caja, en el caso mayoritario que permita atender esta adquisición como pasivo corriente. Su *impasse* radica en el componente de garantía demandado por las entidades financieras. Esta consideración impele el acercamiento a entidades financieras de economía mixta o estatal, que potencializan, como premisa política, el emprendimiento y la autogeneración de empleo, elementos dicentes en las pymes. Aunado a esto, tales entidades ofertan mayor laxitud en el requerimiento de garantía del empréstito, presentando, empero, menor cobertura de préstamo que las ofertadas por las entidades financieras privadas.

El modelo matemático diseñado presenta similitud a la metodología propuesta por el académico norteamericano Barry Bozeman, de la Universidad Tecnológica de Georgia, intitulado, Modelo de Efectividad de Contingencia en la Transferencia Tecnológica. En él, Bozeman valora la

incidencia multifactorial de elementos endógenos y exógenos al ejecutor de la transferencia tecnológica, como el mercado, el talento humano y el componente organizacional, entre otros ítems.

Recomendaciones

Valoración permanente a elementos incidentes en la gestión de transferencia inversa de tecnología, que hayan sido omitidos o cuya relevancia se haya incrementado acorde a la dinámica y mutación del entorno cercano al sector metalmeccánico, de manera puntual, a pymes oferentes de servicios de mecanizado, con arranque de viruta, especialmente.

Inclusión del talento humano operativo, poseedor del componente cognoscitivo en los procesos de mecanizado, a programas de capacitación técnica, tecnológica o profesional -potencialmente con mayores rémoras de ingreso, este último-, que impulsen la sinergia teoría-práctica.

Aplicación de solicitud de apalancamiento, operativo o líquido, a entidades financieras concernientes, de economía mixta o solidaria, que presenten mayor laxitud a las pymes, en el requerimiento de observar activos pignorables o hipotecables como prenda de garantía al empréstito proyectado.

Indagación permanente de potenciales ofertantes de bienes de capital con usufructo, entre empresas metalmeccánicas del área, enfatizando en organizaciones de gran envergadura, por presentar mayor proclividad a la rotación de máquinas herramientas.

Depuración en la inclusión del talento humano a la pyme, que cumpla requerimientos de formación técnica demandados por el mercado. Generación de capacitaciones técnicas, dirigidas a la operatividad de la pyme y asistencia a la formación administrativa, que incremente la eficiencia en tareas administrativas de ella.

Líneas futuras de investigación

Anexión de la pyme a capacitaciones otorgadas por proveedores industriales, integrantes o no de su Cadena de Suministro, que otorguen conocimientos puntuales en los procesos de mecanizado ofertados por la organización.

Análisis valorativo continuo de las ofertas financieras presentes en el mercado libre, que concurren en lo posible, con las características propias de las pymes del sector metalmeccánico.

Elaboración, por la pyme, de estrategias direccionadas a la potencial alianza con proveedores de máquinas herramientas con uso, optando la adquisición de tales equipos, con la oferta de mecanizados con calidad competente, a precios asequibles y con asistencias técnicas durante y después de cristalizar las transacciones.

Creación de figura asociativa que dirija, de manera concurrente, aplicaciones de pymes en la atención de requerimientos básicos.

Generación continua de capacitaciones al talento humano que permita mejoras sustanciales en las áreas operativas y administrativas de la organización. Esta oferta de capacitaciones ha de provenir de la pyme en sí, al socializar conocimientos miembros internos que la posean, u ofertadas por proveedores industriales de ella.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abello, R., et al. (2002). Innovación tecnológica en el contexto del desarrollo económico y social de las regiones. *El caso del Caribe colombiano*. Barranquilla: Ediciones Aníarte.
- Ávila, V. (2013). *Diseño de una metodología de transferencia inversa de tecnología, incorporada en bienes de capital, en pymes del sector me-*

- talmecánico de la ciudad de Barranquilla, como mecanismo que incrementa la competitividad de las pymes señaladas.* Tesis de Maestría en Ingeniería Industrial. Universidad del Norte.
- Baca, G. (1994). *Fundamentos de Ingeniería Económica*. México: McGraw-Hill.
- Capelli, V. (2006). *Entre Macondo y Barranquilla. Colombia caribeña. Los italianos en la Colombia caribeña, desde el siglo XIX hasta la Segunda Guerra Mundial*. En: Memoria & Sociedad.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas DANE (2001). *Primera Encuesta Nacional de Microestablecimientos*.
- Escorsa, P., Valls, J. (2006). *Tecnología e innovación en la empresa*. México: Alfaomega.
- Freeman, C. & Soete, L. (2004). *The Economics of Industrial Innovation*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Galindo, J. & Franco, J. (2009). *Financiamiento para Mipymes. año de financiación en el SENA*. Disponible en: <http://imigra.com.co/atlantico/barranquilla/bancos/pagina/3>
- García, O. (2010). *Administración Financiera. Fundamentos y aplicaciones*. Cali: Icesi.
- Gay, A. (2011). La Ciencia, la Técnica y la Tecnología. Disponible desde internet
- Giraldo, Beatriz. (2007). *Estadísticas de la Microempresa en Colombia. Observatorio colombiano de las microempresas*. Bogotá: Corporación para el Desarrollo de las Microempresas.
- Giraldo, B. (2007). *Estadísticas de la microempresa en Colombia. Observatorio colombiano de las microempresas*. Bogotá: Corporación para el Desarrollo de las Microempresas.
- Gitman, L. (2007). *Principios de Administración Financiera*. México: Pearson.
- Groover, M. (2010). *Fundamentos de la manufactura moderna. Materiales, sistemas y procesos*. México: McGraw-Hill.
- Grossman, S. (2006). *Álgebra Lineal*. México: McGraw-Hill.

- López, H. (2011). *La pobreza y la desigualdad en Colombia. Diagnóstico y Estrategias*. Disponible en: ([www.dnp.gov.co.http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/Portals/0/archivos/documentos/DDS/Pobreza/En_Que_Vamos/ESTRATEGIA%20libro%20def.pdf](http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/Portals/0/archivos/documentos/DDS/Pobreza/En_Que_Vamos/ESTRATEGIA%20libro%20def.pdf)). [Con acceso el 04-06-2011]
- Meisel, A. (1987). Por qué se dispó el dinamismo industrial de Barranquilla en la postguerra. *Lecturas de Economía*, 23. Universidad de Antioquia.
- Minguella, M. & Balañá, A. (1985). *Diseño industrial e innovación tecnológica en la pequeña y mediana industria*. Madrid: Fundación BCD.
- Porter, M. (2010). La Ventaja Competitiva de las Naciones. *Revistas Facetas*, 91(91). Facultad de Ciencias Económicas.
- Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) (2002). *Mesa Sectorial Metal-mecánica Caldas*. Estudio Ocupacional.

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA DE
COSTEO VARIABLE Y LA CONTABILIDAD
DEL TRÚPUT PARA LA TOMA DE DECISIONES
EN EL SECTOR PLÁSTICO**

*Vidal Antonio Echeverría Armella*¹

¹ Magister en Ingeniería Industrial Universidad del Norte, Especialización en Proyectos de Desarrollo, Ingeniero Industrial, Docente de planta Universidad Simón Bolívar, Consultor en Mejoramiento Continuo de Procesos.
vecheverria@unisimonbolivar.edu.co
orcid.org/0000-0002-8610-3224

RESUMEN

La función de la gerencia es tomar decisiones que están relacionadas con resultados futuros. La Contabilidad de Costos ha sido la encargada de suministrar la información que sustenta la toma de decisiones en las empresas. Con base en esta investigación se busca que la contabilidad del tróput pueda brindar un nuevo enfoque para la toma de decisiones en la organización. Se realizó una comparación entre el sistema de información gerencial tradicional basado en el costeo variable utilizado actualmente por la empresa de estudio y la contabilidad del tróput, y luego, con el análisis de contribución del rendimiento por productos, se pudieron canalizar los recursos financieros hacia puntos críticos y utilizarlos de manera óptima para aumentar la productividad de las empresas. Mediante los métodos tradicionales de costos como el margen de contribución unitario, los recursos se distribuyen en forma de igual importancia con el fin de fortalecer el sistema. Como esto ocurre sin que se tengan en cuenta las restricciones, muchas de las inversiones resultan inefectivas. Además, pone en práctica el principio de maximización del beneficio y sustituye el costo del producto por nuevas medidas como tróput, inversión y gastos de operación.

Palabras clave: Contabilidad del tróput, Productividad, ROI, Inversión, Gastos de operación.

ABSTRACT

The role of management is to make decisions that relate to future results. Cost accounting has been responsible for providing information which supports decision making in business. Based on this research, it is intended that the accounting throughput accounting, can provide a new approach to decision-making in the organization. A comparison between the traditional management information system based on the costing variables currently used by the company and the study of throughput

accounting, and then, with the contribution of performance analysis was performed by product that could lead financial resources to critical points and use them optimally to increase business productivity. Using traditional methods of cost as the unit contribution margin, resources are distributed as equally important in order to strengthen the system. As this occurs without a restriction is taken into account, many of the investments are ineffective. Also implements the principle of profit maximization and cost of product replaced by new measures as Throughput, Investment and Operating expenses.

Keywords: Accounting throughput, Productivity, ROI, Investment, Operating expenses.

INTRODUCCIÓN

La función de la gerencia es tomar decisiones que están relacionados con resultados futuros; tradicionalmente ha sido la contabilidad de costos o de gestión la encargada de suministrar la información en la cual se sustenta la toma de decisiones en las empresas. En los últimos años, la contabilidad de costos ha sufrido ciertas críticas. Estas se derivan de que los entornos en los cuales las empresas desarrollan las actividades han cambiado y las bases que sustentaron la contabilidad de costos ya no son válidos, convirtiendo lo que en su momento fue una poderosa solución en obsoleta.

Es precisamente la intención de subsanar estos fallos, lo que lleva al físico Israelí Eliyahu Goldratt a desarrollar la mencionada Teoría de Restricciones, al final de los años setenta, como una aproximación a la toma de decisiones.

El sistema de contabilidad propuesto por esta teoría es la Contabilidad del Trúput, que aparte de desarrollar la metodología para poner

en práctica el principio de maximización del beneficio, ha tenido que sustituir el concepto del costo del producto por nuevas medidas como tróput, Inversión o Inventarios y Gastos de Operación. Lo anterior demuestra la importancia en realizar un estudio para Diseñar un Sistema de Información Gerencial basado en la contabilidad del tróput para que las empresas puedan tomar decisiones óptimas y sean competitivas en el mercado globalizado. Este sistema será aplicado a una empresa del sector plástico dedicada a la producción y comercialización de artículos para el hogar.

La investigación comprende la metodología utilizada en esta investigación. Seguidamente, se presentan los conceptos básicos que conforman la Contabilidad del tróput, luego se habla de la aplicación de la Contabilidad del tróput comparado con el sistema de costeo variable utilizado actualmente por la empresa en estudio; y el último aparte es sobre las conclusiones, recomendaciones y líneas futuras para investigación.

DISEÑO METODOLÓGICO

Tipo de estudio

El tipo de estudio para la presente investigación será exploratorio y descriptivo, ya que se analizará el sistema de información gerencial utilizado actualmente, identificando todas las variables de costo de materia prima, tiempo, mano de obra directa e indirecta, gastos de operación y otras que influyan de manera directa o indirecta en el problema a resolver y que facilite la aplicabilidad de todos los conceptos mencionados en el estado del arte.

Este estudio se realiza tomando material especializado sobre el tema de la contabilidad del tróput y por la información facilitada por la empresa mediante informes, reportes y estadísticas de los productos relacio-

nados y sus procesos, al igual que la obtenida en las entrevistas con los directores de finanzas, producción y mercadeo y ventas. Alguna de esta información, especialmente la relacionada con el manejo de tiempos y medidas del proceso de producción, será tomada en la planta de inyección mediante la observación directa.

Metodología

Para el desarrollo de esta investigación, se tomará como base el método científico, pues se recolectará parte de la información mediante la observación directa y secundaria, clasificada y analizada, permitiendo estudiar una solución adecuada para el problema mediante la formulación de un proceso lógico que utilice conceptos de los sistemas de gestión basado en la contabilidad tradicional y el de la contabilidad del trúpút.

Dentro de los métodos a tratar está el deductivo de análisis y de síntesis, debido a que el proyecto a desarrollar cumple con los parámetros establecidos para estos diferentes métodos de investigación. El método deductivo aplica, debido a que el énfasis del proyecto radica en observar de manera general la problemática a tratar con el fin de obtener conclusiones y premisas de carácter particular, es decir, lo que se busca es analizar cómo se utiliza el sistema de gestión basado en la contabilidad tradicional y el sistema basado en la contabilidad del trúpút en la empresa del sector plástico, con el fin de sacar conclusiones particulares del manejo.

En cuanto a los métodos de análisis y síntesis, se puede decir que estos buscan identificar cada una de las partes que caracterizan una realidad y relacionar los elementos del problema con el fin de crear explicaciones a partir del estudio, es decir, se pretende identificar qué efecto tiene la aplicación del sistema de información gerencial basado en la contabilidad del trúpút al interior de la empresa del sector plástico.

Fuentes de Información

Para la elaboración de esta investigación se utilizó como fuente primaria la información de la empresa del sector plástico ubicada en la ciudad de Barranquilla, suministrada por entrevistas realizadas a los Directores de Producción, Mercadeo y Ventas y Finanzas. A su vez, se realizó observación directa de los procesos productivos y administrativos con el fin de obtener información relevante del sistema de información gerencial utilizado actualmente.

En cuanto a las fuentes secundarias utilizadas, se pueden mencionar: libros, tesis, textos, Internet, bases de datos, entre otros. El tipo de información que suministran estas fuentes es de fácil acceso, por lo que consultarlas resulta muy conveniente para el desarrollo del proyecto.

LA CONTABILIDAD DEL TRÚPUT

El sistema de información Gerencial basado en la Contabilidad de Gestión constituye uno de los principales pilares de las empresas, su misión es proveer la información adecuada de todos los niveles, principalmente en apoyo de las decisiones empresariales. La contabilidad de costos forma parte del sistema de información gerencial de la empresa y cumple un rol relevante en su funcionamiento.

Al iniciarse la década de 1980, Kaplan & Johnson (1987) cuestionaron la efectividad de los sistemas tradicionales de costos. En 1984, en la obra *The Goal*, los autores Goldratt & Cox (1984) también criticaron las fallas del costeo tradicional y así fue surgiendo en los años siguientes, una nueva corriente de pensamiento en cuanto a los métodos para calcular costos y determinar precios.

Para el año 1980, el físico israelí Eliyahu Goldratt comenzó a estudiar los problemas de logística de producción y desarrolló una filosofía de-

nominada Teoría de Restricciones, que se basa en el principio de que existe una causa común para muchos efectos y analiza a cualquier empresa como un sistema, un conjunto de elementos en una relación interdependiente. Cada elemento depende del otro y el desempeño global del sistema depende de los esfuerzos conjuntos de todos los elementos del sistema. Este enfoque sistémico procura atender el sistema como un todo, no las partes del sistema aisladamente. Para que sea sistémico, se requiere un mecanismo de focalización que nos permita determinar dónde poner la atención en primer lugar, en segundo lugar, tercer lugar y así sucesivamente, con base en cierta prioridad que refleje la importancia que ese aspecto tiene al potencial de cada mejora.

La Teoría de Restricciones se convierte en un nuevo enfoque para la Contabilidad Gerencial que permite a los gerentes ver rápidamente si sus decisiones incrementan las utilidades de la organización. Nace una herramienta de información gerencial para la toma de decisiones en relación con la meta de la empresa, denominada Contabilidad del Trúput.

Indicadores de gestión utilizados en la contabilidad del trúput

Goldratt (1994) propone un cambio en la forma de hacer contabilidad, y define y jerarquiza los siguientes indicadores como los más importantes para las empresas:

- **Trúput (T):** Es la velocidad a la cual el sistema genera dinero a través de las ventas (Goldratt & Cox, 1994, p.74).
- **Inversión (I):** “Es todo el dinero que el sistema invierte en comprar cosas que pretende vender” (Goldratt & Cox, 1994, p.75). Inventario de materia prima, productos en procesos, productos terminados, edificios, maquinarias, muebles y enseres, equipos de oficina, vehículos, repuestos, herramientas, entre otros.

- **Gastos Operativos (GO):** “Es todo lo que el sistema gasta para convertir la Inversión en Trúput” (Goldratt & Cox, 1994, p.75).
- **Inventario (Inv):** “Es la cantidad de dinero que el sistema invierte en compra de materias primas que la empresa intenta vender” (Zarruk & Fernández, 2008, p.85).

Los Inventarios se toman por el costo de sus materias primas, porque la Teoría de Restricciones no le agrega valor al Inventario asignándole costos fijos y costos de mano de obra a través del proceso de absorción de costos.

Trúput = Precio de venta - Costos totalmente variables

Esta ecuación se puede descomponer de la siguiente manera:

Precio de venta: Es generalmente determinado por el mercado, solo en casos donde el sistema es un monopolio, entonces el precio de venta lo determinan los dueños del monopolio a conveniencia.

Costos totalmente variables (CTV): Son generalmente los materiales dentro de las empresas manufactureras. Los costos totalmente variables son aquellos que aumentan proporcionalmente cuando la producción aumenta, como los materiales, fletes, empaques, energía de las inyectoras, comisiones a los vendedores.

Gastos de operación: Son los gastos necesarios para mantener en funcionamiento el negocio, independientemente de los volúmenes de producción. Los gastos de operación pueden ser:

- Salarios de mano de obra directa e indirecta, servicios públicos, depreciación, publicidad, promoción, transporte de personal, gastos de administración, ventas, mantenimiento, intereses financieros.

A partir de estos indicadores se puede calcular la utilidad neta

$$\text{Trúput} = V - \text{CTV}$$

Utilidad Neta = Trúput - Gastos Operativos

$$\text{UN} = T - \text{GO}$$

Utilidad Neta = Ventas - CTV - Gastos Operativos

$$\text{UN} = V - \text{CTV} - \text{GO}$$

También se puede calcular el Retorno sobre la Inversión (R.O.I):

Retorno sobre la inversión (R.O.I): Es igual al trúput del período menos los gastos operativos del período, dividido por la inversión de ese período.

$$\text{R.O.I} = \frac{\text{Trúput} - \text{Gastos operativos}}{\text{Inversión}} = \frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Inversión}}$$

Productividad:

Existe otra métrica importante, que se expresa como una razón de estas métricas operativas fundamentales; es la métrica de productividad:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Trúput}}{\text{Gastos Operativos}}$$

Representa la cantidad de dinero ganado por cada peso gastado. Este indicador debe ser mayor que uno en las empresas que están generando utilidad.

Para que la productividad aumente se debe aumentar el Trúput mientras permanecen los gastos operativos constantes o con muy poco incremento. Realmente esta relación se ve más de la siguiente forma:

$$\text{Mejora en Productividad} = \frac{\text{Incremento en Trúput}}{\text{Gastos Operativos}}$$

Para aumentar la productividad en la empresa hay que palanquear la restricción del sistema y se debe enfocar en la utilidad del proceso y no en la utilidad de un producto individual, y menos en la utilidad de una parte del proceso. Se tiene que aplicar la definición de productividad como un verificador, no solo a nivel táctico (mejora), sino también a nivel estratégico (inversión). La persecución de aumentos en productividad debe estar grabada en la mentalidad empresarial y se puede lograr incrementando el tróput con mejores precios de venta, mayores volumen de ventas, reducción de los costos totalmente variables o reduciendo los gastos de operación mediante una optimización del flujo de caja con la disminución de los niveles de inventarios o una adecuada planeación tributaria.

Rotación de la inversión: Es la relación del tróput del período por la inversión del período.

$$\text{Rotación de la inversión} = \frac{\text{Trúput}}{\text{Inversión}}$$

Rotación del Inventario: Es la relación del tróput del período por el inventario de materia prima, productos en procesos y productos terminados. Estos inventarios son valorados a costos totalmente variables incurridos. Mide la efectividad mediante la cual los inventarios son convertidos en tróput.

$$\text{Rotación de la inversión} = \frac{\text{Tróput}}{\text{Inventario}}$$

Rotación de las Ventas: Es la relación del tróput del período por las ventas del período. Este indicador mide la capacidad de la Empresa para generar efectivo a través de las ventas.

$$\text{Rotación de ventas} = \frac{\text{Tróput}}{\text{Ventas}}$$

Rendimiento por productos: El rendimiento por producto (RP) es la contribución que aporta a la empresa una vez que se ha descontado de los ingresos, los costos totalmente variables por unidad de recurso utilizado que restringe a la capacidad de producción de la empresa. El recurso utilizado puede ser horas máquina, horas hombre, metros cuadrados de espacio utilizados por período (Echeverría & Mendoza, 2013, p.82).

$$\text{RP} = \frac{\text{Precio de venta} - \text{Costo totalmente variable}}{\text{Tiempo que se demora en ser procesada una unidad en recurso con capacidad restringida}}$$

El rendimiento por producto es la cantidad de dinero a través de las ventas de un producto en particular, por la hora de tiempo en su fabricación para que la empresa pueda ser productiva (generar utilidad) la relación ponderada de la mezcla de venta de RP.

Análisis de contribución del rendimiento del productos

En la Guía del Fabricante para Implementar la Teoría de Restricciones, Woeppel (2003) sostiene que “las empresas son como un reloj de arena”, como se aprecia en la Figura 4-1; el monto total que se produce está limitado por el tamaño del cuello de botella. Puede incrementar la cantidad de arena que fluye en un período dado, agrandando el cuello; Sin embargo, no toda la arena que fluye a través del cuello de botella es la misma. Una cierta cantidad de esta arena es oro, otra es plata y otra solamente arena. Si sabe cuál es cual, puede modificar la mezcla para incrementar la cantidad de oro y plata y disminuir la de arena. Esta es la meta del mercadeo del producto y de la estrategia de venta, cambiar el contenido de arena aumentando las relaciones a un mayor contenido de oro y plata; incrementando así los ingresos que fluyen a través del cuello de botella.

Además, si la restricción está en el mercado, es decir, que la capacidad está siendo subutilizada, el desviar trabajo o no aceptar un pedido es una restricción muy pobre a la restricción. Cualquier trabajo que consiga, será mejor que no tener nada, haciendo caso omiso de los costos (siempre y cuando que los precios de venta excedan los costos variables totales asociados con esa orden). Por eso se debe tener en cuenta otro factor en la planificación de ventas: la capacidad de la planta. Si la capacidad de la planta está ociosa, debe incrementar los esfuerzos de ventas, reducir selectivamente los precios o diseñar promociones para estimular las ventas (Woeppel, 2003).

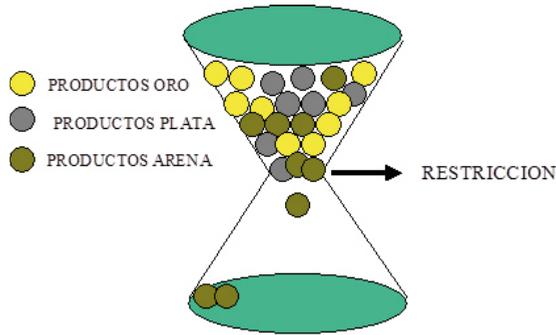


Figura. 4-1.
Analogías de las empresas
Fuente: Elaboración propia

El propósito del “Análisis de Contribución del rendimiento por productos” es identificar aquellos productos que generan el mayor tróput con el menor uso de la restricción. Puede estimular la venta de aquellos productos que entregan la mayor contribución por hora o desmotivar la demanda de aquellos que tienen menor contribución.

“La política de fijación de precios debe ser lo suficientemente flexible como para manejar la capacidad cambiante. Cuando la planta está descargada, se deben bajar los precios para estimular la demanda. Cuando está sobrecargada, los precios deben aumentarse para disminuir la misma. Los productos que no consumen los recursos de la restricción son los adecuados para ser promocionados o realizar una reducción de precios, con el propósito de aumentar la demanda de los mismos” (Woepel, 2003). El concepto de Análisis de Contribución del Tróput se aplicará en el proceso de inyección para la fabricación de productos plásticos.

APLICACIÓN PRÁCTICA DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GERENCIAL BASADO EN LA CONTABILIDAD DEL TRÚPUT EN UNA EMPRESA DE PRODUCTOS PLÁSTICOS

La empresa seleccionada es una industria del sector de artículos plás-

ticos, fundada en Barranquilla hace 75 años. Inicialmente, la empresa se fundó como gran importadora de artículos de uso personal, fabricantes de abrigos, cinturones, ligas y otros. Posteriormente, se constituyó como pionera en Colombia en la fabricación de artículos plásticos con agencias en todo el país.

En la actualidad, la empresa está dedicada a la fabricación de juguetes, accesorios para el hogar, balones y demás artículos hechos en plástico. En los últimos años la empresa ha tenido un déficit económico, debido a que los grandes competidores han hecho que sus ventas estén bajando significativamente; y esto a su vez está generando la desaparición forzosa de su línea líder que ha sido la de juguetes. Luego se inició la fabricación de artículos de plástico inyectados y extruidos para exportarlos a Asia, Centro América y Sur América. Hoy en día cuenta con una excelente fuerza de ventas que le permite vender en todo el país y exportar hacia Centro y Sur América.

Productos que ofrece

Artículos para el hogar: Baldes, poncheras, recogedores de basura, recipientes redondos y cuadrados, tanques, bandejas, azafates, jaboneiras, entre otros.

Sistema de costeo utilizado actualmente en la empresa de estudio

El sistema que utiliza actualmente la empresa es el costeo variable; tiene actualmente dos inyectoras, los gastos de operación se asignan primero con base en las horas máquina que laboran actualmente como aparece en la Tabla 4-1. Del total de gastos de operación de \$30,000,000 por mes, la inyectora No. 2 tiene que cubrir \$20.729.779 y la Inyectora No. 6 \$9,270,221 por mes.

Tabla 4-1.
Redistribución gastos de operación por inyectora

Máquina	Horas Mensuales	Gastos asignados por máquina
Inyectora No. 2	480	\$20.729.779
Inyectora No. 6	215	\$9.270.221
Gran Total	695	\$30.000.000

Fuente: Elaboración propia

Costos variables en el proceso de inyección

Materias primas: Los tipos de materias primas utilizados en los procesos de inyección son: Polietileno de alta densidad (HD); Polietileno de baja densidad (PE), Polipropileno (PP); Polietileno de alto impacto (HI).

Empaque: El empaque utilizado en los productos plásticos para el hogar son: bolsas de polietileno de baja densidad de diferentes medidas y cajas de cartón.

Energía: Las inyectoras tienen medidores de kilovatios que se consumen para producir las unidades. Cada producto tiene un consumo de Kw/hora y se multiplica por el costo por Kw/hora que paga la empresa para obtener el costo variable por unidad por concepto de energía.

Comisiones: A los vendedores se les paga una comisión constante para todos los productos que vendan. Esta comisión, incluyendo prestaciones sociales es del 5 % sobre el precio de venta.

Mano de obra directa: Son los operarios que se encargan del funcionamiento de la inyectora, y entre las funciones que realizan se encuentran la de alimentar la tolva, cambiar los moldes y operar la máquina para la producción de productos plásticos; además, empaican los productos. Se calculan los costos por hora donde se incluyen todas sus prestaciones sociales.

Tabla 4-2.
Costos unitarios productos procesados inyectoras No. 2

Ref.	Nombre del producto	Horas/ unidad	Costos energía	Costos m. prima	Costos empaques	Comisiones 5 %	Mano de obra directa	Costos unitarios
309	Cesta grande	0,0290	\$ 820,85	\$ 650,31	\$ 13,00	\$ 185	\$ 188,50	\$ 1.897,81
957	Caneca	0,0204	\$ 577,42	\$ 1188,33	\$ 20,00	\$ 195	\$ 132,50	\$ 2.113,63
891	Papelera con vaivén	0,0290	\$ 410,38	\$ 825,00	\$ 82,00	\$ 172	\$ 188,50	\$ 1.677,49
894	Organizador de espacio	0,0290	\$ 410,38	\$ 1091,92	\$ 37,00	\$ 181	\$ 188,50	\$ 1.908,98
960	Caja multiuso	0,0290	\$ 861,13	\$ 357,97	\$ 27,00	\$ 149	\$ 188,50	\$ 1.583,29
955	Canasta No. 2	0,0156	\$ 317,26	\$ 696,67	\$ 22,00	\$ 119	\$ 101,40	\$ 1.255,99
994	Cubeta cuadrada mediana	0,0100	\$ 141,51	\$ 870,00	\$ 15,00	\$ 113	\$ 65,00	\$ 1.204,16
893	Platón grande	0,0161	\$ 227,83	\$ 566,67	\$ 10,00	\$ 102	\$ 104,65	\$ 1.011,51
956	Platón con asa No. 4	0,0137	\$ 193,87	\$ 596,67	\$ 6,00	\$ 97	\$ 89,05	\$ 982,62
990	Caja jumbo	0,0145	\$ 205,19	\$ 921,67	\$ 22,00	\$ 114	\$ 94,25	\$ 1.357,48
992	Ponchera No. 10	0,0110	\$ 155,66	\$ 511,04	\$ 10,00	\$ 86	\$ 71,50	\$ 833,76
308	Canasta	0,0110	\$ 155,66	\$ 495,38	\$ 9,00	\$ 83	\$ 71,50	\$ 814,88
890	Cesta grande sin tapa	0,0110	\$ 155,66	\$ 825,00	\$ 17,00	\$ 98	\$ 71,50	\$ 1.167,21
998	Ponchera No. 5	0,0110	\$ 155,66	\$ 502,33	\$ 5,00	\$ 80	\$ 71,50	\$ 814,12
892	Basurero con pedal	0,0100	\$ 141,51	\$ 356,67	\$ 8,00	\$ 71	\$ 65,00	\$ 641,82
993	Ponchera vertedera esp.	0,0090	\$ 127,38	\$ 751,67	\$ 12,00	\$ 89	\$ 58,50	\$ 1.038,71

Fuente: Elaboración propia

En las Tablas 4-2 y 4-3, se detalla el resumen de los costos variables de los productos y los tiempos de ciclos que se demoran en producir cada artículo que procesa la inyectora No. 2, que tiene una capacidad de cierre entre 301 hasta 500 toneladas, y la Inyectora No. 6 que tiene capacidad de cierre entre 251 hasta 300 toneladas de cierre.

Tabla 4-3.
Costos unitarios productos procesados inyectoras No. 6

Ref.	Nombre del producto	Horas/ unidad	Costos energía	Costos m. prima	Costos empaques	Comisiones 5 %	Mano de obra directa	Costo unitarios
359	Azafate	0,0200	\$ 187,16	\$ 846,67	\$ 5,08	\$ 132,44	\$ 130,00	\$ 1.301,36
301	Cesta pequeña	0,0122	\$ 124,99	\$ 166,67	\$ 15,50	\$ 59,11	\$ 79,27	\$ 445,54
943	Jarra de dos litros	0,0175	\$ 272,67	\$ 350,00	\$ 14,28	\$ 75,15	\$ 114,04	\$ 826,14
977	Canasta mediana especial	0,0127	\$ 118,46	\$ 308,33	\$ 4,28	\$ 59,57	\$ 82,28	\$ 572,93
352	Jabonera surtida	0,0045	\$ 42,34	\$ 100,00	\$ 20,83	\$ 44,93	\$ 29,41	\$ 237,52
945	Recipiente	0,0119	\$ 122,00	\$ 241,67	\$ 52,08	\$ 59,55	\$ 77,38	\$ 551,00
353	Jabonera de lujo	0,0040	\$ 37,89	\$ 70,67	\$ 52,08	\$ 57,85	\$ 26,32	\$ 230,54
996	Canasta pequeña	0,0138	\$ 126,40	\$ 281,67	\$ 6,82	\$ 50,65	\$ 87,84	\$ 554,25
975	Ponchera mediana	0,0109	\$ 111,39	\$ 290,00	\$ 1,53	\$ 51,35	\$ 70,65	\$ 524,24
978	Tazón plástico especial	0,0147	\$ 137,62	\$ 303,33	\$ 0,75	\$ 51,40	\$ 95,59	\$ 588,70
911	Recipiente rectangular peq.	0,0078	\$ 160,13	\$ 236,67	\$ 41,67	\$ 46,35	\$ 50,78	\$ 535,59
515	Cuchara	0,0098	\$ 100,47	\$ 26,67	\$ 5,79	\$ 27,20	\$ 63,73	\$ 223,87
946	Recipiente 1	0,0108	\$ 100,19	\$ 185,00	\$ 41,67	\$ 33,15	\$ 69,89	\$ 439,92
513	Ganchos	0,0061	\$ 62,50	\$ 105,00	\$ 5,37	\$ 20,45	\$ 39,63	\$ 232,94

Fuente: Elaboración propia

La empresa tiene disponible para trabajar durante el mes 24 horas/día x 25 días/mes x 0.80 eficiencia = 480 horas/máquina/mes.

En la Tabla 4-4 se describe la relación entre ventas con respecto a la priorización del margen de contribución unitario de la Inyectora No. 2.

Tabla 4-4.
Mezcla actual de ventas con base en la priorización del margen de contribución unitario en la inyectora No. 2

Nombre de los productos	Costos unitarios	Precio promedio	Und mes	Horas mes	Utilización Inyectora	Cambio de moldes	Margen por unidad		Margen total	Razón	Unidades pendientes
Cesta grande	\$ 1.897,81	\$3.703	1.600	46,40	9,67%	3	\$ 1.805,19	1	\$2.888.304	48,75	
Caneca	\$ 2.113,63	\$3.906	543	11,08	2,31%	3	\$ 1.792,37	2	\$973.257	45,89	
Papelera con vaiven	\$ 1.677,49	\$3.432	2.035	59,02	12,29%	3	\$ 1.754,51	3	\$3.570.428	51,12	
Organizador de espacio	\$ 1.908,98	\$3.626	3.363	97,53	20,32%	3	\$ 1.717,02	4	\$5.774.338	47,35	
Caja multiuso	\$ 1.583,29	\$2.974	2.000	58,00	12,08%	3	\$ 1.390,71	5	\$2.781.420	46,76	
Canasta No. 2	\$ 1.255,99	\$2.373	2.150	33,54	6,99%	3	\$ 1.117,01	6	\$2.401.572	47,07	
Cubeta cuadrada mediana	\$ 1.204,16	\$2.253	1.000	10,00	2,08%	3	\$ 1.048,84	7	\$1.048.840	46,55	3.000
Platón grande	\$ 1.011,51	\$2.047	723	11,64	2,43%	3	\$ 1.035,49	8	\$748.659	50,59	
Platón con asa No. 4	\$ 982,62	\$1.941	1.532	20,99	4,37%	3	\$ 958,38	9	\$1.468.238	49,38	
Caja jumbo	\$ 1.357,48	\$2.288	1.366	19,81	4,13%	3	\$ 930,52	10	\$1.271.090	40,67	
Ponchera No. 10	\$ 833,76	\$1.711	800	8,80	1,83%	3	\$ 877,24	11	\$701.792	51,27	2.000
Canasta	\$ 814,88	\$1.667	1.200	13,20	2,75%	3	\$ 852,12	12	\$1.022.544	51,12	
Cesta grande sin tapa	\$ 1.167,21	\$1.961	504	5,54	1,16%	3	\$ 793,79	13	\$400.070	40,48	
Ponchera No. 5	\$ 814,12	\$1.593	1.670	18,37	3,83%	3	\$ 778,88	14	\$1.300.730	48,89	
Basurero con pedal	\$ 641,82	\$1.413	1.000	10,00	2,08%	3	\$ 771,18	15	\$771.180	54,58	
Ponchera vertedera	\$ 1.038,71	\$1.784	900	8,10	1,69%	3	\$ 745,29	16	\$670.761	41,78	2.000
Total				432	100	48			\$27.793.223	47,64	3.000

Fuente: Elaboración propia

El criterio que utiliza actualmente la organización para programar sus operaciones e incentivar los productos para sus ventas es el de margen de contribución unitario. En la Tabla 4-4 se puede apreciar que la Inyectora No. 2 está saturada al 100 % de su capacidad y quedan pendientes por fabricar la cubeta cuadrada mediana en 3.000 unidades, la ponchera No. 10 en 2.000 unidades, el basurero con pedal en 2.000 unidades y la ponchera vertedera en 3.000 unidades. Estos dos últimos artículos, según el margen de contribución, son los que menos contribuyen por unidad para la organización. Esta mezcla actual de ventas, arroja \$27.789.898 de margen de contribución total para poder cubrir los gastos asignados de \$20.729.79. Esto da como resultado una utilidad por esta máquina de \$7.060.120 por mes.

Tabla 4-5.
**Mezcla actual de ventas con base en la priorización
del margen de contribución unitario en la inyectora No. 6**

Nombre de los productos	Horas	Costos	Precio	Und	Horas	Utilización	Cambio de	Margen	Margen	Razón	
	por unidad	unitarios	Promedio	mes	mes	Inyectora	moldes	por unidad	total		
Azafate	0,0200	\$ 1.301,36	\$2.649	430	8,60	1,79%	3	\$ 1.347,52	1	\$579.434	50,87%
Cesta pequeña	0,0122	\$ 445,54	\$1.182	1.154	14,07	2,93%	3	\$ 736,56	2	\$849.995	62,31%
Jarra de dos litros	0,0175	\$ 826,14	\$1.503	112	1,96	0,41%	3	\$ 676,92	3	\$75.815	45,04%
Jabonera surtida	0,0045	\$ 237,52	\$899	119	0,54	0,11%	3	\$ 661,11	4	\$78.673	73,54%
Jabonera de lujo	0,0040	\$ 230,54	\$872	542	2,19	0,46%	3	\$ 641,20	5	\$347.529	73,53%
Canasta medina especial	0,0127	\$ 572,93	\$1.191	3.399	43,03	8,96%	3	\$ 618,51	6	\$2.102.320	51,93%
Recipiente 2	0,0119	\$ 551,00	\$1.157	370	4,40	0,92%	3	\$ 606,40	7	\$224.367	52,41%
Ponchera mediana	0,0109	\$ 524,24	\$1.013	839	9,12	1,90%	3	\$ 489,26	8	\$410.486	48,30%
Canasta pequeña	0,0135	\$ 554,25	\$1.027	3.941	53,26	11,10%	3	\$ 472,96	9	\$1.863.996	46,05%
Tazón plástico especial	0,0147	\$ 588,70	\$1.028	887	13,04	2,72%	3	\$ 439,59	10	\$389.916	42,76%
Recipiente rectangular peq.	0,0078	\$ 535,59	\$927	597	4,66	0,97%	3	\$ 391,35	11	\$233.637	42,22%
Cuchara	0,0098	\$ 223,87	\$544	182	1,78	0,37%	3	\$ 320,60	12	\$58.350	58,93%
Recipiente 1	0,0108	\$ 439,92	\$663	240	2,58	0,54%	3	\$ 223,39	13	\$53.614	33,69%
Ganchos	0,0061	\$ 232,94	\$409	2.198	13,41	2,79%	3	\$ 175,83	14	\$386.476	42,99%
Total					172,64	44,7%	42			\$7.654.607	50,20%

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 4-5 detalla la mezcla actual de ventas de la Inyectora No. 6. Esta máquina solo la utilizan el 44,72 %, tiene tiempo disponible para poder vender otros productos, o incrementar ventas de productos actuales en otros nichos de mercado. Esta inyectora aporta mensualmente \$7.654.607 para poder cubrir los gastos operacionales asignados. Como los gastos asignados son de \$9.270.221, esto arroja una pérdida por esta mezcla de venta actual de \$1.615.614.

Con base en esta información, la gerencia desea evaluar si elimina la Inyectora No. 6, ya que está arrojando pérdidas para la organización y compra otra máquina que tenga la capacidad de 500 toneladas de cierre, para producir las unidades que quedan pendientes por facturar en el mes de la Inyectora No. 2.

Informe análisis de contribución del tróput por mes

Como se quiere saber cuál es la mezcla óptima de producción se debe calcular cual es el rendimiento (Precio de venta, costos totalmente variables) por hora de cada producto y cuántas horas requiere cada má-

quina para producir las unidades exigidas por la demanda. Los costos totalmente variables se detallan en las Tablas 4-6 y 4-7. Estos costos no incluyen la mano de obra directa que son asignados como gastos de operación del período.

Tabla 4-6.
Costos totalmente variables de los productos procesados en la inyectora No. 2.

REF.	Nombre de los productos	Horas	Costos	Costos	Costos	Comisión	Costos
		por unidad	energía	M. prima	Empaques	5%	T. Variables
994	Cubeta cuadrada mediana	0,0100	141,51	870,00	15,00	113	1.139,16
957	Caneca	0,0204	577,42	1183,33	20,00	195	1.981,03
993	Ponchera vertedera	0,0090	127,36	751,67	12,00	89	980,21
992	Ponchera No. 10	0,0110	155,66	511,04	10,00	86	762,26
308	Canasta	0,0110	155,66	495,38	9,00	83	743,38
892	Basurero con pedal	0,0100	141,51	356,67	8,00	71	576,82
890	Cesta grande sin tapa	0,0110	155,66	825,00	17,00	98	1095,71
955	Canasta No. 2	0,0156	317,26	696,67	22,00	119	1.154,59
998	Ponchera No. 5	0,0110	155,66	502,33	5,00	80	742,62
956	Platón con asa No 4	0,0137	193,87	596,67	6,00	97	893,57
893	Platón grande	0,0161	227,83	566,67	10,00	102	906,86
990	Caja jumbo	0,0145	205,19	921,67	22,00	114	1.263,23
309	Cesta grande	0,0290	820,85	690,31	13,00	185	1.709,31
891	Papelera con vaivén	0,0290	410,38	825,00	82,00	172	1.488,99
ORGANIZADOR DE ESPACIO		894 0,0290 410,38 1091,82			37,00	181	1.720,48
960	Caja multiuso	0,0290	861,13	357,97	27,00	149	1.394,79

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-7.
Costos totalmente variables de los productos procesados en la inyectora No. 6.

REF.	Nombre de los productos	Horas	Costos	Costos	Costos	Comisión	Costos
		por unidad	energía	m.prima	empaques	5%	unitarios
353	Jabonera de lujo	0,0040	37,89	70,67	52,08	43,59	204,22
352	Jabonera surtida	0,0045	42,34	100,00	20,83	44,93	208,11
359	Azafate	0,0200	187,16	846,67	5,08	132,44	1171,36
301	Cesta pequeña	0,0122	124,99	166,67	15,50	59,11	366,27
945	Recipiente no 2	0,0119	122,00	241,67	52,08	57,87	473,62
911	Recipiente rectangular peq	0,0078	160,13	236,67	41,67	46,35	484,81
997	Canasta mediana especial	0,0127	118,46	308,63	4,28	59,57	490,65
975	Ponchera mediana	0,0109	111,39	290,00	1,53	50,67	453,59
943	Jarra de dos litros	0,0175	272,67	350,00	14,28	75,15	712,11
996	Canasta pequeña	0,0135	126,46	281,67	6,92	51,36	466,41
515	Cuchara	0,0098	100,47	26,67	5,79	27,22	160,15
978	Tazón plástico especial	0,0147	137,62	303,33	0,75	51,41	493,11
513	Ganchos	0,0061	62,50	105,00	5,37	20,44	193,30
946	Recipiente 1	0,0108	110,19	185,00	41,67	33,17	370,03

Fuente: Elaboración propia

Para el primer producto, la cubeta cuadrada mediana, se calcula el tróput, precio de venta menos costos totalmente variables; $\$2.253 - \$1.139,1 = \$1.113,9/\text{unidad}$. Como el producto requiere 0.010 horas para ser procesado en esa máquina, entonces, este producto contribuye con la empresa en $\$2.253/0.010 \text{ horas} = \$111.390/\text{hora}$ para cubrir sus gastos operacionales y le genere una utilidad, este producto es el más rentable para la empresa y es el que debiera tener mayor priorización en la programación de la producción para satisfacer su demanda. Lo mismo se realiza con el segundo producto y los demás productos como se aprecia en la Tabla 4-8.

De acuerdo a estos cálculos la Inyectora No. 2 no puede producir todo lo que la demanda exige. Se requieren 579 horas y solo se tienen disponible 480 horas. Esta máquina se tiene que optimizar, ya que es un cuello de botella para la empresa. Con base en el análisis de contribución del tróput se identificaron cuáles son los productos oro para la empresa, los productos plata y los productos menos rentables que se conocen de acuerdo con Mark J. Woepfel, como productos arena.

Según el análisis de contribución del tróput de Inyectora No. 2, esta no se está optimizando. Esto es debido a que el producto de mayor rendimiento (producto oro porque contribuye a la empresa por hora en $\$111.390$) es la cubeta cuadrada mediana, solo se está produciendo y vendiendo 1.000 unidades por mes y quedan 3.000 unidades pendientes por facturar. Este producto solo utiliza el 2,08 % del tiempo disponible que tiene la máquina. Otro producto considerado oro es la caneca, contribuye por hora en $\$94.340$ y ocupa la máquina en 2,31 %.

Los productos basurero con pedal y la ponchera vertedera, con la clasificación del margen de contribución unitario eran los productos últimos en el ranking y dejaban de facturar 2.000 y 3.000 unidades respectivamente. Con el análisis de rendimiento del producto, la ponchera vertedera rinde $\$89.277/\text{hora}$ y es el tercer producto de mayor rendimiento y el basurero con pedal rinde $\$83.613/\text{hora}$ y es sexto producto.

Tabla 4-8.
Análisis de contribución del trúpud inyectora No. 2

Nombre de los productos	Horas/ unidad	Costos	Precio	Und mes	Horas mes	% Utilización	Cambio moldes	Trúpud/ unidad	Rendimiento por hora	Trúpud total	% Trúpud	Unidades pendientes
Cubeta cuadrada mediana	0,0100	1139,16	2253	1.000	10,00	2,08	3	1113,8	111.384	1.113.840	49,44	3.000
Caneca	0,0204	1981,03	3906	543	11,08	2,31	3	1925,0	94.361	1.045.259	49,28	
Ponchera vertedera	0,0090	980,21	1784	900	8,10	1,69	3	803,8	89.310	723.411	45,06	3.000
Ponchera no. 10	0,0110	762,26	1711	800	8,80	1,83	3	948,7	86.249	758.992	55,45	2.000
Canasta	0,0110	743,38	1667	1.200	13,20	2,75	3	923,6	83.965	1.108.344	55,41	
Basurero con pedal	0,0100	576,82	1413	1.000	10,00	2,08	3	836,2	83.618	836.180	59,18	2.000
Cesta grande sin tapa	0,0110	1095,71	1961	504	5,54	1,16	3	865,3	78.663	436.106	44,12	
Canasta No. 2	0,0156	1154,59	2373	2.150	33,54	6,99	3	1218,4	78.103	2.619.582	51,34	
Ponchera No. 5	0,0110	742,62	1593	1.670	18,37	3,83	3	850,4	77.307	1.420.135	53,38	
Platón con asa No. 4	0,0137	893,57	1941	1.532	20,99	4,37	3	1047,4	76.455	1.604.663	53,96	
Platón grande	0,0161	906,86	2047	723	11,64	2,43	3	1140,1	70.816	824.321	55,70	
Caja jumbo	0,0145	1263,23	2288	1.366	19,81	4,13	3	1024,8	70.674	1.399.836	44,79	
Cesta grande	0,0290	1709,31	3703	1.600	46,40	9,67	3	1993,7	68.748	3.189.904	53,84	
Papelera con vaiven	0,0290	1488,99	3432	2.035	59,02	12,29	3	1943,0	67.000	3.954.025	56,61	
Organizador de espacio	0,0290	1720,48	3626	3.363	97,53	20,32	3	1905,5	65.708	6.408.264	52,55	
Caja multiuso	0,0290	1394,79	2974	2.000	58,00	12,08	3	1579,2	54.456	3.158.420	53,10	
Total					432,0	100,0%	48		63.751	30.601.281	52,63	

Fuente: Elaboración propia

Con base en estos resultados se puede concluir que los departamentos de mercadeo y ventas y el de producción, no cuentan con indicadores de gestión que les permita priorizar la producción con base en los productos de mayor rendimiento. Es por esto que los productos de menor rendimiento como la papelera con vaivén, el organizador de espacio y la caja multiuso utilizan 214.55 horas en el mes, que representa el 44,69 % de la utilización de la inyectora No. 2. La mezcla actual de venta de la inyectora No. 2 representa un trúpud total de \$30.597.956 por mes. Las unidades pendientes están representadas por 3.000 unidades de cubeta cuadrada mediana, 3.000 unidades de ponchera vertedera, 2.000 unidades de ponchera No. 10 y 2.000 unidades de basurero con pedal. Estas unidades representan un trúpud pendiente-mes de \$9.322.405.

Otro indicador que se calcula de este análisis de contribución del trúpud de la inyectora No. 2 es el trúpud máximo. Este nos indica la optimización de la máquina si toda la producción se vende del producto

de mayor rendimiento (producto oro). \$111.390/hora x (480 horas disponibles) = \$53.467.200/mes. Además, se puede calcular cuál es el rendimiento ponderado de la inyectora No. 2 que \$63.745/hora (el trúput total de la mezcla actual dividido por las horas disponibles en el mes).

Tabla 4-9.
Análisis de contribución del trúput inyectora No. 6

Nombre de los productos	Horas	Costos	Precio	Und	Horas	%		Trúput	\$ / hora	Trúput	%
	por unidad			mes	mes			por unidad		total	Razón
Jabonera de lujo	0,0040	204,22	872	542	2,17	0,45	3	667,78	166.945	361.937	76,58
Jabonera surtida	0,0045	208,11	899	119	0,54	0,11	3	690,89	153.531	82.216	76,85
Azafate	0,0200	1171,36	2649	430	8,60	1,79	3	1.477,64	73.882	635.385	55,78
Cesta pequeña	0,0122	366,27	1182	1.154	14,08	2,93	3	815,73	66.863	941.352	69,01
Recipiente No. 2	0,0119	473,62	1157	370	4,40	0,92	3	683,38	57.427	252.851	59,06
Recipiente rectangular peq	0,0078	484,81	927	597	4,66	0,97	3	442,19	56.691	263.987	47,70
Canasta medina especial	0,0127	490,65	1191	3.399	43,17	8,99	3	700,35	55.146	2.380.490	58,80
Ponchera mediana	0,0109	453,59	1013	839	9,15	1,91	3	559,41	51.322	469.345	55,22
Jarra de dos litros	0,0175	712,11	1503	112	1,96	0,41	3	790,89	45.194	88.580	52,62
Canasta pequeña	0,0135	466,41	1027	3.941	53,20	11,08	3	560,59	41.525	2.209.285	54,59
Cuchara	0,0098	160,15	544	182	1,78	0,37	3	383,85	39.168	69.861	70,56
Tazón plástico especial	0,0147	493,11	1028	887	13,04	2,72	3	534,89	36.387	474.447	52,03
Ganchos	0,0061	193,30	409	2.198	13,41	2,79	3	215,70	35.361	474.109	52,74
Recipiente 1	0,0108	370,03	663	240	2,59	0,54	3	292,97	27.127	70.313	44,19
Total					172,7	44,74	42		40.859	8.774.157	58,98

Fuente: Elaboración propia

De este análisis de contribución del trúput consolidado se puede calcular la utilidad mensual y el retorno de la inversión. El trúput total del período es de \$39.374.807; los gastos operacionales son de \$33.930.301 por mes. Esto genera una utilidad mensual de \$5.444.506 y el retorno de la inversión es igual $\$5.444.506/\$270.000.000 = 2,02\%$ como se aprecia en la Tabla No. 4-10. Además se puede analizar cuál es el rendimiento máximo de las inyectoras que es igual a \$132.607.619. Este se puede utilizar como indicador de crecimiento. Actualmente la empresa está aprovechando solamente 29,7 % (trúput actual/trúput máximo) de la capacidad de aprovechamiento del máximo rendimiento que puede aportar el total de todas las inyectoras.

De la Tabla 4-10 se puede analizar cuál es la utilización de cada inyectora contra el rendimiento de acuerdo a su capacidad máxima de ventas con base del producto oro. Aunque la inyectora No. 2 se está utilizando al 100 %, el rendimiento es el de 57,2 %. Esta inyectora se está utilizando, pero no se está maximizando de acuerdo al aporte que podría generar esta máquina. Lo mismo sucede con la inyectora No. 6.

Tabla 4-10.
Análisis consolidado de contribución del tróput por inyectora

	Inyectora 2	Inyectora 6	
Producto oro	Cubeta cuadrada	Jabonera de lujo	
Rendimiento / hora	\$ 111.384	\$ 166.945	Total
Rendimiento maximo	\$ 53.464.320	\$ 80.133.600	\$ 133.597.920
Mezcla actual	\$ 30.601.281	\$ 8.774.157	\$ 39.375.438
% Aprovechamiento	57,24%	10,95%	29,47%
Gastos de operación		Inversión	
Administración	\$ 14.062.500	Ctas x cobrar	\$ 100.000.000
Ventas	\$ 4.687.500	Bancos	\$ 20.000.000
Financieros	\$ 1.875.000	Inventarios	\$ 50.000.000
M.O directa	\$ 3.930.301	Maquinaria/depreciar	\$ 100.000.000
Cif	\$ 9.375.000		
Gran total	\$ 33.930.301		\$ 270.000.000
Utilidad	\$ 5.445.137	Rentabilidad /mes	2,017%
Productividad	1,16	Rendimiento minimo	\$ 35.344,06

Fuente: Elaboración propia

Esto permite a la gerencia tomar la decisión de cuál sería el crecimiento máximo que podría tener la empresa por máquina. El incremento de tróput que puede tener la empresa sería de $\$132.607.619 - \$39.374.807 = \$93.232.812$. Este indicador de gestión le sirve a los departamentos de finanzas, producción y ventas para desarrollar en conjunto estrategias de crecimiento; saber qué porcentaje se podría alcanzar de los $\$93.232.812$ por mes; en qué inyectora hay que realizar los mayores esfuerzos y hacia qué productos, permitiendo esto aumentar la productividad de la empresa. Otro indicador de gestión que se podría utilizar es la medida de la productividad global. Esta medida se determina dividiendo el tróput del período entre los gastos de operación: $\$39.374.807 / \$33.930.301$ por lo que en el mes se obtiene una productividad global de 1,16, es decir, por cada peso de gasto operativo la empresa genera 1,16 pesos.

CONCLUSIONES

El análisis del rendimiento por productos como herramienta gerencial permite canalizar los recursos financieros hacia puntos críticos y utilizarlo de manera óptima para aumentar la productividad de las empresas. Mediante los métodos tradicionales de costos como el margen de contribución unitario, los recursos se distribuyen en forma de igual importancia con el fin de fortalecer el sistema. Como esto ocurre sin que se tengan en cuenta las restricciones, muchas de las inversiones resultan inefectivas. Sin embargo, utilizando el análisis del rendimiento por productos se pueden establecer puntos de mayor efecto de palanca dentro de un sistema para poder maximizar la utilidad de la organización.

La contabilidad del tróput se basa en la maximización del beneficio. Cuando no existen recursos escasos los productos más beneficiosos son aquellos que aportan el mayor margen de contribución unitario. Si existen recursos escasos, la capacidad de una empresa para generar utilidades estará determinada por la utilización que se haga de los recursos escasos. La empresa debe producir y vender aquellos productos que le aporten el máximo margen de contribución por unidad de recurso con restricción. Este sistema de la contabilidad del tróput ha sustituido el concepto del costo del producto por nuevos indicadores operativos como tróput, inversión o inventario y gastos de operación. Para conseguir unas mayores utilidades es preciso establecer un plan de producción y ventas, el cual ha de tener el ranking de los productos. Este ranking de productos se establece poniendo en primer lugar los productos que aportan mayor tróput por tiempo de la máquina. Además, permite una cooperación óptima entre todas las áreas como producción, distribución, mercadeo y ventas, y finanzas.

En el caso de la empresa de productos plásticos se puede constatar que el modelo de toma de decisiones basado en la contabilidad del

trúput es definitivo para que se realice una gestión basada en la maximización de los beneficios a partir de la inyectora con restricción. Esta inyectora es la No. 2, que por medio del análisis de contribución del trúput se pudo identificar y determinar que no se está optimizando este recurso. De acuerdo a estos cálculos, la máquina No. 2 no puede producir todo lo que la demanda exige. Se requieren 579 horas y solo se tienen disponibles 480 horas en el mes. Esta máquina se tiene que optimizar ya que es un cuello de botella para la empresa. Con base en el análisis del rendimiento por productos se identificaron cuáles son los productos de mayor a menor.

RECOMENDACIONES

Como la Inyectora No. 2 es un recurso limitante o cuello de botella y no se está optimizando, y quedan durante el mes 3.000 unidades pendientes por facturar de la cubeta cuadrada mediana, 3.000 unidades pendientes de ponchera vertedera, 2.000 unidades de la ponchera No. 10 y 2.000 unidades pendientes del basurero con pedal: un trúput total pendiente de \$9.322.405 por mes. Se debe dar prioridad con el departamento de mercadeo y producción en la programación de estos productos, por ser los de mayor rendimiento y sacrificar el producto caja multiuso en su totalidad y el organizador de espacio en 1.414 unidades menos por ser los productos de menor rendimiento por hora. Esto le representaría un trúput total por mes de la máquina Inyectora No. 2 de \$34.071.186 como aparece en la Tabla 4-11 y un incremento del trúput en $\$34.071.186 - \$30.601.281 = \$3.469.905$.

El departamento de producción sugiere que las 2.000 unidades pendientes de la caja multiuso y las 1.414 unidades pendientes del organizador de espacio, se podrían fabricar en la Inyectora No. 6 por no tener la capacidad suficiente de cierre para estos productos; el peso de los productos se aumentaría en promedio en 20 %. El costo totalmente va-

riable del organizador de espacio la pasaría de \$1.720,48 a \$ 2.064,57 y la caja multiuso de \$1.394,79 a \$1.673,75 y arrojaría un trúpüt adicional en la máquina Inyectora No. 6 en \$5.077.391 por mes. El trúpüt total de la máquina Inyectora No. 6 sería de \$13.584.242 por mes. La tabla No. 4-12 muestra la nueva utilidad del período, que sería de \$13.722.443 y un retorno sobre la inversión de 5,08 %, sin realizar ningún gasto adicional y ninguna inversión; solo con la priorización de las ventas y la programación óptima de la producción se puede aumentar la productividad de la empresa.

Como la Inyectora No. 6 tiene capacidad ociosa, se recomienda al departamento de mercadeo y ventas segmentar el mercado primario y el secundario. Se define segmentación como la posibilidad de vender el mismo producto con diferente precio y condiciones a otros clientes nuevos, sin que las condiciones de venta de estos nuevos clientes afecten las condiciones de los clientes actuales. Se sugiere segmentar el mercado primario, en el cual se puede vender a un precio más alto y en el mercado secundario a un precio más bajo.

Tabla 4-11.
Mezcla recomendada en la Inyectora No. 2

Nombre de los productos	Horas	Costos	Precio	Und	Horas	%	Hrs.	Trúpüt	\$	Trúpüt	%
	por unidad										
Cubeta cuadrada mediana	0,0100	1.139,16	2.253,	4.000	40,00	8,33	3	1.113,9	111.390	4.455.613	49,44
Caneca	0,0204	1.981,03	3.906,	543	11,08	2,31	3	1.924,5	94.338	1.045.027	49,27
Ponchera vertedera	0,0090	980,21	1.784	3.900	35,10	7,31	3	803,5	89.278	3.133.612	45,04
Ponchera no 10	0,0110	762,26	1.711	2.800	30,80	6,42	3	949,0	86.273	2.657.147	55,46
Canasta	0,0110	743,38	1.667	1.200	13,20	2,75	3	923,4	83.945	1.108.044	55,39
Basurero con pedal	0,0100	576,82	1.413	3.000	30,00	6,25	3	836,1	83.610	2.508.394	59,17
Cesta grande sin tapa	0,0110	1.095,71	1.961	504	5,54	1,16	3	865,2	78.655	436.085	44,12
Canasta no. 2	0,0156	1.154,59	2.373	2.150	33,54	6,99	3	1.218,7	78.122	2.620.227	51,36
Ponchera no. 5	0,0110	742,62	1.593	1.670	18,37	3,83	3	850,0	77.273	1.419.475	53,36
Platón con asa no 4	0,0137	893,57	1.941	1.532	20,99	4,37	3	1.047,0	76.423	1.604.075	53,94
Platón grande	0,0161	906,86	2.047	723	11,64	2,43	3	1.140,3	70.826	824.455	55,71
Caja jumbo	0,0145	1.263,23	2.288	1.366	19,81	4,13	3	1.024,3	70.641	1.399.155	44,77
Cesta grande	0,0290	1.709,31	3.703	1.600	46,40	9,67	3	1.993,7	68.748	3.189.948	53,84
Papelera con vaiven	0,0290	1.488,99	3.432	2.035	59,02	12,29	3	1.943,1	67.003	3.954.297	56,62
Organizador de espacio	0,0290	1.720,48	3.626	1.949	56,52	11,78	3	1.905,1	65.693	3.712.951	52,54
Caja multiuso	0,0290	1.394,79	2.974	0	0,00	0,00	3	1.579,1	54.452	0	53,10
Total					432,	100,	48		70.975,0	34.068.502	52,07

Fuente: Elaboración propia

Diseñar estrategias de ventas centradas en los productos de mayor rendimiento por hora (trúput/horas), si no se están vendiendo estos productos diseñar promociones, publicidad y realizar un cambio en las comisiones de los vendedores y agentes; establecer una escala de comisiones para incentivar las ventas de los productos de mayor rendimiento. Esto es con el objeto de cambiar el paradigma de la fuerza de venta, de que su función principal no es vender por vender, sino hacer ganar dinero a la empresa y a los mismos vendedores.

Tabla 4-12.
Mezcla recomendada en la Inyectora No. 6

Nombre de los productos	Horas	Costos	Precio	Und	Hrs.	%	Hrs.	Trúput	\$	Trúput	Razón
	por unidad			mes	mes			por unidad	por hora	total	%
Jabonera de lujo	0,0040	204,22	872	542	2,17	0,46	3	667,78	166.945	361.792	76,58
Jabonera surtida	0,0045	208,11	899	119	0,54	0,11	3	690,53	153.451	82.173	76,81
Azafate	0,0200	1171,36	2649	430	8,60	1,79	3	1477,64	73.882	635.334	55,78
Cesta pequeña	0,0122	366,27	1182	1.154	14,08	2,93	3	815,73	66.863	941.470	69,01
Recipiente No. 2	0,0119	473,62	1157	370	4,40	0,92	3	683,38	57.427	252.998	59,06
Recipiente rectangular peq	0,0078	484,81	927	597	4,66	0,97	3	442,19	56.691	263.953	47,70
Canasta medina especial	0,0127	490,65	1191	3.399	43,17	8,99	3	700,35	55.146	2.381.985	58,80
Organizados de espacio	0,0290	2064,57	3626	1.414	41,01	8,54	3	1561,43	53.842	2.207.195	43,06
Ponchera mediana	0,0109	453,59	1013	839	9,15	1,91	3	559,41	51.322	469.763	55,22
Jarra de dos litros	0,0175	712,11	1503	112	1,96	0,41	3	790,95	45.197	88.587	52,62
Caja multi uso	0,0290	1673,75	2974	2.000	58,00	12,08	3	1300,10	44.831	2.600.196	43,72
Canasta pequeña	0,0135	466,41	1027	3.941	53,26	11,10	3	560,59	41.525	2.210.165	54,59
Cuchara	0,0098	160,15	544	182	1,78	0,37	3	383,85	39.168	69.948	70,56
Tazón plástico especial	0,0147	493,11	1028	887	13,04	2,72	3	534,89	36.387	474.703	52,03
Ganchos	0,0061	193,30	409	2.198	13,41	2,79	3	215,70	35.361	473.592	52,74
Recipiente 1	0,0108	370,03	663	240	2,59	0,54	3	292,97	27.127	70.389	44,19
Total					271,8	66,60	48		42.477	13.584.242	51,60

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-13.
Análisis consolidado del Truput propuesto

	Inyectora 2	Inyectora 6	
Producto oro	Cubeta cuadrada	Jabonera de lujo	Total
Rendimiento / hora	\$ 111.390	\$ 166.945	
Rendimiento maximo	\$ 53.464.320	\$ 80.133.600	\$ 133.597.920
Mezcla actual	\$ 34.068.502	\$ 13.584.242	\$ 47.652.744
% Aprovechamiento	63,72%	16,95%	35,67%
Gastos de operación		Inversión	
Administración	\$ 14.062.500	Ctas x cobrar	\$ 100.000.000
Ventas	\$ 4.687.500	Bancos	\$ 20.000.000
Financieros	\$ 1.875.000	Inventarios	\$ 50.000.000
M.O directa	\$ 3.930.301	Maquinaria/depreciar	\$ 100.000.000
Cif	\$ 9.375.000		
Gran total	\$ 33.930.301		\$ 270.000.000
Utilidad	\$ 13.722.443	Rentabilidad /mes	5,08%
Productividad	1,40	Rendimiento minimo	\$ 35.344,06
	Propuesta	Actual	Variación
Utilidad	\$ 13.722.443	\$ 5.445.137	152,013%
Roi	5,08%	2,02%	152,013%
Productividad	1,40	1,16	21,02%

Fuente: Elaboración propia

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN PROPUESTA

Según la intervención del Dr. Eliyahu M. Goldratt en la conferencia dictada "Las nuevas tecnologías: necesarias pero no suficiente", donde argumenta que "la competencia está evolucionando: ya no es tanto empresa contra empresa, sino cadena de suministro contra cadena de suministro. Por lo tanto, lo que se requiere es trabajar con eficiencia a lo largo de toda la cadena de suministro, no solo en cada una de las empresas individuales que la componen". Con base en estos argumentos, se hace necesario realizar una investigación sobre el impacto que tienen los sistemas de información gerenciales, basados en la contabilidad tradicional y los nuevos sistemas de gestión como la contabilidad del trúpud para la toma de decisiones en las cadenas productivas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Corbett, T. (2001). *La contabilidad del trúput*. Bogotá: Ediciones Piénsalo.
- Echeverría, V. (2008). *Diseño de una sistema de información gerencial basado en la contabilidad del trúput para la Toma de decisiones en finanzas, producción y mercadeo en una empresa de artículos plásticos* (Tesis de maestría). Barranquilla: Universidad del Norte.
- Echeverría, V. & Mendoza, L. (2013). *Productividad: la clave estrategica para el éxito empresarial*. Barranquilla: Echeverria Vidal
- Goldratt, E. (1994). *El síndrome del pajar*. Monterrey: Ediciones Castillo.
- Goldratt, E. & Cox, J. (1984). *La Meta*. Monterrey: Ediciones Castillo.
- Kaplan, R. & Johnson, H. (1987). *Relevance Lost: The Rise and Fall of Management Accounting*. Boston: Harvard Business School Press.
- Woepfel, M. (2003). *Guía del fabricante para implementar la teoría de restricciones*. Cuenca: Isot Consulting.
- Zarruk, L. & Fernández, A. (2008). *Una máquina generadora de efectivo*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.

**SISTEMA DE INFORMACIÓN COMO HERRAMIENTA
DE CONTROL PARA LA PRODUCTIVIDAD
DE CULTIVOS PISCÍCOLAS**

Proyecto de investigación

**Diseño de un Modelo de Control Operativo apoyado en
TIC, para Sistemas Piscícolas.**

**Caso: Policultivo Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) -
Tilapia roja (*Oreochromis* sp.).**

Financiado por Universidad Simón Bolívar. 2010.

Ana María Meléndez Pérez¹ _____

Enrique Martelo López² _____

1 Magíster en Administración de Empresas e Innovación. Profesor-Investigador Grupo GEMAS. Universidad Simón Bolívar.

ammelendez@unisimonbolivar.edu.co
orcid: 0000-0002-7318-1557

2 Magíster en Administración de Empresas e Innovación. Profesor-Investigador Grupo Ingebiocaribe. Universidad Simón Bolívar.

emartelo@unisimonbolivar.edu.co
orcid: 0000-0003-2718-5853

RESUMEN

Dentro de una organización, un sistema de información se define como el procesamiento de datos que da como resultado información que permite controlar la mejora en la toma de decisiones. Es por ello que este estudio está enfocado en diseñar un sistema de información como herramienta de control operativo para gestionar los procesos de un cultivo piscícola. Para desarrollarlo, se realizó un estudio de caso simple con unidades incrustadas, mediante la revisión del marco de referencia, el análisis de la unidad de estudio, la formulación del modelo de control y el desarrollo del sistema de información. El resultado fue un *software* desarrollado bajo plataforma web que facilita el análisis comparativo, seguimiento y control del proceso productivo piscícola, así como una apreciación descriptiva de la unidad de estudio, es decir, un acercamiento detallado de los procesos necesarios para el manejo productivo. Su consecución se evidencia mediante el sistema de información SV-Policultivo el cual optimiza el control de los procesos ayudando a cada uno de los actores de la producción piscícola a mejorar sus actividades administrativas.

Palabras clave: Policultivo, Control operativo, Tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC).

ABSTRACT

Within an organization, an information system is defined as the data processing which results information, which allows the improvement of decision-making. This study is focused on designing a system of information such as operating control tool to manage the processes of fish farming. To develop simple case study was performed with embedded units, through the review of the framework, the analysis of the unit of study, the formulation of the control model and the development of the information system. Resulting in the above software developed under

the web platform that facilitates comparative analysis, monitoring and control of the fish production process, as well as a descriptive assessment of the unit of study, i.e. a detailed approach of the processes necessary for the productive management. Their achievement is evident by the SV-Polyculture information system which optimizes the process control helping each of the actors of fish production to improve their administrative activities.

Keywords: Polyculture, Operational control, Information technology and communications (ICT).

INTRODUCCIÓN

Dentro de toda producción primaria se establece una serie de objetivos a cumplir, los cuales deben ser evaluados mediante procesos que verifiquen su alcance; administrativamente estos procesos se conocen como Control.

Enmarcado en la función de Control, se encuentra hoy en día, el Control Operativo, siendo conjunto de actividades que consiste en aprovechar las capacidades administrativas necesarias para obtener la información de los procesos para la toma de decisiones operativas, en aras de alcanzar los objetivos estratégicos planteados por las directivas de la empresa. Así mismo, las tendencias tecnológicas que envuelven el desarrollo de los procesos y la necesidad de contar con información oportuna y veraz, son características intrínsecas a la competitividad, ya que favorecen el mejoramiento continuo de un proceso. Por ello, se presenta la necesidad de aplicar herramientas tecnológicas, para generar sistemas de información de gestión, que permitan el manejo de grandes cantidades de datos; en este caso, aquellos relacionados con sistemas para el cultivo de peces, debido al monitoreo que se debe hacer diario, quincenal y mensual a cada etapa que los conforman, pues si se pierden de vista, se puede generar el detrimento total de la producción.

La Piscicultura es una rama de la Acuicultura, subsector de la economía colombiana, que se concentra en el cultivo de peces, aplicando diversas técnicas; las referencias de esta actividad agropecuaria se remontan desde la época de la antigua China y Egipto. En Colombia, a partir de la década de los 40 se pueden encontrar ejemplos de su aplicación, observando cómo han ido evolucionando a la par de las prácticas tecnificadas, más no siempre de la mano con la gestión administrativa. De igual manera, las reservas necesarias de pescado se han obtenido tradicionalmente de la pesca. Aunque su papel sigue siendo fundamental, es cada vez más evidente que el mantenimiento de las cifras mundiales de este alimento derivan de las actividades ejecutadas en cultivos piscícolas.

Por otra parte, el gobierno nacional a través del Ministerio de las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicaciones) ha venido desarrollando el Plan MiPyme Vive Digital el cual consiste en masificar el uso de Internet para convertirlo en un aliado estratégico en las Mipymes del país. En el 2010 el 7 % de estas estaban conectadas a Internet y para julio de 2015 el 74 % de ellas están conectadas, lo que superó la meta para el 2018. Sin embargo, esto no es suficiente; se hace necesario que el sector de las TIC defina productos y servicios que incluyan *software* diseñado para las necesidades específicas de cada sector, adicionalmente tener presencia en la web, manejo de redes sociales y transacciones electrónicas entre otras (MINTIC, 2015).

Así mismo, se observa que tradicionalmente los registros que se generan en un cultivo piscícola se llevan en papel, sin ningún tipo de sistematización o seguimiento histórico, requisitos esenciales para la planeación organizacional y subsecuente control operacional, por lo que el problema que se pretende abordar en esta oportunidad, consiste en dar respuesta a la pregunta: ¿Qué herramienta tecnológica se debe im-

plementar para el tratamiento y administración de datos de un cultivo piscícola durante el control de su producción?

Gran parte de los estudios consultados sobre la producción primaria de peces, orientan sus resultados hacia mejoras en relación a métodos de reproducción en condiciones controladas y manejo de larvicultura y alevinaje para repoblamiento; sin embargo se nota que estos tipos de estrategias ofrecen bajas tasas de supervivencia de los individuos cultivados y poco seguimiento o control en las fases posteriores de la especie. En concordancia, durante el análisis de la etapa de engorde, se observan falencias en el seguimiento respectivo de los procesos de obtención de un producto de talla comercial, teniendo en cuenta que en la revisión bibliográfica que se realizó para el presente estudio, no se encontró información estandarizada y validada a través de algún sistema cuyos mecanismos de seguimiento y control sean estratégicos o potencialmente competitivos para el piscicultor.

A partir de las condiciones mencionadas, se establece un sistema de información como herramienta de control operativo que facilite gestionar los indicadores de un cultivo de peces y almacenar la información generada dentro del mismo. Para ello se planteó un estudio de caso simple, con unidades incrustadas (Sampieri, *et al.*, 2014), en el que se caracteriza un sistema piscícola tipo Policultivo como objeto de análisis.

CONTROL COMO FUNCIÓN SISTÉMICA

A juicio de los autores, el control es un sistema o conjunto de actividades cuya función particular está presente a través de todos los procesos organizacionales, debido a que ayuda a medir y supervisar las estrategias de cada área para cumplir su objetivo.

En concordancia, otros conocedores del tema señalan que el control

forma parte del proceso de gestión como la forma de medir todas las actividades de la organización, encontrando diferentes definiciones basadas en el contexto de desempeño de un plan estratégico. Algunas de estas posiciones son las siguientes:

- Fayol (1971): El Control consiste en verificar si todo sucede de conformidad con el plan adoptado, con las instrucciones emitidas y con los principios establecidos. Tiene como fin marcar las debilidades y errores a fin de rectificar e impedir que se produzcan nuevamente.
- Mendoza (1995): "El Control tiene como función central medir los resultados logrados en la etapa de ejecución, comparar estos resultados con los estándares derivados de los objetivos definidos en la función de planeación y evaluar para tomar medidas correctivas, si es necesario" (p.251).
- Chiavenato (2000): El control es una actividad administrativa, es la etapa del proceso que mide y evalúa el desempeño y ejecuta la acción correctiva cuando es necesario, siendo de esta forma una actividad reguladora.
- Bateman (2009) "El Control es una función de la administración que monitorea el desempeño y realiza los cambios necesarios" (p.20).
- Amat (2003). El autor explica que el proceso de control en el ámbito administrativo se plantea desde dos perspectivas, el control de gestión y el control operativo; diferenciándolos a partir de que el primero se realiza mediante un horizonte anual y el segundo desde un horizonte diario o semanal, dando por entendido las características administrativas que conforman estas actividades.

Con base en lo anterior, se logra concluir o entender el control como un proceso administrativo sistémico, que dirige las actividades de los empleados, permitiendo realizar acciones para analizar, medir y evaluar, si las funciones asignadas se están cumpliendo con lo planeado.

Control operativo

Este Control puede ser definido claramente a partir de la perspectiva de Cedeño (2005), quien parte del concepto de seguimiento mediante el cual se verifica que las tareas sean realizadas con efectividad y eficiencia, específicamente en vigilar las acciones individuales que componen los planes de acción y que son desarrolladas por los niveles jerárquicos más bajos dentro de la compañía.

Así mismo, conforme con lo planteado por Sánchez (2008), el control operativo es racional; esto supone que la posición tomada se basa sobre unos criterios de medida perfectamente lógicos y sistemáticos, congruente con una secuencia de elementos ordenados lógicamente, además, está expresado en tiempo real y relacionado con situaciones individuales.

De igual manera,

Un control operacional eficaz, no se reduce a vigilar el desempeño de las funciones, lo sustancial es determinar en qué grado o medida se están alcanzando las metas u objetivos propuestos. Es también una forma de tomar medidas correctivas para reorientar la acción, cuando así fuere necesario, por existir desviaciones significativas de los puntos de referencia establecidos. En suma: el Control Operativo no se limita en constatar resultados y en confrontar estos con lo planeado, consiste en un instrumento para la adopción de medidas correctivas. (Ander-Egg y Aguilar, 1998, p.61)

El proceso de control y las TIC

La inmersión de las TIC en las empresas ha venido evolucionando, pasando de ser simples herramientas de almacenamiento de datos o automatización de procesos productivos, a convertirse en sistemas que

permiten entregar información valiosa para la gestión de los procesos de una organización, mediante la integración de todas las áreas, convirtiéndose en pieza clave para el control operativo de una empresa y siendo motor para competir en un mundo globalizado.

Un aporte interesante de las TIC en el área de la producción es específicamente la implementación de lo que conocemos como sistemas de información; entre una de sus funciones está la de recibir la información suministrada por los procesos de la organización. Es por ello que el registro de información en un sistema informático está ligado a la función de control, por lo que no es posible implementar control operacional sin contar con información actualizada, completa, objetiva y sistemática, tal como lo expresa Ander-Egg y Aguilar (1998):

Esta fase de control operacional consiste en disponer de un conjunto de mecanismos de registro-información y de comprobación que han de servir de base para medir y examinar de manera sistemática los resultados obtenidos en relación a los resultados previstos y para establecer pequeñas y frecuentes acciones correctoras, cuando así fuera necesario, sin necesidad de recurrir a correcciones periódicas más o menos voluminosas. (p.63)

Sistemas de información

Uno de los principales autores como es Laudon y Laudon (2012, p.15) realiza una definición técnica en donde definen un sistema de información como:

Un conjunto de componentes interrelacionados que recolectan (o recuperan), procesan, almacenan y distribuyen información para apoyar los procesos de toma de decisiones y de control en una organización. Además de apoyar la toma de decisiones, la coordinación y el control, los sistemas de información también pueden ayudar a los gerentes y trabajadores del conocimiento a analizar problemas, visualizar temas complejos y crear nuevos productos.

La información obtenida en los sistemas de información, en aquel momento se convierte en un intangible de mucha importancia para la organización, la cual permitirá la toma de decisiones en un mundo tan cambiante; por consiguiente esta debe ser precisa, completa, confiable, relevante, detallada, oportuna, verificable y libre de errores.

Para Laudon y Laudon (2012) las funciones de un sistema de información son los que se muestran a continuación:

Con relación a los elementos del sistema de información se evidencian claramente tres actividades principales como son: la Entrada, Procesamiento y Salida. La retroalimentación es un componente que permite evaluar las salidas y entregarlas a los entes del entorno para mejorar la información de entrada. Los actores del entorno se convierten entonces en parte fundamental para que el sistema de información se ajuste a las necesidades de la organización y así obtener los resultados esperados para apoyar la toma de decisiones y el control de la organización.

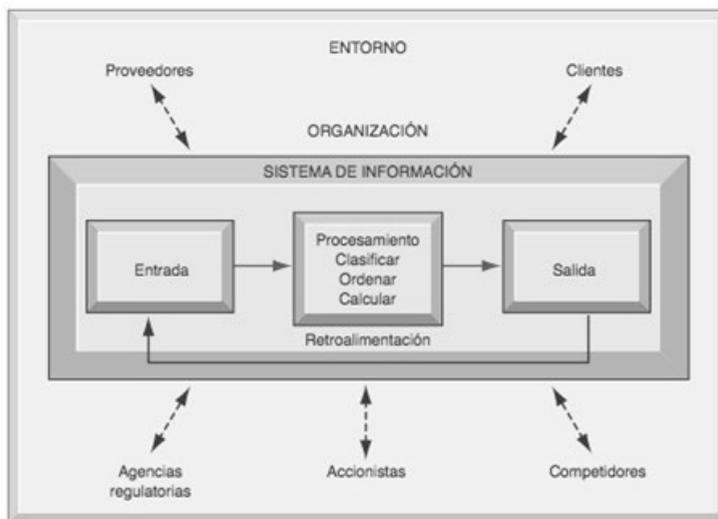


Figura 5-1.
Funciones de un sistema de información

Fuente: Tomado con fines académicos de Laudon y Laudon (2012)

Para el desarrollo de un sistema de información, se hace necesario contar con expertos en tecnología de la información, así como del personal de la empresa como gerentes o administradores, lo que permite crear un producto ajustado a las necesidades de la empresa para ser más productivos y tomar mejores decisiones.

La integración de los procesos de cada una de las áreas de una organización, ha permitido la generación de diferentes sistemas de información que apoyan el control desde todas sus perspectivas para alcanzar los objetivos de la empresa. Entre estos tenemos:

- Sistema ERP. Se puede definir como un sistema integrado de *software* de gestión empresarial, compuesto por un conjunto de módulos funcionales (logística, finanzas, recursos humanos, etc.) susceptibles de ser adaptados a las necesidades de cada cliente (Gómez y Suárez, 2009).
- Sistema CRM (*Customer Relationship Management*) o Gestión de Clientes. Se basa en un modelo de gestión o estrategia de negocio de una organización centrada en la orientación y relación al cliente.
- Sistema de Flujo de Trabajo (*Workflow*). Es un sistema que define, gestiona y ejecuta flujos de trabajo, apoyándose para ello en las tecnologías de la información. El sistema permite automatizar los procesos de negocio gestionando la secuencia de actividades en que se descomponen y asignándolos a las personas y/o aplicaciones informáticas que deben llevarlas a cabo (Gómez y Suárez, 2009).
- Sistemas de Información para la Toma de Decisiones. Son sistemas de apoyo a las labores administrativas de gestión de la empresa, que ofrecen toda la información necesaria para ayudar a identificar las oportunidades, ayudando de esta forma a tomar decisiones. Estos sistemas deben ser flexibles, analíticos y de gran

interactividad con los usuarios, para solucionar problemas no estructurados.

- Sistemas de Procesamiento de Transacciones. Herramienta administrativa diseñada para manejar grandes volúmenes de transacciones rutinarias y recurrentes.
- Sistema de Información de Operaciones. Reúne, organiza y resume datos generales en una forma susceptible de ser aprovechada por los gerentes en tareas de coordinación, control y toma de decisiones que no son rutinarias.
- Sistema Experto. Sistema de información administrativa que aplica conocimientos humanos incorporados en *software* de cómputo para resolver problemas que de ordinario requieren las facultades de las personas.
- Sistemas de Planeación de Recursos Empresariales. Paquetes de *software* de aplicación de varios módulos, con que se coordinan las actividades funcionales necesarias para llevar los productos de la etapa de diseño hasta el cliente.

Estos sistemas de información deben de igual forma contar con controles propios que ayuden a los empleados a corregir los problemas mejorando el desempeño y la productividad de los mismos, utilizando sistemas de claves que permitan confidencialidad de acceso, como también implementar sistemas antivirus para contrarrestar el uso inadecuado de programas que pueden internamente manipular, dañar o borrar la información almacenada en las bases de datos.

Sistema piscícola

La técnica de criar peces de diferentes especies, con diversos hábitos alimenticios, se remonta a más de mil años en Asia (Silva, *et al.*, 1983a). Los países asiáticos, en especial China, practican la piscicultura desde 500 años a.C., especialmente con carpas y posteriormente involucrando otras especies (Wheaton, 1982).

La piscicultura es una rama de la acuicultura, subsector de la economía colombiana, que se concentra en el cultivo de peces aplicando diversas técnicas. En Colombia, a partir de la década de los 40 se pueden encontrar ejemplos de su aplicación, observando cómo han ido evolucionando a la par de las prácticas agropecuarias tecnificadas, mas no siempre de la mano con la gestión administrativa. Ya que en realidad, a pesar de iniciar trabajos de piscicultura en esa década, solo hasta los años 60 y comienzos de los 70, se realizaron trabajos de investigación y fomento con especies nativas y exóticas como son el Bocachico (*Prochilodus reticulatus*), Cachamas (*Colossomas sp.*), Tilapia rendalli (*Tilapia rendalli*) y Mojarra plateada (*Oreochromis niloticus*).

Un policultivo piscícola es considerado como una alternativa para el manejo de dos o más especies en una misma unidad de cultivo, sin competir por alimento o espacio, con el objeto de mejorar la rentabilidad del estanque, basado en el aumento de la producción total y en la variedad de productos para ofrecer al mercado.

Con base en la revisión bibliografía realizada para la presente investigación, se puede afirmar, que hasta el momento, los experimentos se han efectuado en estanques en tierra utilizados principalmente para la acuicultura y han tenido como finalidad mejorar la producción teniendo como base el manejo de las densidades, la adición de concentrados y abonos orgánicos para la proliferación del plancton, sin tener en cuenta cantidades o calidad. Así mismo, no se encontraron estudios que enfatizan en el análisis del control operativo en cultivos de las especies ícticas tratadas en la unidad de análisis del presente caso.

Por otra parte, el cuidado de la producción piscícola se basa fundamentalmente en el seguimiento de las condiciones biométricas, fisicoquímicas y ambientales del cultivo en general; sin embargo, a pesar de

la gran diversidad de herramientas de seguimiento que se encuentran en el mercado, hasta el momento de la revisión bibliográfica de esta investigación, no se cuenta con una herramienta para el subsector piscícola que permita llevar a través de un solo sistema el seguimiento y control a todos los parámetros en conjunto, sin importar el instrumento o la técnica que se use durante la toma de datos.

En conclusión, en la Región Caribe colombiana es común llevar los registros generados por el proceso productivo sin ninguna sistematización o seguimiento histórico, requisitos que se consideran esenciales para la gestión estratégica de una organización, desestimando el uso de las TIC como herramienta de apoyo para las organizaciones piscícolas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Dadas las condiciones que caracterizaron la investigación, en el marco de la cual se desprende el presente capítulo, se puede afirmar que es un estudio propositivo ya que propone un sistema de información para el control operativo del escenario específico de un sistema policultivo entre las especies Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y Tilapia roja (*Oreochromis sp.*). Se desarrolló como un estudio de caso simple, con unidades incrustadas (Sampieri, *et al.*, 2014), por considerarla una disertación práctica, real y analítica, de un fenómeno sincrónico dentro de un contexto específico, en la que a partir de una gran unidad de análisis se identificaron varias subunidades, de las cuales, solo se seleccionó una de ellas para ser tratada con exactitud; es decir, que a partir del análisis de las funciones administrativas que rodean al sistema policultivo Bocachico-Tilapia roja, el interés particular de los autores se concentró en los datos vinculados al seguimiento del proceso productivo del cultivo y en los mecanismos de control que se realizan al interior de las unidades operativas.

En concordancia, durante la investigación se ejecutaron diversos ciclos, que para el presente caso de interés, corresponden las etapas denominadas:

Fase de Análisis de la Unidad de Estudio. Específicamente lo relacionado con (a) Descripción de la problemática; (b) Diseño de instrumentos para el análisis del sistema Policultivo Bocachico-Tilapia roja; (c) Trabajo de campo u observación directa no estructurada de los procesos del Policultivo y entrevista personal a expertos, y (d) Caracterización de los componentes de control operativo en el Sistema Policultivo.

Fase de Formulación TIC. Concretamente (a) Procesamiento y análisis de datos biométricos y fisicoquímicos para la determinación de requerimientos del sistema de información; (b) Definición del Sistema de Información, y (c) Desarrollo del sistema de información.

Con respecto a las fuentes y técnicas de recolección para el desarrollo de la investigación, se llevó a cabo un seguimiento descriptivo del objeto de estudio, a partir de la apreciación directa de fuentes primarias. Entre las técnicas disponibles, se emplearon: (a) Observación directa no estructurada y continua a aquellos procesos ejecutados por actores directos e indirectos del sistema de Policultivo Bocachico-Tilapia roja y (b) Entrevista personal a expertos en el manejo integral de cultivos piscícolas y/o con amplia trayectoria en el desarrollo de proyectos acuícolas.

Para la aplicación de estas técnicas, se realizó básicamente trabajo de campo, manteniendo en primer plano el seguimiento descriptivo y detallado de cada una de las actividades diarias necesarias para el manejo productivo del policultivo. Esto permitió el análisis y descripción de la problemática del caso en estudio, la caracterización de los componentes básicos del control operativo, la determinación de objetivos del sistema de información, obtención de datos biométricos de las especies (Figura 5-2), parámetros fisicoquímicos y ambientales del agua (Figura 5-3) y la definición de requerimientos del sistema de información.

análisis de los datos de seguimiento biométrico de las especies, parámetros fisicoquímicos y ambientales del agua, se logró la definición de requerimientos del sistema de información.

Unidad de Análisis

Para el presente caso de estudio, los autores se refieren al Policultivo Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) - Tilapia roja (*Oreochromis sp.*). Un policultivo piscícola es considerado como una alternativa para el manejo de dos o más especies en una misma unidad de cultivo, sin competir por alimento o espacio, con el objeto de mejorar la rentabilidad del estanque, basado en el aumento de la producción total y en la variedad de productos para ofrecer al mercado. Para ello, en un mismo corral en tierra con Bocachicos, se cultivaron simultáneamente, individuos Tilapia roja, con el objeto de mejorar la producción total, a partir del aumento de la rentabilidad del estanque y la variedad de productos para ofrecer al mercado. En la Tabla 5-1, se realiza un resumen del sistema de Policultivo evaluado para la presente investigación.

Tabla 5-1.
Dimensiones Físicas del Sistema Policultivo Bocachico-Tilapia roja

CARACTERÍSTICA	DIMENSIÓN
Unidad Experimental	Corral
Área del Corral	1050 m ²
Densidad de Bocachico	1 indiv./m ²
Cantidad de Jaulas	1
Área de Jaula	3 m ³
Densidad de Tilapias	200/m ³

Fuente: Elaboración propia

Especies del cultivo

A partir de las observaciones realizadas se notó que los procedimientos relacionados con el cuidado del cultivo dependían en gran medida de las características específicas que presentan las especies cultivadas; por ello es necesario presentar algunas de sus particularidades más significativas para la producción total:

Prochilodus magdalenae (*Boca chico*). Especie de comportamiento migratorio que habita en las cuencas de los ríos Magdalena, Sinú, Atrato y Cauca, en Colombia. Su boca, pequeña, carnosa y provista de diminutos dientes, la hacen un fiel representante de los peces que se alimentan de barro o limo (limnofagos), por lo que no es necesario proveerlo de alimento concentrado durante su etapa de engorde. La reproducción, alimentación y crecimiento son determinados por el nivel de las aguas.

Oreochromis sp. (*Tilapia roja*). También conocida como Mojarra roja, es un híbrido, resultado del cruce de varias especies de Tilapias. Se desarrolla bien entre los 19-27 °C de temperatura y hasta 1500 msnm. Su carne es apetecida por sabor y presentación como filete con pocas espinas. Se caracteriza por ser un pez herbívoro que acepta alimento balanceado. Se deben manejar cultivos monosexados (solo machos), para evitar la reproducción ya que se presentaría competencia por espacio, oxígeno y alimento, entre otros; así mismo, las hembras no tienen una tasa de crecimiento aceptable.

Desarrollo del cultivo

Las actividades necesarias (Tabla 5-2) para el desarrollo eficiente del cultivo piscícola en estudio, se caracterizan con base en los criterios de la gestión por procesos; por consiguiente, el sistema Policultivo Boca-chico-Tilapia roja, se describe como una cadena de acciones organizadas y orientadas a generar valor sobre cada una de las unidades o áreas que lo conforman, promoviendo el principio de mejora continua.

Asimismo, se encontró que la sostenibilidad y competitividad del sistema de Policultivo Bocachico-Tilapia roja se fundamenta en la implementación de procesos de inspección, medición, registro, seguimiento, evaluación y mejoramiento continuo de las actividades operativas del cultivo, en torno a los cuidados fisicoquímicos del agua y el seguimiento biométrico de los peces.

Tabla 5-2.
Descripción del Sistema Policultivo Bocachico-Tilapia roja

PROCESO	ACTIVIDAD ESPECÍFICA
Compra de Insumos	Cotización
	Adquisición
	Almacenaje
Preparación del Estanque	Limpieza
	Encalado
	Llenado
	Abonamiento
Adecuación y/o Construcción de Infraestructuras Piscícolas	Bodega o Almacén de Materiales
	Jaulas
	Muelles.
	Corrales
	Sistema de Aireación.
Producción Piscícola	Precria
	Engorde
	Cosecha
Seguimiento y Evaluación	Cuidados Físicoquímicos del Agua.
	Seguimiento Biométrico

Fuente: Elaboración propia

Condiciones de control del cultivo

Con el objeto de caracterizar los componentes de control en los procesos operativos del Policultivo, fue necesario identificar si este aspecto se distingue como una función sistémica en la estructura operacional del sistema piscícola y así mismo, verificarlo como mecanismo de regulación sustentado en una serie de actividades de supervisión sobre los procesos de producción, y por último, distinguirlo como una influencia de mejora continua.

Para definir la función de control como un sistema conformado por el conjunto de las actividades principales de Medición, Comparación, Evaluación y Activación, enmarcadas en un mecanismo de Retroalimentación (Mendoza, 1995), se partió del análisis de la información recopilada

durante el trabajo de campo, observando que dentro del proceso productivo del Policultivo, solo se realizaba de manera formal la Actividad de Medición, representada por el procedimiento de toma de muestras y registro de los datos respectivos; sin embargo, los resultados obtenidos en esta actividad no se confrontan con un patrón cuantitativo de confrontación para determinar la diferencia entre ellos (Comparación).

Al no realizarse la actividad de comparación, no es posible observar alguna desviación entre los datos provenientes de las condiciones del policultivo y algún estándar de correlación (Evaluación). Además, se limita la finalidad de corregir y/o eliminar las posibles desviaciones encontradas durante la evaluación, dificultando el análisis de la situación por parte de la gerencia, así como el objetivo de alcanzar las metas de producción propuestas y superarlas si es el caso (Activación).

En consecuencia, la reformulación de las estrategias organizacionales y/o la viabilidad de los cambios en los objetivos, no se realizan totalmente bajo el criterio de mejora continua, entorpeciendo la toma de decisiones asertivas (Retroalimentación).

Teniendo en cuenta las dificultades señaladas para la implementación de la función de control en el cultivo, era necesario que el sistema de información permitiera abordar el comportamiento histórico del área de producción para integrarlo a toda la operación de cultivo; es decir, aumentar la utilidad de los datos recopilados diariamente, mediante el uso de las TIC, pero de forma asequible a todos los interesados en el tema. Además, estandarizar los criterios de comprobación referentes a los parámetros biométricos, fisicoquímicos y ambientales del cultivo y sistematizar su desempeño productivo, permitiendo mejorar los procesos, corregirlos o eliminarlos, si es el caso, antes de que su efecto sea contraproducente para las metas de la organización.

Seguimiento y medición del cultivo

La realización de biometrías y el mantenimiento de la calidad de agua, son los procesos que sustentan la Actividad de Medición como componente de la función de control dentro del Policultivo; generalmente ejecutados por personal técnico especializado. Los parámetros biométricos a vigilar eran (a) Supervivencia, (b) Peso y Talla Promedio, (c) Incremento Diario de Peso Individual, (d) Incremento Diario de Talla Individual, (e) Biomasa Inicial, (f) Biomasa Total y (g) Factor de Conversión Aparente de Alimento (FCA). En cuanto a la calidad del agua, se consideraron los parámetros fisicoquímicos de (a) Niveles de Oxígeno Disuelto en el Agua (OD), (b) Color, (c) Turbidez, (d) Nitritos y Nitratos, (e) Dureza, (f) Amonios, (g) Temperatura, y (h) pH. Los primeros parámetros mencionados fueron analizados con la ayuda de un Kit de Análisis de Agua Dulce Acuicultura HACH; mientras que los dos últimos, pH y Temperatura, eran estudiados mediante el uso de un pHmetro Digital Portátil-YSI 100.

Así mismo, se llevaba registro diario de la Nubosidad que se percibía en el área de cultivo, debido a que la lluvia influye directamente en el comportamiento alimenticio de los peces, por lo que es considerado como una condición ambiental que requería seguimiento por su incidencia en el desarrollo del cultivo.

Sistema de información SV-Policultivos

SV-Policultivos (Sistema de Vigilancia de Policultivos) es un sistema de información desarrollado bajo plataforma web que facilita el análisis comparativo, seguimiento y control del proceso productivo piscícola, basado en las condiciones observadas en el policultivo Bocachico (*Prochilodus magdalenae*)-Tilapia roja (*Oreochromis sp.*).

La herramienta propuesta es la combinación entre un sistema de in-

formación para la Toma de Decisiones, uno de Procesamiento de Transacciones y otro de Operaciones, teniendo en cuenta que contiene características representativas de cada uno de ellos; es decir, SV-Policultivos es un sistema de información flexible, analítico y de gran interactividad con los usuarios, con capacidad para manejar grandes volúmenes de transacciones periódicas y frecuentes, sirviendo de apoyo para solucionar problemas no estructurados dentro del proceso administrativo de control. Además, ofrece la información necesaria para ayudar a identificar las oportunidades de mejora, apoyando la toma de decisiones oportunas por parte de la gerencia. Por último, genera tablas y gráficos estadísticos, comunica recomendaciones y proporciona un historial de los datos de seguimiento recopilados dentro del aplicativo, todo con el objeto de facilitar la caracterización del comportamiento productivo de un cultivo piscícola.

El sistema de información está dirigido a los piscicultores que requieran un software para llevar el seguimiento y control de sus cultivos, sin dejar a un lado la posible participación de académicos que estén interesados de una u otra forma en los datos recopilados en SV-Policultivos.

Esta herramienta TIC, utiliza un servicio de hosting (hospedaje), que permite publicar aplicaciones web que pueden ser vistas desde Internet. El hosting tiene instalado el servidor Apache versión 2.2.16, el cual permite enviar páginas web estáticas y dinámicas en la world wide web. A su vez, este servidor tiene instalado el sistema operativo Linux, y cuenta con las características necesarias para el funcionamiento de aplicaciones web desarrolladas mediante herramientas de código abierto.

De igual forma, utiliza un lenguaje de script o lenguaje interpretado, PHP 5, permitiendo la generación de páginas web dinámicas con acceso a información de base de datos; además, se integra en las páginas html.

Para su funcionamiento el servidor de *hosting* tiene instalado el intérprete en su versión 5.2.14.

La Base de datos empleada es MySQL en su versión 5.1.52, la cual es un motor de base de datos relacional con licencia de código abierto. Adicionalmente, el servidor de *hosting* cuenta con PhpMyAdmin 3.3.8 como *software* para administrar la base de datos MySQL.

En conclusión, el sistema de vigilancia con restricción de datos y alertas, SV-Policultivos, bajo plataforma Web, optimiza los registros generados por el proceso productivo piscícola, gracias a su organización sistematizada y seguimiento histórico, requisitos pertinentes para la toma de decisiones oportunas y eficaces de la compañía.

Objetivos del Sistema de Información SV-Policultivos

Objetivo General

Facilitar el flujo de información para la toma de decisiones referentes a los procesos productivos piscícolas, apoyando al modelo de control operativo MCO-Piscícola.

Objetivos Específicos

- Generar tablas y gráficos estadísticos que faciliten el seguimiento y análisis de las condiciones evaluadas en un proceso productivo piscícola, a partir del caso Policultivo Bocachico-Tilapia roja.
- Implementar un módulo de alertas que permita a los usuarios del sistema de información, conocer el estado de las condiciones comparadas y evaluadas en un proceso productivo piscícola, a partir del caso Policultivo Bocachico-Tilapia roja.
- Comunicar las recomendaciones concernientes a cada una de las condiciones evaluadas, a partir de las notificaciones que se presenten en el módulo de alertas.

- Proporcionar un historial de los datos de seguimiento recopilados dentro del aplicativo que permita facilitar la caracterización del comportamiento productivo del cultivo.

Descripción operativa del Sistema de Información

SV-Policultivos

SV-Policultivos opera como una red de comunicación del proceso de producción piscícola, ya que agiliza y garantiza el flujo constante de la información, manteniendo vinculadas las actividades de Medición, Comparación y Evaluación para dar forma y significado a la Retroalimentación, tal como se explicó anteriormente.

Desarrollado como herramienta de apoyo para la toma de decisiones permite que la Gerencia o Cliente pueda conocer las condiciones específicas de la parcela de cultivo, registradas por el Piscicultor, y al mismo tiempo contar con las Alertas que notifican el estado integral de la misma; de igual manera, le permite disponer del conjunto de Recomendaciones que señalan ciertas pautas a considerar a favor de la producción total del cultivo.

La operación del sistema de información (Figura 5-4) se basa en el actuar de una Entrada, un Proceso y una Salida, cuyo eje se sustenta en un control por condición debido al manejo de Alertas (Críticas, Tolerable y Deseable), acorde con los resultados que se tengan de la evaluación con el estándar, dando paso a una condición prospectiva del control ya que por medio de estas alarmas, se pronostican las posibles consecuencias en la producción, permitiendo tomar medidas anticipadamente a un resultado devastador o desfavorable para la organización.

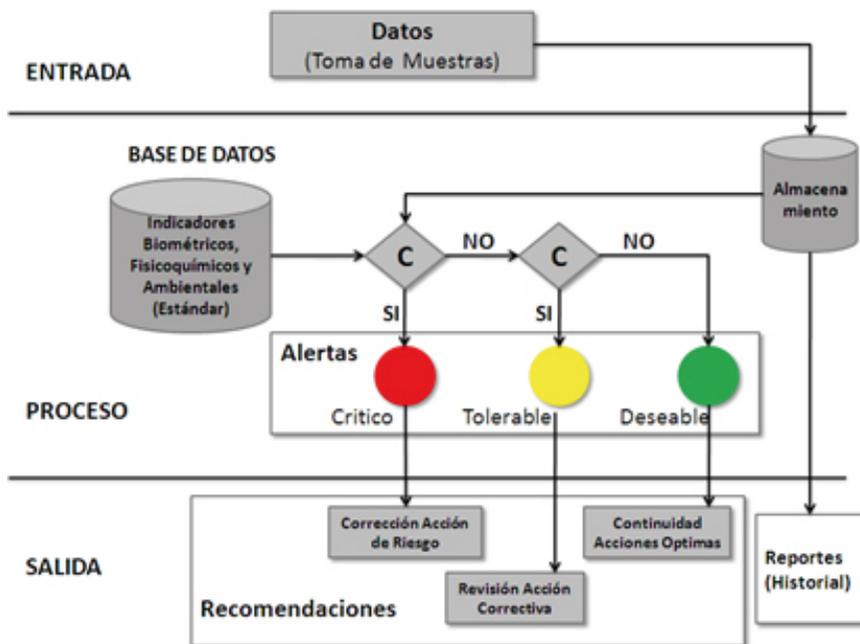


Figura 5-4.
Sistema de Información SV-Policultivos
Fuente: Elaboración propia

En concordancia, se describen a continuación cada uno de los componentes que actúan en el SV-Policultivos, con su respectiva función.

Entrada. Se refiere a aquellas condiciones de ingreso requeridas por el sistema de información, para dar inicio a sus objetivos y metas; son hechos básicos y textuales de las condiciones del cultivo, sin criterios de interpretación o sin juicio previo de evaluación, es decir, los Datos correspondientes al seguimiento continuo de la parcela piscícola, realizada por el Piscicultor, mediante la Toma de Muestras programadas durante todo el proceso productivo. Este componente está asociado al proceso de Medición en el MCO-Piscícola.

Proceso. Es la capacidad que posee el sistema de información para efectuarle a las condiciones de entrada (Datos) un tratamiento informático previamente establecido, basado en el comportamiento del

estándar (Indicadores Biométricos, Fisicoquímicos y Ambientales). Por consiguiente, después de ser almacenados los Datos, a partir de una secuencia de instrucciones lógicas, se constituyen en una interpretación clara y explícita de las características que presenta el cultivo (Información), evaluando por último su impacto en el desarrollo del proceso productivo (Alertas).

En el caso de SV-Policultivos, el Proceso se encuentra representado por la acción conjunta de tres elementos: el Almacenamiento, la Base de Datos y el Módulo de Alertas. El primero permite contener todos los Datos que se ingresen al sistema a partir de los procedimientos de campo o tomas de muestra realizados por el piscicultor encargado del cuidado integral de la parcela productiva. El segundo almacena la información suscitada por los Indicadores Biométricos, Fisicoquímicos y Ambientales, que luego permiten determinar lo que ocurre dentro del proceso productivo. Por último, el tercero de estos elementos, se refiere a la generación de avisos, que asemejan el funcionamiento de un semáforo, señalándole a la gerencia tres posibles situaciones esenciales para la gestión del cultivo.

El Modulo de Alertas, parte de la comparación (C) entre la situación real del cultivo y las condiciones ideales que se deben mantener para la obtención de las metas propuestas por la gerencia. La Alerta de Color Rojo, indica si se están excediendo los niveles fisicoquímicos necesarios para un rendimiento productivo ideal por lo que se deben tomar decisiones en pro de la corrección inmediata de la situación crítica. La Alerta de Color Amarillo, implica asumir una actitud de precaución debido a que los parámetros fisicoquímicos se encuentran en un grado tolerable. Por último, la Alerta de Color Verde se observara en el momento que el cultivo se encuentra en las mejores condiciones, es decir, en una situación deseable para el desarrollo productivo de las especies en cautiverio.

Es oportuno señalar, que que las condiciones a tener en cuenta para el desarrollo de las alertas, son aquellas que tienen mayor impacto sobre los resultados, de acuerdo a lo recomendado por el Principio de Excepción propuesto por Taylor (Da Silva, 2002).

Salida. Este componente en el sistema SV-Policultivos, se refleja en la generación de las Recomendaciones, después de la acción del modulo de Alertas y, en la construcción del Historial; registro histórico de todos aquellos Datos de la parcela piscícola que fueron ingresados al sistema de información.

Por su parte, las Recomendaciones integran, en términos generales, para cada parámetro fisicoquímico tres momentos: (a) Corrección Acciones de Riesgo, a partir de una alerta de color rojo. (b) Revisión Acciones Preventivas, generadas por una alerta de color amarillo y (c) Continuidad Acciones Óptimas, señaladas luego de una alerta de color verde.

Indicadores Biométricos. Consisten básicamente en aquellos parámetros que permiten observar el estado general del pez, a partir de la aplicación de Biometrías, es decir, un registro mensual de Talla y Peso de las especies del cultivo llevando registros de cada especie por separado. Así mismo, incluye la fecha de inicio del cultivo y el número de peces sembrados ese día. A partir de los datos biométricos se definen los indicadores de (a) Supervivencia; (b) Peso y Talla Promedio; (c) Incremento Diario de Peso individual; (d) Incremento Diario de Talla individual; (e) Biomasa Inicial; (f) Biomasa Total, y (g) Factor de Conversión Aparente de Alimento (FCA).

Indicadores Físicoquímicos y Ambientales. Conjunto de condiciones físicas y químicas que presenta el agua del estanque en donde se desarrolla el cultivo, que por su capacidad de interacción con el am-

biente, puede afectar a las especies del cultivo en su comportamiento y desarrollo productivo. Este seguimiento es diario y en ocasiones más de una vez por día; además, se recomienda realizarlo con la ayuda de equipos especializados en el análisis de la Calidad del agua. Dentro de este tipo de indicadores se definieron (a) Oxígeno Disuelto (OD); (b) pH; (c) Temperatura; (d) Nubosidad; (e) Dureza; (f) Amonio, Nitrito y Nitrato; (g) Turbidez, y (h) Color.

Recomendaciones. Para cada posible alerta que se active se generan las correspondientes recomendaciones, tal como se expone en la Tabla 5-3.

Tabla 5-3.
Recomendaciones por cada Parámetro Físicoquímico

PARÁMETRO	ALERTA	RECOMENDACIÓN
Oxígeno Disuelto	Crítico	No alimente a los animales. Inicie el funcionamiento del sistema de aireación hasta que los niveles de oxígeno se normalicen. Después de haber superado los niveles críticos de oxígeno disuelto, mantenga encendido el sistema de aireación hasta por 2 horas más. Vigile regularmente los niveles de oxígeno disueltos, color y turbidez.
	Tolerable	Inicie el funcionamiento del sistema de aireación hasta que los niveles de oxígeno se normalicen. Alimente normalmente a los peces, no obstante, mantenga vigilancia sobre los parámetros físicoquímicos de oxígeno disueltos, color y turbidez.
	Deseable	Realice normalmente las actividades de cuidado y mantenimiento del cultivo.
Color	Crítico	Inicie el funcionamiento del sistema de aireación. Retire, o no emplee los sacos de bovinaza. Debido al posible exceso de producción primaria, verifique los niveles de oxígeno disuelto y turbidez. Consulte al técnico acuícola la viabilidad del recambio de agua lo más pronto posible, especificando cantidades óptimas.
	Tolerable	Vigile constantemente los niveles de oxígeno disuelto y turbidez. Emplee parcialmente los sacos de bovinaza. Inicie el funcionamiento del sistema de aireación.
	Deseable	Realice normalmente las actividades de cuidado y mantenimiento del cultivo. Examine el recambio de los sacos de bovinaza.
Nubosidad	Crítico	Ante la alta probabilidad de lluvia, no suministre alimento concentrado. Vigile el nivel de agua.
	Tolerable	Esté atento y tenga cuidado con respecto a cualquier cambio climático. Continúe realizando las labores normales de cuidado y mantenimiento al cultivo.
	Deseable	Realice las labores normales de alimentación y mantenimiento del cultivo.

HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA.

Experiencias exitosas desde el Caribe colombiano

PARÁMETRO	ALERTA	RECOMENDACIÓN
Nitratos Nitritos Amonio Dureza	Crítico	No alimente a los animales hasta normalizar los niveles del parámetro. Revise la entrada de agua del estanque, verificando que no haya sustancias contaminantes mezclándose con el suministro. Verifique la presencia de animales muertos dentro del área de cultivo o con la capacidad de afectarlo de forma indirecta. Si es así, actúe eliminándolo. Inicie el funcionamiento del sistema de aireación hasta que los niveles del parámetro se normalicen. Luego de haber superado los niveles críticos del parámetro, manténgalo encendido por 2 horas más. Vigile regularmente los parámetros de oxígeno disuelto, pH y color.
	Tolerable	Inicie el funcionamiento del sistema de aireación hasta que los niveles del parámetro se normalicen. Revise la entrada de agua del estanque, verificando que no haya sustancias contaminantes mezclándose con el suministro o la presencia de animales muertos dentro o en los alrededores del área de cultivo con la capacidad de afectarlo de forma indirecta. Si es así, actúe eliminándolo. Alimente normalmente a los peces, no obstante, mantenga vigilancia sobre los parámetros de oxígeno disuelto, pH y color.
	Deseable	Realice normalmente las actividades de cuidado y mantenimiento del cultivo.
pH	Crítico	No alimente a los animales. Inicie el funcionamiento del sistema de aireación hasta que los niveles de pH se normalicen. Después de haber superado los niveles críticos de pH, mantenga encendido el sistema de aireación hasta por 2 horas más. Consulte al técnico acuícola la viabilidad de agregar al agua cal agrícola y/o abono, especificando cantidades óptimas.
	Tolerable	Inicie el funcionamiento del sistema de aireación hasta que los niveles del parámetro se normalicen. Alimente normalmente a los peces; no obstante, mantenga vigilancia sobre el parámetro fisicoquímico del oxígeno disuelto y amonio.
	Deseable	Realice normalmente las actividades de cuidado y mantenimiento del cultivo.
Turbidez	Crítico	No alimente a los animales. Inicie el funcionamiento del sistema de aireación. Revise la entrada de agua del estanque verificando que no haya sustancias contaminantes o presencia de lodos mezclándose con el suministro. Debido al posible exceso de producción primaria, verifique los niveles de oxígeno disuelto y color. Retire, o no emplee los sacos de bovinaza. Consulte al técnico acuícola la viabilidad del recambio de agua lo más pronto posible, especificando cantidades óptimas.
	Tolerable	Inicie el funcionamiento del sistema de aireación y manténgalo encendido hasta por 2 horas más después de haberse normalizado el parámetro. Vigile constantemente los niveles de oxígeno disuelto y color. Emplee parcialmente los sacos de bovinaza.
	Deseable	Realice normalmente las actividades de cuidado y mantenimiento del cultivo. Examine el recambio de los sacos de bovinaza.
Temperatura	Critico	No alimente a los animales y esté atento a cualquier cambio climático. Inicie el funcionamiento del sistema de aireación y manténgalo encendido hasta por 2 horas más después de haberse normalizado el parámetro. Vigile el llenado del estanque, verificando pérdidas del nivel de agua, por efecto de evaporación. Consulte al técnico acuícola la viabilidad del aumento del caudal, lo más pronto posible, especificando cantidades óptimas.
	Tolerable	Inicie el funcionamiento del sistema de aireación y manténgalo encendido hasta por 2 horas más después de haberse normalizado el parámetro. Esté atento y tenga cuidado con respecto a cualquier cambio climático. Continúe realizando las labores normales de cuidado y mantenimiento al cultivo.
	Deseable	Realice las labores normales de alimentación y mantenimiento del cultivo.

Fuente: Elaboración propia

DISCUSIÓN

El sistema de información como herramienta de Control operativo para el seguimiento de los procesos requeridos en un cultivo de peces es una alternativa técnicamente viable y favorable para la gestión de la producción piscícola; sin embargo, es necesario primero concebir la función de control, como un conjunto de procesos críticos que intervienen directamente en la producción total del cultivo, reforzando la necesidad de un manejo eficiente de recursos. Adicionalmente se deben abordar aspectos como la obtención y consumo de energía, recuperación y/o apertura de mercados para especies ícticas nativas, capacidad de cambio y auto-reconocimiento entre piscicultores.

Los sistemas piscícolas deben ser realmente eficientes y ambientalmente sostenibles, que al apoyarse en herramientas TIC, representen un aporte coherente y significativo, para el desarrollo del subsector. Adicionalmente, esta afirmación se sustenta en la observación de los siguientes hechos:

- Necesidad de generar valor al interior del subsector piscícola a partir de la formulación de estrategias empresariales que lo diferencie de sus competidores y aproveche los recursos hídricos con los que cuenta el país.
- Requerimiento gubernamental de optimización de procesos administrativos para la generación de paquetes tecnológicos significativos y competitivos.
- Oportunidad de proponer escenarios de gestión que permitan la integración de otras áreas como la Planeación estratégica, Logística y Calidad.
- Invitación al fortalecimiento del subsector piscícola a partir de la aplicación de TIC para el direccionamiento estratégico de los cultivos.

CONCLUSIONES

El Control se observa, para el caso de los procesos operativos que componen la práctica de la piscicultura, como la actividad más acorde para la definición de un sistema de información como herramienta de apoyo para alcanzar las expectativas actuales de rentabilidad y competitividad.

Lo anterior con base en que a partir del análisis del Policultivo Bocabicho-Tilapia roja, se logró definir que el cuidado que se le preste al crecimiento de los peces y a las condiciones de calidad de agua del área de producción, representan un riesgo significativo para la productividad del cultivo debido a su capacidad de rápida y decisiva afectación. Prácticamente el comportamiento de la producción es directamente proporcional al análisis oportuno y continuo de la información generada por los datos biométricos, fisicoquímicos y ambientales del cultivo.

En concordancia, el sistema de información SV-Policultivos, propuesto como herramienta de control operativo para el seguimiento de cultivos piscícolas es una alternativa técnicamente viable y favorable para la gestión de la producción de este subsector, debido a que se encuentra desplegado en torno a las acciones básicas de Medición, Comparación, Evaluación y Retroalimentación, desarrollando un medio dinámico que facilita el flujo de información para la toma de decisiones oportunas y asertivas.

La herramienta informática desarrollada bajo plataforma web, permite un seguimiento de los procesos operativos del cultivo, un análisis de datos con base en indicadores y un control mediante la generación de alertas, facilitando analizar el comportamiento del policultivo y promoviendo la optimización de los procesos a través de un mejoramiento continuo de la producción de peces. De igual forma, ayuda a cada uno de los actores de la organización a mejorar sus actividades administrativas.

Con base en todo lo anteriormente expuesto, los autores de la investigación esperan sentar las bases para generar nuevas investigaciones que exploren los datos obtenidos, o por otro lado, proyectos que afiancen y/o profundicen las observaciones generadas, fomentando el interés por el desarrollo de propuestas de investigación relacionadas con los siguientes aspectos:

- Integración de los procesos financieros del policultivo como medio para la generación de análisis prospectivo.
- Análisis de la gestión tecnológica en el sector piscícola para profundizar en temas de competitividad e innovación.
- Integración de nuevas tecnologías al subsector piscícola para mejorar los procesos de control automático de parámetros fisicoquímicos para luego ser integrados al sistema de información.
- Desarrollo de herramientas TIC para la gestión de la productividad en sectores primarios de la economía colombiana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amat, J. (2003). *Control de Gestión una Perspectiva de Dirección*. 6, 32-42. Editorial Gestión 2000.
- Ander-Egg, E. & Aguilar, M. (1998). *Administración de Programas de Acción Social*. Editorial Siglo XXI de España Editores. p.63.
- Bateman, T. & Anell, S. (2009). *Administración, liderazgo y colaboración en un mundo competitivo*, 8, McGraw-Hill.
- Cedeño, A. (2005). *Administración de la Empresa*, 3, 306-307 Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Chiavenatto, I. (2000). *Administración: Proceso Administrativo*, 3, Editorial McGraw-Hill.
- Da Silva, R. (2002). *Teorías de la Administración*, 1. Editorial Thompson.
- Fayol, H. (1987). *Principios de la Administración Científica*. Editorial Universitaria.
- Gómez, Á. & Suárez, C. (2009). *Sistemas de información: herramientas prácticas para la gestión*, 1, Editorial Ra-Ma.
- Goldratt, E. (1994). *El síndrome del pajar*. Monterrey: Ediciones Castillo.
- Guimarães, L. & Almada-Lobo, B. (2012). *Planeamento de longo prazo da*

- cadeia de abastecimento na indústria de bebidas*. Annals XVI CLAIO - XLIV SBPO - Workshop LIA-SGT, 1705-1717, Rio de Janeiro: Sociedad Brasileira de Investigación de Operaciones.
- Laudon, K. & Laudon, J. (2012). *Sistemas de Información Gerencial*, 12, 15-17 Editorial Perason Education, México. ISBN 978-607-32-0949-6.
- Mendoza, J. (1995). *Las funciones administrativas un enfoque estratégico y táctico*. 2, 251-259 Ediciones Uninorte.
- Ministerio de las Tecnologías de Información y Telecomunicaciones (MINTIC. 2015). *Iniciativa MiPyme Digital: Descripción*. Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Disponible en: <http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-propertyvalue-7235.html>
- MySQL. (2011). Disponible en: <https://www.mysql.com/about/>
- Olson, P. (2011). *Manual de Php*. Consultado Noviembre 18 de 2010. En: php.net.
- PHP GROUP. (2011). Disponible en: <http://www.php.net/>. Consultado 3/3/2011
- phpMyAdmin. (2011). Disponible en: http://www.phpmyadmin.net/home_page/index.php.
- PRESSMAN, R. (2005). *Ingeniería del Software*. Editorial McGraw Hill. Sexta Edición. México, D.F.
- Sampieri, R., Fernández C. & Baptista M. (2014). *Metodología de la Investigación*, 6. Editorial Mc-Graw Hill. México DF.
- Sanchez, J. (2008). *Principios Básicos de Empresa*, p. 251, Editorial Visión Libros.
- Silva, J., et al. (1983). Resultados de um ensaio sobre policultivo de carpa espelho, (*Cyprinus Carpio* L.1738 vr, *specularis*) e o hibrido de Tilapia Zanzibar, (*Sarotherodon hornorum*, Trew.), com a do Nilo, (*S. niloticus* L.) em viveiro do Centro de Pesquisas Ictiológicas de Dnocs (Pentecoste, Ceara). *Bol. Tecn. Dndcs. Fortaleza*, 41(1). 25-54.
- Wheaton, F. (1982). *Acuicultura, Diseño y Construcción de sistemas*, México. 1982. 704 Colombia necesita más conexión. En: *Diario el País*.
- World Wide Web Consortium. (2011). *HTML y CSS*. Sitio Oficial. En: <http://www.w3c.es/>.

CONCLUSIÓN GENERAL

Acorde a los resultados alcanzados en los trabajos presentados en los capítulos anteriores, es evidente la necesidad de un trabajo permanente en torno al mejoramiento operacional en las organizaciones de la Región.

Entre los principales aprendizajes de las experiencias y trabajos realizados, se pueden anotar:

- Los procesos de rediseño de los procesos productivos orientados, pueden hacer uso de herramientas tradicionales de la ingeniería de organización y métodos combinadas con modelos y herramientas tecnológicas más avanzada que permita un análisis y mejora de la productividad. Esta premisa es aplicable a toda la estructura de la organización en sus diferentes áreas, tanto de la operación como de la administración. En este mismo orden de ideas, para futuras aplicaciones sería de muy interesante replicar trabajos en materia de Layout como los hechos por Guimarães y Almada-Lobo (2012) y Montoya, Vélez-Gallego y Villegas (2012).

- Colombia se encuentra en un camino de crecimiento económico, destacando el aumento en la inversión en actividades de I+D que se refleja en una mayor cantidad de recursos para financiar investigación; sin embargo, este impulso aún es disperso. Por su parte, los procesos de creación de *spin-off* son muy incipientes e inseguros, por lo que se demanda fortalecer la relación entre la Universidad y la Empresa para tener mayor número de casos exitosos a los que se han referenciado. Esta meta demanda fortalecer las condiciones del ecosistema de desarrollo tecnológico y generar los marcos normativos propicios para el crecimiento empresarial desde la innovación.

- Los procesos de gestión tecnológica en la empresa se pueden solventar en gran parte en una relación más cercana con la Universidad. Simultáneamente la inclusión de talento humano operativo calificado y el apalancamiento operativo, con entidades financieras de economía mixta o solidaria, que se ajusten a las necesidades de la empresa regional especialmente de las pymes, son estrategias que se deben fortalecer para generar eficiencias en materia de procesos productivos.

- La gestión de las operaciones reviste una visión estratégica y para que esta se pueda concretar se demandan alianzas con proveedores y trabajo con enfoque concurrente que posibiliten la atención a los requerimientos de las PYMES regionales.

- Generación continua de capacitaciones al talento humano, que permita mejoras sustanciales en las áreas operativas y administrativas de la organización. Esta oferta de capacitaciones ha de provenir de la PYME en sí, al socializar conocimientos con miembros internos que la posean, u ofertadas por proveedores industriales.

- Otro elemento importante es el reenfoque en los modelos de toma de decisiones. Un ejemplo claro es el que nos propone la Contabilidad del Trúput, que ha sustituido el concepto del costo del producto por nuevos indicadores operativos como trúput, Inversión o Inventario y gastos de operación. Según la visión de Goldratt (1994) el uso de nuevas tecnologías no es suficiente, es decir, no es ni la innovación ni la transferencia tecnológica sino la sostenibilidad de la empresa. Esta se logra con una visión global de la operación de la empresa y sus aliados, así como trabajar con eficiencia a lo largo de toda la cadena de suministro, no solo en cada una de las empresas individuales que la componen.

- Por último, es clave en este proceso de integración el apalancamiento de la operación en el uso de sistemas de información que

integren los procesos administrativos y la operación que posibilite la proyección y el análisis financiero de las decisiones operacionales, el estudio de impacto de la tecnología vigente y de la integración de nuevas tecnologías. Todo ello mediante herramientas TIC para la gestión de la productividad en todos los sectores de la economía, pero en particular en los sectores primarios, emprendimientos sociales y pymes.

Esta obra es el resultado de la trayectoria en investigación que por más de una década ha logrado el Grupo de Investigación GEMAS en las líneas de Gestión de Operaciones y Sistemas Integrados de Gestión, en el marco de la triada universidad-empresa-estado promovida por la Vicerrectoría de Investigación e Innovación de la Universidad Simón Bolívar.

El Grupo de Investigación ha sido exitoso en la interacción con la empresa y esto se evidencia en los productos de nuevo conocimiento y/o desarrollo tecnológico tales como consultoría, desarrollo de *software*, diseños de planta, modelos de gestión y manuales de procesos, entre otros. En particular, el libro que se presenta, surge de las investigaciones realizadas por los autores en los últimos cinco años y pretende servir de referente para el desarrollo de procesos de formación y de investigación científica.

