



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Facultad de Ciencias Económicas
Departamento de Administración de Empresas

Tema

Administración de producción

Subtema

Administración de la producción a través de sus enfoques, programaciones lineales y estrategias de operaciones para una mejor ventaja competitiva en las organizaciones.

Seminario de graduación para optar al título de Licenciado en Administración de
Empresas

Autores

Br. Lesli Andrea Chavarría Montenegro

Br. Julio César Olivares Suárez

Br. Nelson Javier Rivera Gutiérrez

Tutor

M.A.E. José Javier Bermúdez

Managua, febrero 2021

Índice

Dedicatoria	i
Agradecimiento	iv
Valoración del docente (carta aval).....	vii
Resumen.....	viii
Introducción.....	1
Justificación.....	3
Objetivos	4
Capítulo uno: Principales enfoques teóricos para la administración de la producción	5
1.1. Concepto de empresas y características generales	5
1.2. Tipología: Empresas de producción primaria, industrial y de servicios.....	7
1.3. La Administración Científica	9
1.4. De la producción en serie a la producción flexible.....	11
1.5. La manufactura de clase mundial	12
1.6. El sistema de producción.....	15
1.6.1. La producción como sistema.....	16
1.6.2. Partes y funciones del sistema de operaciones	16
1.6.3. El sistema de control.....	17
1.6.4. El campo de la Administración de la Producción	18
Capítulo dos: Formulación y resolución de modelos de programación lineal.....	19
2.1. Formulación del problema	19
2.2. Problema de programación lineal en forma estándar	20
2.2.1. Transformación a la forma estándar	21
2.3. Soluciones básicas	22

2.3.1. Teorema de caracterización de puntos extremos	23
2.3.2. Teorema de propiedad fundamental de la programación lineal	23
2.4. Sensibilidades.....	24
2.5. Dualidad	26
2.5.1. Obtención del dual a partir del primal en forma estándar.....	28
2.5.2. Obtención del problema dual	28
2.5.3. Teoremas de dualidad	30
2.6. El conjunto de soluciones factibles	32
2.7. Conos poliédricos convexos	34
2.8. Polítopos	36
2.9. Poliedro	37
2.10. PPL acotado y no acotado.....	39
Capítulo tres: La administración de la producción como ventaja competitiva	41
3.1. Frente a la competencia globalizada	41
3.2. Frente a las nuevas prioridades competitivas.....	45
3.3. Frente a los nuevos requerimientos sociales.....	46
3.4. ¿Qué se puede hacer frente al desafío competitivo?	47
Capítulo cuatro: Estrategia de operaciones y decisiones operativas estratégicas	50
4.1. La estrategia de operaciones	50
4.2. La estrategia de operaciones en relación con la estrategia empresarial global..	52
4.3. Objetivos de la estrategia de operaciones	54
4.4. El vínculo entre mercadeo y operaciones.....	61
4.5. La estrategia de operaciones en manufactura.....	62
4.6. La estrategia de operaciones en servicios.....	63
4.7. Decisiones estratégicas de operaciones	66

4.7.1. Decisiones sobre productos	66
4.7.2. Decisiones sobre proceso	67
4.7.3. Decisiones sobre tecnología	67
4.7.4. Decisiones sobre capacidad	67
4.7.5. Decisiones sobre localización	68
4.7.6. Decisiones sobre distribución de planta	68
4.7.7. Decisiones sobre calidad	69
4.7.8. Decisiones sobre planificación y control	69
4.7.9. Decisiones sobre aprovisionamiento.....	70
4.7.10. Decisiones sobre personal	71
Conclusiones.....	72
Bibliografía	73

Dedicatoria

Primeramente, a Dios por iluminar mi camino, darme las fuerzas necesarias para cumplir mis sueños y siempre estar a mi lado en las buenas y en las malas, como el mejor de los Padres.

A mis padres, Magda Montenegro y Noel Chavarría, a quienes por su esfuerzo y sacrificio debo mi formación profesional, los que siempre me han ayudado durante todo este camino, me han motivado a seguir y a ser cada día mejor brindándome ánimos para culminar una etapa más de mis estudios.

A mi hermana, Elizabeth Chavarría Montenegro, por sus palabras de aliento y su apoyo incondicional.

Leslie Andrea Chavarría Montenegro.

Dedicatoria

Dedico esta tesis de todo corazón a mi madre y mi abuela, pues sin ellas no habría sido posible estar en las instancias en las que me encuentro hoy en día, sus bendiciones y buenos deseos han iluminado mi paso por el sendero de la vida la cual me ha presentado pruebas difíciles, sin embargo, no las he afrontado solo pues siempre estuvieron presentes en los buenos y malos momentos brindándome su apoyo.

Por ello les regalo el mérito de haber obtenido los frutos de mi esfuerzo, su paciencia, amor y valentía me demostraron que no hay nada imposible y que, con perseverancia, amor al oficio y con el respaldo de Dios se pueden lograr cosas que superan las expectativas de uno mismo.

También quiero dedicar este trabajo a mi hermana pues fue ella quien siempre me motivó a seguir adelante, inspirándome en todo momento y a la vez sirviendo como un modelo a seguir aportando de sus conocimientos para así superar diversas situaciones.

A los maestros que me asesoraron dándome la llave de la puerta del conocimiento, ellos formaron una pieza fundamental para mantener encendida la chispa del entusiasmo en mi día a día como estudiante de administración de empresas.

Julio César Olivares Suárez.

Dedicatoria

Mi ensayo de Seminario de Graduación está dedicado a la mujer que me ha apoyado en innumerables momentos de mi vida: mi amada esposa Rosa Mercedes Briones, por su inmenso apoyo, cariño y amor el cual nunca ha faltado en las diferentes facetas de nuestro matrimonio.

A mi madre, María Modesta Gutiérrez Martínez, quien luchó día y noche para que yo pudiese lograr tan alto merito educativo y por su afán de criar a un buen ciudadano para la comunidad.

A mi padre, Francis Javier Rivera, quien a pesar de sus problemas físicos jamás desfalleció para asistirme cuando necesitaba una consulta quien a pesar de largas jornadas de trabajo siempre encontraba tiempo para conmigo, y me apoyo en lo que más pudo.

Y, por último, también dedico con mucho amor a mis dos preciosas hijas Abril Sofía y Emma Victoria Rivera Briones quienes hoy en día me impulsan a seguir adelante con mis metas profesionales y a no desfallecer ante las adversidades que la vida presenta en su diario andar.

Nelson Javier Rivera Gutiérrez.

Agradecimiento

A Dios, por estar presente en todo momento, permitirme culminar ésta etapa de mi vida, y haberme brindado salud, fortaleza y valor para lograr esta meta. Por su inmensa misericordia y fidelidad para conmigo y mi familia.

A mis padres y familiares por su apoyo moral, económico y espiritual, los cuales me han permitido alcanzar mis objetivos, y ayudarme a trazar un futuro mejor.

A todas las personas que han estado y aún están en mi vida, y que de una manera u otra han influido positivamente en ella. Eternamente agradecida con mis mejores amigas por apoyarme en los momentos más difíciles, y con todos los docentes por su valioso aporte en nuestra formación profesional, especialmente a nuestro tutor M.A.E. José Javier Bermúdez por la dedicación de tiempo, y habernos brindado las orientaciones necesarias para la realización del presente trabajo.

Leslie Andrea Chavarría Montenegro.

Agradecimiento

Gracias de todo corazón a mi tutor M.A.E. José Bermúdez, gracias por su dedicación, paciencia, motivación, aliento y criterio. Su apoyo ha convertido en sencillo lo complicado. Ha sido un privilegio para mi contar con la tutoría de un profesor tan dinámico y apasionado en lo que ejerce como lo es usted.

Suponen todos los cimientos de mi desarrollo todos y cada uno de ustedes -mi familia- han destinado tiempo para enseñarme nuevas cosas, por brindarme aportes invaluable que servirán para toda mi vida. Especialmente por haber estado presentes en la evolución y posterior desarrollo total de mi tesis. Les agradezco con creces, los amo.

Gracias a todo el cuerpo docente que conforman el departamento de ciencias comerciales por haber siempre estado allí cuando más los necesite, brindándome su apoyo incondicional, también gracias por siempre mostrar disposición en el momento de darme respuestas respecto a mis dudas, gracias por moldear mi perfil profesional hasta este punto, ustedes lo hicieron posible.

Quiero agradecer a todos los compañeros con quienes alguna vez compartí aula por haber trabajado conmigo y haber compartido conocimientos de diversas formas en cuanto a las materias estipuladas por la institución.

Gracias a todo el personal que labora en una universidad tan condecorada y distintiva como lo es la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua por su atención y amabilidad a la hora de llevar a cabo cualquier diligencia he incluso con el simple hecho de ejercer labores en la institución, ellos son quienes le dan honra a la buena reputación de la universidad.

Julio César Olivares Suárez.

Agradecimiento

El mayor agradecimiento de este seminario de graduación está dirigido a Dios Padre, quién sin su bendición no hubiera podido llegar hasta este punto, también un especial agradecimiento al docente M.A.E. José Javier Bermúdez quien nos instruyó y guio de la mejor forma posible dando las pautas necesarias para poder culminar con éxito nuestro seminario de graduación y a todo el cuerpo de docente del recinto universitario Carlos Fonseca Amador quienes facilitaron los recursos necesarios para ser profesionales de éxito y agradecer de su preciado tiempo porque al final nos damos cuenta que dedican sus vidas para hacernos no solo profesionales sino mejores seres humanos.

A ellos, a todos los docentes del Recinto Universitario Carlos Fonseca Amador, agradezco infinitamente su valioso tiempo y les insto a que sigan cumpliendo con tal bella labor que es educar a la juventud para que podamos alcanzar nuestras metas más anheladas.

Nelson Javier Rivera Gutiérrez.



Facultad de ciencias económicas
Departamento de administración de empresas

Valoración del docente (carta aval)

En cumplimiento del Artículo 49 del REGLAMENTO PARA LAS MODALIDADES DE GRADUACIÓN COMO FORMAS DE CULMINACIÓN DE LOS ESTUDIOS, PLAN 2013, dice:

El Docente Tutor realizará evaluaciones sistemáticas tomando en cuenta la Participación y desempeño del estudiante, informe de avance y la calidad de la propuesta de investigación. Esta evaluación tendrá un valor de 50 puntos de la nota final que deberá ser entregada al Director de Departamento, una semana previa al acto de defensa del Seminario de Graduación.

El suscrito Instructor de Seminario de Graduación sobre el tema general de **“ADMINISTRACIÓN DE PRODUCCIÓN”** hace constar que los bachilleres, **Lesli Andrea Chavarría Montenegro, Carnet No. 16-20030-0, Julio César Olivares Suárez, Carnet No. 16-20042-0 y Nelson Javier Rivera Gutiérrez, Carnet No. 09-20649-2**, han culminado satisfactoriamente su trabajo sobre el sub tema: **ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN A TRAVÉS DE SUS ENFOQUES, PROGRAMACIONES LINEALES Y ESTRATEGIAS DE OPERACIONES PARA UNA MEJOR VENTAJA COMPETITIVA EN LAS ORGANIZACIONES**, , obteniendo los bachilleres **Chavarría Montenegro, Olivares Suárez, Rivera Gutiérrez**, la calificación de **50 (CINCUENTA) PUNTOS respectivamente**.

Dado en la ciudad de Managua a los 16 días del mes de febrero del año 2021.

M.A.E. José Javier Bermúdez
INSTRUCTOR

Resumen

El presente informe de investigación bibliográfica tiene como tema principal la administración de producción y como subtema administración de la producción a través de sus enfoques, programaciones lineales y estrategias de operaciones para una mejor ventaja competitiva en las organizaciones.

El objetivo principal es analizar la administración de la producción a través de sus enfoques, programaciones lineales y estrategias de operaciones, por medio de la teoría científica presentada por los expertos para que las empresas puedan obtener una mejor ventaja competitiva.

Este informe está dividido en cuatro capítulos. El capítulo uno es de los principales enfoques teóricos para la administración de la producción, el capítulo dos de formulación y resolución de modelos de programación lineal, en el capítulo tres se planteará la administración de la producción como ventaja competitiva, y, por último, en el capítulo cuatro se desglosarán las estrategias de operaciones y decisiones operativas estratégicas.

La metodología utilizada ha sido seguir procedimientos de investigación documental como es la lectura, recopilación y análisis de la información extraída de páginas web autorizadas y la base teórica en libros que sustentan el tema de investigación. Además de aplicar la rúbrica para seminario de graduación de la UNAN – Managua del Departamento de Administración de Empresas y las normas APA edición 6.

Introducción

El tema del presente trabajo documental es la administración de producción, y el subtema los enfoques, programaciones lineales y estrategias de operaciones para una mejor ventaja competitiva en las organizaciones.

Los enfoques, programaciones lineales y estrategias de operaciones; es un tema significativo e importante que toda organización debe tomar en cuenta si quiere producir un equilibrio entre la producción y su capacidad en busca de competitividad para obtener un mejor resultado tanto en la minimización de sus costos como la maximización de sus utilidades, es por eso que se tiene como finalidad hacer énfasis en el informe acerca de esta gestión administrativa, para que las organizaciones puedan alcanzar un resultado por el cual puedan retribuir los esfuerzos realizados y obtener un beneficio.

El objetivo a cumplir en el presente informe es analizar la administración de la producción a través de sus enfoques, programaciones lineales y estrategias de operaciones, por medio de la teoría científica presentada por los expertos para una mejor ventaja competitiva en las organizaciones.

Para lograr cumplir con los objetivos fijados en esta investigación documental se expone una serie de contenidos a través de los siguientes capítulos:

Capítulo uno: Principales enfoques teóricos para la administración de la producción, el abarca concepto y características generales, la tipología de las empresas de producción, la administración científica desde el punto de vista del Taylorismo y el Fordismo, el cambio de la producción en serie a la producción flexible, la manufactura de clase mundial y los sistemas de producción.

Capítulo dos: Formulación y resolución de modelos de programación lineal, el cual refiere temas tales como la formulación del problema de programación lineal en forma estándar, soluciones básicas, sensibilidad, dualidad, el conjunto de soluciones factibles, conos poliédricos convexos, politopos, y problemas de programación lineal acotado y no acotado.

Capítulo tres: La administración de la producción como ventaja competitiva, frente a la competencia globalizada, frente a las nuevas prioridades competitivas, frente a los nuevos requerimientos sociales, y qué se podría hacer frente al desafío competitivo.

Capítulo cuatro: La estrategia de operaciones y decisiones operativas estratégicas, incluye sub niveles como la estrategia de operaciones en relación a la estrategia empresarial global, los objetivos de la estrategia de operaciones, el vínculo entre mercadeo y operaciones, decisiones estratégicas administrativas y la estrategia de operaciones con enfoque en manufactura y servicios.

Justificación

El presente estudio, brinda un aporte en cuanto a los aspectos teóricos al analizar la administración de la producción desde sus distintos enfoques aportado por diversos autores, de tal manera que se brinda información referente a los procesos, estrategias y decisiones operativas. La administración es una ciencia muy amplia, dentro de la cual se abarca la administración de producción. Para comprender el tema se indagó en una búsqueda a fondo sobre los métodos y estrategias que se utilizan en la administración de producción para que las organizaciones puedan obtener una mayor ventaja competitiva en el mercado.

Desde el punto de vista práctico, la investigación es de gran beneficio tanto para los investigadores, como para cualquier empresa o profesional, debido a que expone conocimientos, cuya correcta aplicación ayudarían en la gestión de administración de la producción de una entidad. Por lo tanto, esta investigación aporta a la mejora continua de las estrategias operacionales de cada organización, complementando y enriqueciendo otros estudios por varios autores en el campo de la administración de producción.

Por último, el aporte metodológico de este estudio es fortalecer las líneas de investigación de la carrera de Administración de Empresas dentro de la universidad, y poder considerarlo como antecedente de nuevas investigaciones para continuar profundizando en esta temática. Además, ser una fuente de información para el público en general a través del cual se conocerá todo lo relacionado a la gestión administrativa de producción.

Objetivos

Objetivo general

Analizar la administración de la producción a través de sus enfoques, programaciones lineales y estrategias de operaciones, por medio de la teoría científica presentada por los expertos para una mejor ventaja competitiva en las organizaciones.

Objetivos específicos

1. Definir los principales enfoques teóricos para la administración de la producción, con el fin de extender los conocimientos sobre el tema.
2. Describir la formulación y resolución de modelos de programación lineal, a través de la documentación de los procesos.
3. Identificar la administración de la producción como ventaja competitiva, para que las organizaciones tengan un mejor aprovechamiento de sus recursos.
4. Explicar las estrategias de operaciones y decisiones operativas estratégicas, a fin de comprender el vínculo que existe entre mercadeo y operaciones.

Capítulo uno: Principales enfoques teóricos para la administración de la producción

La administración de producción de hoy día no se limita al control de las actividades en la planta, sino que incluye múltiples actividades, que deben tener en cuenta cambios en el ambiente socio-económico, por lo que no se reduce a optimizar cada paso de la producción o del sistema productivo, sino que requiere una acción integrada que cubre todo el espectro de las actividades citadas, que deben responder a circunstancias cambiantes, y deben lograr una eficiencia global creciente.

Por lo cual definimos la administración de la producción como el conjunto de herramientas administrativas, que va a maximizar los niveles de la productividad de una empresa, por lo tanto, la gestión de la producción se centra en la planificación, demostración, ejecución y control de diferentes maneras, para así obtener un producto de calidad. (Ruiz, 2012, pág. 15)

1.1. Concepto de empresas y características generales

Una empresa es una entidad conformada básicamente por personas, aspiraciones, realizaciones, bienes materiales y capacidades técnicas y financieras; todo lo cual, le permite dedicarse a la producción y transformación de productos y/o la prestación de servicios para satisfacer necesidades y deseos existentes en la sociedad, con la finalidad de obtener una utilidad o beneficio (García del Junco, Julio y Casanueva Rocha, Cristóbal, 2001, pág. 3).

Peter Drucker realiza una crítica a la concepción (predominante en la economía clásica) que ve a la empresa como una organización o institución social cuyo objetivo final es la “maximización de la ganancia”, en base al “motivo utilitario” que se supone está en el origen de toda actividad económica.

En su versión originaria, la “maximización de la ganancia” era entendida según el viejo dicho de que “hay que comprar barato para vender caro”.

Luego se lo matizó con muchas otras condiciones: tener en cuenta el largo plazo, considerar la ganancia de la organización y no solamente la de sus propietarios, incluir los ingresos no monetarios, el mantenimiento del control organizacional, la moderación de la competencia y muchos otros.

No es que Drucker pretenda negar la importancia de la ganancia. Por el contrario, considera que la ganancia y la rentabilidad son esenciales para toda sociedad, bajo cualquier sistema económico, aún más que para las empresas individuales, pero considera que la ganancia es la prueba de validez de las empresas y no la explicación causal o justificación racional del comportamiento y de las decisiones empresariales.

Para conocer la naturaleza de la empresa hay que partir de su propósito, que no es otro que “crear un cliente”. Los mercados son creación de los empresarios, cuya acción convierte el requerimiento potencial de los hombres en demanda efectiva. Es el cliente quien determina la naturaleza de la empresa, qué producirá y cómo prosperará. Lo que el cliente compra no es nunca un producto sino una utilidad: lo que ese producto o servicio le aporta, lo cual nunca es algo obvio. Es algo que el cliente percibe en sus propios términos, que no son necesariamente los nuestros. (Arnoletto, 2006, pág. 7)

Si el propósito esencial de toda empresa es crear un cliente, la empresa, en opinión de Drucker, tiene solamente dos funciones básicas: la comercialización y la innovación, que son la funciones que producen resultados: todo el resto de las actividades son “costos”.

La comercialización es la función distintiva y originaria, la que realmente diferencia a una empresa de otras organizaciones sociales, tales como la Iglesia, el Ejército, la Escuela o la Administración Pública. Cualquier organización que se realiza mediante la comercialización de un producto o servicio es una empresa; y toda organización en la cual la comercialización no existe o es incidental, no es una empresa.

Pero la comercialización sola no basta. Una empresa comercial o industrial solo puede existir en una economía dinámica, que acepta la necesidad del cambio. La empresa es un órgano de crecimiento, expansión y cambio, lo que se realiza mediante la función de la innovación, que se manifiesta de muchas maneras: mejoras continuas de sus productos y procesos, reducción de los costos, creación de servicios diferentes que ofrezcan un nuevo potencial de satisfacción. La innovación puede darse en muchos campos: tecnológico, económico, social, etcétera.

Para cumplir su propósito de crear un cliente, la empresa debe utilizar recursos o factores de la producción, creadores de riqueza. Por su propia conveniencia y por un sentido del deber social, ella debe usar esos recursos de manera eficiente, lo cual es el objetivo final de la función de administración, cuya dimensión económica se llama productividad.

La productividad es el empleo óptimo, con el mínimo posible de mermas, de todos los factores de la producción (y no solamente de la mano de obra, que es el que generalmente más se tiene en cuenta, quizás por su más fácil control), para obtener la mayor cantidad de producto de esos insumos, en las cantidades planificadas, con la calidad debida, en los plazos acordados.

La ganancia no es una causa sino un resultado del desempeño empresarial en la comercialización. Es la única prueba efectiva del buen desempeño y es también un premio frente al riesgo de la incertidumbre. Es la fuente del capital necesario para la inversión y el crecimiento de la actividad y del empleo, y también el origen de los fondos fiscales que solventan a los servicios públicos y a la actividad estatal en general. La ganancia es la principal responsabilidad empresarial (Arnoletto, 2006, pág. 8)

1.2. Tipología: Empresas de producción primaria, industrial y de servicios

Según el amplio concepto de empresa, puede haber empresas en los tres sectores de la actividad económica global:

1. Sector Primario: Empresas agrícolas, ganaderas, pesqueras, mineras, madereras, entre otras.

2. Sector Secundario: Empresas industriales o de transformación: alimentarias, metal – mecánicas, químicas, etcétera. (Arnoletto, 2006, pág. 9)
3. Sector Terciario: Empresas de servicios: comerciales, financieras, de seguros, de salud, de servicios personales, etcétera.

El tamaño, la estructura y la estrategia están estrechamente relacionados. En general, y según el tipo de empresa, al aumentar el tamaño se logra mayor eficiencia, por las economías de escala, pero hay un límite impuesto al tamaño, más allá del cual se vuelve ineficiente. Los cambios de tamaño no son continuos, sino que hay “saltos evolutivos” en el crecimiento. Los cambios de tamaño no son cualitativos: en general, más tamaño exige mayor complejidad, hasta el límite de su estructura.

En términos relativos y no fáciles de definir, porque dependen del sector, del tipo de actividad y de la tecnología se habla de pequeñas, medianas y grandes empresas. Hay quienes utilizan el criterio de la cantidad de personal: por ejemplo, hasta 300 personas hablamos de pequeñas empresas; de 300 a 1000 son medianas y más de 1,000 personas, las grandes empresas. Pero esto es muy relativo porque depende de la actividad: una fábrica de autos de 300 empleados es realmente muy pequeña, pero una empresa de auditorías contables de 300 empleados es muy grande.

Otro criterio usual es la facturación anual: decir, por ejemplo, que una empresa que factura hasta 250,000 dls. /año es pequeña; la que factura desde 250,000 hasta 1,000,000 es mediana, y más de 1,000,000 es grande. Es una medición interesante, pero no tiene en cuenta el aspecto complejidad y nivel tecnológico de su actividad.

Desde el punto de vista del origen de sus insumos y del destino de sus productos, se suele hablar de los siguientes tipos de empresas, que también suelen ser etapas o fases de su desarrollo como empresas:

1. Empresa doméstica.
2. Empresa exportadora.
3. Empresa internacional o multinacional.
4. Empresa global. (Arnoletto, 2006, pág. 10)

1.3. La Administración Científica

Frederic W. Taylor (1856 - 1915) fue un ingeniero y economista norteamericano que elaboró un sistema de organización racional del trabajo, ampliamente expuesto en su obra “Los Principio de la Administración Científica” (en inglés, Principles of Scientific Management) (1912), en un planteo integral que luego fue conocido como “taylorismo”.

Se basa en la aplicación de métodos científicos de orientación positivista y mecanicista al estudio de la relación entre el obrero y las técnicas modernas de producción industrial, con el fin de maximizar la eficiencia de la mano de obra y de las máquinas y herramientas, mediante la división sistemática de las tareas, la organización racional del trabajo en sus secuencias y procesos, y el cronometraje de las operaciones, más un sistema de motivación mediante el pago de primas al rendimiento, suprimiendo toda improvisación en la actividad industrial. (Arnoletto, 2006, pág. 17)

A esta corriente se le denomina administración científica, por la racionalización que hace de los métodos de ingeniería aplicados a la administración y debido a que desarrollan investigaciones experimentales enfocadas hacia el rendimiento del obrero, dentro de sus características están las siguientes:

1. Salarios altos y bajos costos de producción.
2. Aplicar métodos científicos al problema global, con el fin de formular principios y establecer procesos estandarizados.
3. Los empleados deben ser dispuestos científicamente en servicios o puestos de trabajo donde los materiales y las condiciones laborales sean seleccionados con criterios científicos, para que de esta forma las normas sean cumplidas.
4. Los empleados deben ser entrenados científicamente para perfeccionar sus aptitudes.
5. Debe cultivarse una atmosfera cordial de cooperación entre la gerencia y los trabajadores.
6. La racionalización del trabajo productivo debería estar acompañada por una estructura general de la empresa que haga coherente la aplicación de sus principios. (Carolina, 2020)

Henry Ford (1863 - 1943) fue un ingeniero e industrial norteamericano, pionero de la industria del automóvil, quien fundó en 1903 la Ford Motor Company, donde aplicó muchas de sus ideas, parcialmente fundadas en la obra de Taylor, y que recibieron posteriormente el nombre de “fordismo”.

Los elementos más característicos son la línea de montaje, la producción en serie, la estandarización e intercambialidad de las piezas. Otros aspectos de sus ideas son la exportación como medio importante de expansión comercial; el principio de la participación en los beneficios de todo el personal y un sistema de ventas a crédito que permitía a todos sus trabajadores poseer un automóvil.

Los estudios supervisados por el sociólogo Elton Mayo, sobre los efectos de los cambios ambientales en la producción industrial, que mostraron la importancia predominante de la motivación y de la forma de presentar los cambios a los trabajadores, lo que tuvo un gran impacto en el diseño del trabajo y en la creación de departamentos de administración de personal y de relaciones humanas.

Las diferencias fundamentales entre las empresas tradicionales y las modernas pueden verse claramente en la siguiente comparación de sus estilos de gestión: la llamada “gestión científica” de la empresa tradicional, basada en los estudios de Taylor fundamentalmente, y la “gestión participativa” de la empresa moderna, basada en diversos enfoques de la calidad total (Ver tabla 1.1.). (Arnoletto, 2006, pág. 18).

Tabla 1.1

Diferencias entre la gestión científica y participativa.

Gestión Científica	Gestión Participativa
Imperativo tecnológico	Imperativo socio – técnico
Las personas como aprendices de las máquinas y como repuestos intercambiables	Las personas como complemento de las máquinas y como recurso a desarrollar
Maxima división de tareas	Agrupamiento óptimo de tareas
Aptitudes simples y estrechas	Aptitudes múltiples y amplias
Uso de controles externos	Intercontrol y autocontrol
Jerarquía vertical	Jerarquía horizontal
Orientación cuantitativa	Orientación cualitativa
Gestión autocrática	Gestión participativa
Adaptada a una era de estabilidad y crecimiento sostenido, quiere satisfacer con cantidad de productos en serie la demanda masiva de un mercado ávido.	Adaptada a una era de competencia y cambio acelerado que requiere calidad del producto y del servicio, productividad y adaptación rápida a los cambios.

Fuente: (Arnoletto, 2006, pág. 19)

1.4. De la producción en serie a la producción flexible

De acuerdo a varios autores (Piore y Sabel, por ejemplo) una fuerte tendencia actual en la evolución de los modos de organización y gestión empresarial, es la transición desde la producción en serie a la producción flexible, o como dice Coriat, del “fordismo” al “posfordismo”.

El modelo de producción en serie se sustentaba en los incrementos de productividad obtenidos por las economías de escala en un proceso de producción mecanizado basado en una cadena de montaje de un producto tipificado, en las condiciones de control de un gran mercado por una forma organizativa específica: la gran empresa estructurada según los principios de integración vertical y la división del trabajo social y técnica institucionalizada.

Estos principios se plasmaron en los métodos de gestión conocidos como “taylorismo” y “organización científica del trabajo”, adoptados como líneas maestras tanto por Henry Ford como por Lenin. (Arnoletto, 2006, pág. 19).

Cuando la demanda se volvió impredecible en cantidad y calidad, cuando los mercados se diversificaron en todo el mundo y, en consecuencia, se dificultó su control, cuando el ritmo del cambio tecnológico hizo obsoleto el equipo de producción de cometido único, el sistema de producción en serie se volvió demasiado rígido y costoso para las características de la nueva economía.

Una respuesta tentativa para superar esa rigidez fue el sistema de producción flexible, que se ha practicado y teorizado de dos formas diferentes: en primer lugar, como especialización flexible, basándose en la experiencia de los distritos industriales del norte de Italia, donde la producción se acomoda al cambio constante sin pretender controlarlo, en un modelo de artesanía industrial o producción personalizada. Los investigadores han observado prácticas similares en firmas que realizan servicios avanzados, como los de la banca.

El principal cambio durante los años 70 fue la generalización del uso de computadoras en las empresas. En la administración de la producción, el gran avance fue la aplicación de la Planeación de Requerimientos de Materiales (“Materials Requirements Planning” – MRP) al control de la producción, que permite el ajuste rápido de los programas de producción y de compras, a fin de cumplir ágilmente con las fluctuaciones de la demanda, aun en productos complejos, con miles de componentes, lo que en la práctica significa una masiva manipulación de datos. (Arnoletto, 2006, pág. 20).

1.5. La manufactura de clase mundial

La creciente internacionalización de la economía hace pensar que, aunque quede sitio para empresas locales o nacionales, la mayor parte del mercado mundial quedará en manos de las llamadas “empresas globales”.

En ese selecto grupo solamente podrán sobrevivir aquellas empresas que sean competidores de clase mundial, y para ello la administración de la producción debe convertirse en una formidable arma competitiva, en el principal instrumento de marketing. (Arnoletto, 2006, pág. 22)

Existen cuatro fases en la competitividad de la producción:

Etapa 1. Internamente neutral:

El papel de la producción es resolver el tema, haciendo que el producto pueda ser entregado a los clientes de acuerdo a lo previsto, ya que el éxito depende más bien del marketing o del diseño.

Etapa 2. Externamente neutral:

No basta con “resolver el tema” de la fabricación, ya que también deben alcanzarse los estándares de coste, calidad y plazo de entrega de la competencia, imitando sus procesos y técnicas de gestión, etcétera.

Etapa 3. Apoyo interno:

En este nivel, ya no se trata de imitar a la competencia, sino de hacer que la administración de la producción se ajuste a la estrategia competitiva elegida por la empresa y ayude a concretarla.

Etapa 4. Apoyo externo:

La administración de la producción desempeña un papel clave en la estrategia corporativa, desarrollando competencias y capacidades superiores a las de los demás competidores. En esta última etapa, la empresa global ha de conseguir lo que se denomina producción de clase mundial.

Para saber si se ha alcanzado ese elevado nivel, Gunn propone tres indicadores en los que la empresa en cuestión debe destacarse netamente sobre los competidores:

1. La tasa de rotación de inventarios (materias primas y productos terminados).
2. La tasa de productos defectuosos (medida en partes por millón).
3. El tiempo estándar de fabricación.

Hayes, entre otros autores, propone otros indicadores, un tanto más subjetivos, pero igualmente sugerentes:

1. Sus trabajadores y directivos son codiciados por otras empresas, debido a su cualificación.
2. Los proveedores de equipos buscan permanentemente el asesoramiento de la empresa.
3. Responde a las fluctuaciones de los mercados (cantidades, precios, nuevos productos) más rápidamente que los demás.
4. Interconecta el diseño de productos con su proceso de fabricación.
5. Mejora continuamente las instalaciones, los sistemas de apoyo y las capacidades.

Las empresas que han alcanzado ese nivel de excelencia en su producción parecen regirse por los siguientes principios, según Schroeder:

1. Ponen en primer término al cliente.
2. Son conscientes de la importancia de la calidad.
3. Practican la producción justo-a-tiempo.
4. Destacan el papel de la innovación tecnológica.
5. Son dirigidas con una óptica de largo plazo.
6. Se orientan a la acción. (Arnoletto, 2006, pág. 23)

Finalmente, Domínguez Machuca señala las siguientes características:

1. El proceso de mejora continua.
2. El máximo aprovechamiento de los recursos humanos.
3. El énfasis en la calidad.
4. La consecución de un flujo de fabricación continuo, uniforme y rápido.
5. Reconocer la importancia de la planificación y aplicarla. (Arnoletto, 2006, pág. 24)

1.6. El sistema de producción

Para lograr una adecuada descripción del sistema de producción hemos optado por un Enfoque de Sistemas, y adoptamos la definición de Domínguez Machuca cuando concibe a la empresa como “un sistema complejo y abierto, en el que los distintos subsistemas y elementos están convenientemente interrelacionados y organizados, formando un todo unitario y desarrollando una serie de funciones que pretenden la consecución de los objetivos globales de la firma”.

Este enfoque sistémico funcional plantea que los distintos elementos se agrupan en subsistemas homogéneos, según el tipo de función que desarrollan. Se aclara que este modelo es una simplificación, una abstracción, de valor predominantemente didáctico para esta primera aproximación al tema, y que no pretende negar la existencia de otros enfoques, ni de la existencia de elementos disfuncionales y hasta anti sistémicos en el seno de las organizaciones reales. Consideraremos la existencia de los siguientes subsistemas, dentro del sistema empresa:

1. Subsistema comercial, que según algunos autores es el que en verdad diferencia a las empresas de otros tipos de organizaciones.
2. Subsistema de producción (o de operaciones), que es el que produce u obtiene los bienes y servicios para satisfacer la demanda.
3. Subsistema de inversión / financiación, que se ocupa de proporcionar y administrar los recursos de capital necesarios para las inversiones en activo fijo como en circulante.
4. Subsistema de dirección y gestión, que penetra a los anteriores a nivel estratégico, táctico y operativo.
5. Subsistema de recursos humanos, que proporciona el personal necesario a todo el sistema de la empresa.
6. Subsistema de información, que es como un tejido nervioso que enlaza a todas las áreas entre sí y con el entorno. (Arnoletto, 2006, pág. 25)

1.6.1. La producción como sistema

El subsistema de producción (o de operaciones, en otra terminología) tiene por misión la obtención de los bienes y servicios que deberán satisfacer las necesidades detectadas por el subsistema comercial y/o generadas por el departamento de investigación y desarrollo. Esa misión se da tanto en empresas industriales como de servicio, siempre según un proceso que convierte insumos en exumos de acuerdo a los objetivos que tenga la empresa.

La configuración del subsistema de producción comienza con la definición de objetivos a largo plazo, acordes con los objetivos globales de la empresa, y el diseño de estrategias acordes. De acuerdo a esos objetivos y estrategias debe diseñarse el subsistema de producción. (Arnoletto, 2006, pág. 25)

1.6.2. Partes y funciones del sistema de operaciones

En este acápite se pueden reconocer dos niveles: un nivel estratégico, que se refiere a los objetivos a largo plazo para los que se diseña el subsistema, y un nivel táctico y operativo, vinculado con el mediano, corto y muy corto plazo. Los organismos y funciones que se permiten realizar son:

1. La planificación de la producción y la capacidad (a mediano plazo).
2. La programación de la producción y la capacidad (a corto plazo).
3. La ejecución de la producción (a muy corto plazo).

Esto implicara otra tarea fundamental, la planificación y control de inventarios, tanto de materias primas como de materiales de proveedores; de elementos en curso de fabricación y de productos terminados. (Arnoletto, 2006, pág. 26)

1.6.3. El sistema de control

Si no hay un buen sistema de planificación no puede haber un sistema de control, cuya tarea principal no es, como a veces se supone, castigar los errores o encontrar culpables, sino detectar y corregir lo antes posible las desviaciones respecto de los objetivos marcados, realimentando el sistema con información que lo mantenga en el rumbo previsto.

Para esto es fundamental la articulación con el subsistema de información, que capta los datos necesarios y los transforma en información utilizable por los distintos niveles de la organización. Según Firmin y Linn, el funcionamiento del subsistema de información puede resumirse así:

1. Percepción o recolección de datos internos y externos.
2. Registro y almacenamiento de los datos.
3. Recuperación de los datos almacenados.
4. Procesamiento o transformación de los mismos en información adecuada a los requerimientos.
5. Transmisión de los flujos de información en el seno de la empresa y hacia el exterior.
6. Presentación de la información requerida.

El desarrollo de la Informática ha permitido procesar los datos con una velocidad y precisión que antes eran impensables, lo que permite disponer de información en tiempo real y hace que el control pueda tomar en muchos casos un carácter preventivo o al menos, de inmediata aplicación ante cualquier problema que aparezca. (Arnoletto, 2006, pág. 26)

1.6.4. El campo de la Administración de la Producción

Según algunas ideas de Chase, Aquilano y Jacobs, se puede decir que la Administración de la Producción, también llamada Administración o Gerencia de Operaciones (en inglés, “Operations Management”, OM) puede ser definida como “el diseño, la operación y el mejoramiento de los sistemas de producción que crean los bienes o servicios primarios de la compañía” (Arnoletto, 2006, pág. 26)

Es un área funcional de la empresa, con responsabilidades y funciones gerenciales de línea (no-staff) similar en esta condición a otras áreas como Marketing o Finanzas. No debe ser confundida con las herramientas o métodos que emplea para realizar su tarea.

Ese papel gerencial, distintivo y propio de la administración de la producción se expresa sobre todo en el tipo de decisiones estratégicas (a largo plazo), tácticas (a mediano plazo) y operativas (de corto plazo) que se toman.

El mercado configura la estrategia corporativa, que a su vez encuadra a la estrategia financiera (que trata de identificar la mejor manera de usar los recursos financieros); la estrategia de marketing (que aborda el modo en que se piensa distribuir y vender los productos y servicios) y la estrategia de operaciones (que especifica la manera en que la empresa piensa utilizar sus capacidades de producción para dar soporte a la estrategia corporativa). (Arnoletto, 2006, pág. 27)

Capítulo dos: Formulación y resolución de modelos de programación lineal

La Programación Lineal (PL de ahora en adelante), es una técnica desarrollada para modelar y resolver cierto tipo de problemas de optimización, entendida esta como la ciencia de seleccionar la mejor entre muchas decisiones, en un contexto específico.

Los modelos de programación lineal están conformados por una función lineal denominada objetivo y un conjunto de restricciones lineadas expresadas en forma inecuaciones y/o ecuaciones. Ellas forman un conjunto denominado región factible, para el cual se persigue la búsqueda de la mejor solución, llamada solución óptima, ya que no existe ninguna mejor que ella.

Este modelo es llamado Modelo de Programación Lineal (MPL). Existen diferentes métodos para resolverlos, unos están basados en la búsqueda de las soluciones mediante inspección de los puntos extremos del conjunto factible. Existen variaciones de estos métodos, según las características del MPL. Otros métodos están basados en la búsqueda de la solución partiendo de puntos inferiores del conjunto factible (Mazzei, 2001, pág. 3)

2.1. Formulación del problema

La PL es la herramienta básica más utilizada dentro de los métodos cuantitativos, debido tanto a su inmenso abanico de aplicaciones como a su simplicidad de implementación. Efectivamente, el desarrollo de la programación lineal, según muchos autores, ha representado uno de los avances científicos más importantes desde mediados del siglo XX. Actualmente, es una herramienta utilizada en muchos campos de la administración, la economía y la ingeniería.

El término programación tiene su origen en la planificación de las actividades que se realizan en una organización tal como una fábrica, un hospital, una compañía aérea o un organismo público, en donde hay un objetivo a optimizar. No se puede confundir el término con la “programación” en referencia a la preparación de una serie de órdenes e instrucciones de un lenguaje informático en un ordenador (Grijalva, 2009, pág. 73)

El objeto de la programación lineal es optimizar (minimizar o maximizar) una función lineal de n variables sujeto a restricciones lineales de igualdad o desigualdad. Más formalmente, se dice que un problema de programación lineal consiste en encontrar el óptimo (máximo o mínimo) de una función lineal en un conjunto que puede expresarse como la intersección de un número finito de hiperplanos y semiespacios

Lo que distingue un problema de programación lineal de cualquier otro problema de optimización es que todas las funciones que en él intervienen son lineales. Una única función no lineal hace que el problema no pueda clasificarse como problema de programación lineal

Los problemas lineales presentan propiedades que hacen posible garantizar el óptimo global:

1. Si la región factible está acotada, el problema siempre tiene una solución (ésta es una condición suficiente pero no necesaria para que exista una solución).
2. El óptimo de un problema de programación lineal es siempre un óptimo global.
3. Si x y y son soluciones óptimas de un problema de programación lineal, entonces cualquier combinación (lineal) convexa de los mismos también es una solución óptima.
4. La solución óptima se alcanza siempre, al menos, en un punto extremo de la región factible (Castillo, Conejo, Pedregal, García y Alguacil, 2002, pág. 75-77).

2.2. Problema de programación lineal en forma estándar

Dado que un Problema de Programación Lineal (PPL) puede plantearse de diversas formas, para unificar su análisis es conveniente transformarlo en lo que normalmente se llama forma estándar. A veces, esta transformación ha de realizarse antes de resolver el PPL y determinar el óptimo. Un problema de programación lineal se dice que está en forma estándar si y sólo si:

1. Es de minimización.
2. Sólo incluye restricciones de igualdad.
3. El vector b es no negativo.
4. Las variables x son no negativas. (Castillo *et al.*, 2002, pág. 80)

2.2.1. Transformación a la forma estándar

Cualquier PPL puede expresarse siempre en forma estándar sin más que llevar a cabo una serie de manipulaciones algebraicas:

1. Las variables no restringidas en signo se pueden expresar como diferencias de variables que sí están restringidas en signo, es decir variables no negativas. Si algunas (o todas) de las variables no están restringidas en signo, éstas se pueden expresar mediante sus partes positivas y negativa. Las partes positiva y negativa de la variable x_i , se definen como $x_i^+ = \max\{0, x_i\}$ y $x_i^- = \max\{0, -x_i\}$, respectivamente.

Se puede comprobar fácilmente que $x = x_i^+ - x_i^-$, $|x| = x_i^+ + x_i^-$ y que ambas x_i^+ y x_i^- son no negativas.

2. Las restricciones de desigualdad pueden convertirse en restricciones equivalentes de igualdad introduciendo nuevas variables que se denominan variables de holgura:

Si $a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{in}x_n \leq b_i$ entonces, existe una variable $x_{n+1} \geq 0$ tal que $a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{in}x_n + x_{n+1} = b_i$

Si $a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{in}x_n \geq b_i$ entonces, existe una variable $x_{n+1} \geq 0$ tal que $a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{in}x_n - x_{n+1} = b_i$

3. Un problema de maximización es equivalente a uno de minimización sin más que cambiar el signo de la función objetivo. En particular, maximizar $Z_{\max} = c^T x$ es equivalente a minimizar $Z_{\min} = -c^T x$ si ambos problemas han de cumplir las mismas restricciones. Se observa que ambos problemas alcanzan el óptimo en los mismos puntos, pero $Z_{\max} = -Z_{\min}$.
4. Una restricción con término independiente b no positivo puede reemplazarse por otra equivalente cuyo término independiente es no negativo. (Castillo *et al.*, 2002, pág. 81)

Se describen a continuación algunos ejemplos para ilustrar la transformación a la forma estándar.

Forma estándar. La forma estándar del problema de programación lineal: maximizar

$$Z = 2x_1 - 3x_2 + 5x_3$$

Sujeto a

$$x_1 + x_2 \leq 2$$

$$3x_1 + x_2 - x_3 \geq 3$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

Es: minimizar

$$Z = -2x_1 + 3x_2 - 5(x_6 - x_7)$$

Sujeto a

$$x_1 + x_2 + x_4 = 2$$

$$3x_1 + x_2 - (x_6 - x_7) - x_5 = 3$$

$$x_1, x_2, x_4, x_5, x_6, x_7 \geq 0$$

2.3. Soluciones básicas

Castillo *et al.* (2002) define, una submatriz no singular B de dimensión $m \times m$ de A se denomina matriz básica o base. B también se denomina matriz básica factible si y solo si $B^{-1}b \geq 0$ (p. 83).

Cada matriz básica tiene un vector asociado que se denomina solución básica. Sea x_B el vector de las variables asociadas a las columnas de A necesarias para construir B. Las variables x_B se denominan variables básicas y el resto se denominan variables no básicas. Asignando el valor cero a las variables no básicas

$$(B \ N) \begin{pmatrix} x_B \\ 0 \end{pmatrix} = b, \quad Bx_B = b, \quad x_B = B^{-1}b$$

donde N es tal que $A = (B \ N)$. Por tanto, $B^{-1}b$ nos permite obtener la solución básica asociada a B. Si B es una matriz básica factible, su solución básica se dice que es factible.

El número de Soluciones Básicas Factibles (SBF's) de un problema de programación lineal acotado con un número finito de restricciones es siempre finito, y cada una se corresponde con un punto extremo de la región de factibilidad. (Castillo *et al.*, 2002, pág. 84)

2.3.1. Teorema de caracterización de puntos extremos

Este teorema establece la relación entre soluciones básicas factibles y puntos extremos. Sea $S = \{x : Ax = b, x \geq 0\}$, donde A es una matriz $m \times m$ de rango m , y b es un vector de dimensión m . Un punto x es punto extremo de S si y sólo si A puede descomponerse en (B, N) tal que $x = \begin{pmatrix} x_B \\ x_N \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} B^{-1}b \\ 0 \end{pmatrix}$ donde B es una matriz de dimensión $m \times m$ invertible que satisface $B^{-1}b \geq 0$. (Castillo *et al.*, 2002, pág. 84)

2.3.2. Teorema de propiedad fundamental de la programación lineal

Este teorema muestra por qué las soluciones básicas factibles son importantes. Si un problema de programación lineal tiene una solución óptima, es además una solución básica factible. La región factible de un problema de programación lineal en forma estándar no contiene un espacio vectorial debido a las restricciones $x \geq 0$.

Demostración. Una región poliédrica siempre puede escribirse como

$$x = \sum_i \rho_i v_i + \sum_j \pi_j w_j + \sum_k \lambda_k q_k$$

Donde $\rho_i \in \mathbb{R}$, $\pi_j \in \mathbb{R}^+$, y $0 \leq \lambda_k \leq 1$; $\sum_k \lambda_k = 1$. La región factible de un problema de programación lineal en forma estándar no contiene un espacio vectorial debido a las restricciones $x \geq 0$. En este caso especial, el conjunto poliédrico puede escribirse como suma de un polítopo y un cono; siendo el conjunto mínimo de generadores del cono el conjunto de direcciones extremas.

Por tanto, el valor de la función objetivo a minimizar $Z = c^T x$ se puede expresar como (Castillo *et al.*, 2002, pág. 84)

$$Z = c^T x = \sum_j \pi_j c^T w_j + \sum_k \lambda_k c^T q_k$$

Para que este problema tenga solución acotada, ha de cumplirse que $c^T w_j \geq 0, \forall j$. Si no es así, el valor de la función objetivo puede disminuirse tanto como se quiera sin más que seleccionar valores adecuados para $\pi_j = 0$ y/o λ_k . Por tanto, el valor de la función objetivo pasa a ser

$$Z = c^T x = \sum_k \lambda_k c^T q_k$$

Que alcanza el mínimo para $\lambda_s = 1$ para algún s tal que $c^T q_s = \min(c^T q_1, \dots, c^T q_r)$ donde r es el número de puntos extremos. Lo anterior implica que el mínimo se alcanza en uno de los puntos extremos $\{q_1, \dots, q_r\}$ y, empleando el teorema de caracterización de puntos extremos, el punto es una solución básica factible (Castillo *et al.*, 2002, pág. 85)

2.4. Sensibilidades

En PL, los parámetros (datos de entrada) del modelo pueden cambiar dentro de ciertos límites sin que cambie la solución óptima. Esto se conoce como análisis de sensibilidad. La cual tiene por objetivo identificar el impacto que resulta en los resultados del problema original luego de determinadas variaciones en los parámetros, variables o restricciones del modelo (Salas, 2018).

A partir de la solución de un PPL se puede extraer información muy relevante sobre sensibilidades. Esto se pone de manifiesto en lo que sigue. Sea B^* la base óptima; entonces

$$\begin{aligned} x_B^* &= (B^*)^{-1}b \\ z^* &= c_B^T x_B^* \end{aligned} \tag{2.1}$$

Considérese un cambio marginal (es decir, un cambio que no modifica la base) en el vector de términos independientes b :

$$b^* \rightarrow b^* + \Delta b$$

Este cambio en el vector de términos independientes da lugar a cambios en el minimizador y en el valor óptimo de la función objetivo:

$$\begin{aligned} x_B^* &\rightarrow x_B^* + \Delta x_B \\ z^* &\rightarrow z^* + \Delta z \end{aligned}$$

Puesto que las ecuaciones (2.1) son lineales, se puede escribir

$$\Delta x_B = (B^*)^{-1} \Delta b$$

$$\Delta z = c_B^T (B^*)^{-1} \Delta b$$

Combinando las ecuaciones anteriores, se obtiene

$$\Delta z = c_B^T \Delta x_B = c_B^T (B^*)^{-1} \Delta b$$

$$\lambda^{*T} = c_B^T (B^*)^{-1}$$

Definiendo la ecuación anterior pasa a (Castillo et al., 2002, pág. 85)

$$\Delta z = \lambda^{*T} \Delta b$$

Y para una coordenada arbitraria j , la expresión anterior tiene la forma

$$\lambda_j^* = \frac{\Delta z}{\Delta b_j}$$

Que indica que λ_j^* proporciona el cambio en el valor óptimo de la función objetivo como resultado de un cambio marginal en la componente j del vector de términos independientes b . Estos parámetros de sensibilidad juegan un papel fundamental en aplicaciones de ingeniería y ciencias. (Castillo *et al.*, 2002, pág. 86)

El objetivo principal del análisis de sensibilidad es identificar el intervalo permisible de variación en los cuales las variables o parámetros pueden fluctuar sin que cambien la solución óptima. Sin embargo, también se identifican aquellos parámetros sensibles, es decir, los parámetros cuyos valores no pueden cambiar sin que cambien la solución óptima.

Los investigadores de operaciones tienden a prestar bastante atención a aquellos parámetros con holguras reducidas en cuanto a los cambios que pueden presentar, de forma que se vigile su comportamiento para realizar los ajustes adecuados según corresponda, y evitar que estas fluctuaciones puedan desembocar en una solución no factible.

A modo general, cuando se realiza un análisis de sensibilidad a una solución óptima se debe verificar cada parámetro de forma individual, dígame los coeficientes de la función objetivo y los límites de cada una de las restricciones. En ese sentido, se plantea el siguiente procedimiento:

1. Revisión del modelo: Se realizan los cambios que se desean investigar en el modelo.

2. Revisión de la tabla final simplex: Se aplica el criterio adecuado para determinar los cambios que resultan en la tabla final simplex.
3. Conversión a la forma apropiada: Se convierte la tabla en la forma apropiada para identificar y evaluar la solución básica actual, para la cual se aplica una metodología de eliminación si es necesario.
4. Prueba de factibilidad: Se prueba la factibilidad de esta solución mediante la verificación de que todas las variables básicas de la columna del lado derecho aun tengan valores no negativos.
5. Prueba de optimalidad: Se verifica si esta solución es óptima y factible, mediante la comprobación de que todos los coeficientes de las variables no básicas permanecen no negativos.
6. Re optimización: si esta solución no pasa una de las pruebas indicadas en los puntos 4 y 5 anteriores, se procede a buscar la nueva solución óptima a partir de la tabla actual como tabla simplex inicial. (Casado, 2014)

2.5. Dualidad

Tras formular el problema dual de un problema de programación lineal, se establece la relación matemática entre ambos. Se emplean diversos ejemplos para ilustrar el importante concepto de la dualidad. Dado un problema de programación lineal, denominado problema primal, existe otro problema de programación lineal, denominado problema dual, íntimamente relacionado con él.

Se dice que ambos problemas son mutuamente duales. Bajo ciertas hipótesis, los problemas primal y dual dan lugar al mismo valor óptimo de la función objetivo, y por tanto se puede resolver indirectamente el problema primal resolviendo el problema dual. Esto puede suponer una ventaja computacional relevante.

Dado el problema de programación lineal minimizar

$$Z = c^T x$$

sujeto a

$$Ax \geq b$$

$$x \geq 0$$

su problema dual es maximizar

$$Z = b^T y$$

sujeto a

$$A^T y \leq c$$

$$y \geq 0$$

donde $y = (y_1, \dots, y_m)^T$ se denominan variables duales.

Se denomina al primer problema “problema primal”, y al segundo, su dual. Obsérvese que los mismos elementos (la matriz A, y los vectores b y c) configuran ambos problemas. El problema primal no se ha escrito en forma estándar, sino en una forma que nos permite apreciar la simetría entre ambos problemas, y mostrar así que el dual del dual es el primal. (Castillo *et al.*, 2002, pág. 86)

La dualidad es una relación simétrica, esto es, si el problema D es el dual del problema P, entonces P es el dual de D. Para comprobarlo, se escribe el problema dual anterior como un problema de minimización con restricciones de la forma \geq . Minimizar

$$Z = -b^T y$$

sujeto a

$$-A^T y \geq -c$$

$$y \geq 0$$

Entonces, su dual es maximizar

$$Z = -c^T x$$

sujeto a

$$-Ax \leq -b$$

$$x \geq 0$$

que es equivalente al problema primal original.

Como se puede observar, cada restricción del problema primal tiene asociada una variable del problema dual; los coeficientes de la función objetivo del problema primal son los términos independientes de las restricciones del problema dual y viceversa; y la matriz de restricciones del problema dual es la traspuesta de la matriz de restricciones del problema primal. Además, el problema primal es de minimización y el dual de maximización. (Castillo *et al.*, 2002, pág. 87)

2.5.1. Obtención del dual a partir del primal en forma estándar

Se obtiene el problema dual a partir del problema primal en forma estándar. Para hacer esto basta con aplicar las relaciones primal – dual de la sección 2.5. Considérese el PPL minimizar

$$Z = c^T x$$

Sujeto a

$$Ax = b$$

$$x \geq 0$$

La igualdad $Ax = b$ puede reemplazarse por las desigualdades $Ax \geq b$ y $-Ax \geq -b$. Entonces, puede escribirse el problema como: minimizar

$$Z = c^T x$$

Sujeto a

$$\begin{pmatrix} A \\ -A \end{pmatrix} x \geq \begin{pmatrix} b \\ -b \end{pmatrix}$$

$$x \geq 0$$

El dual de este problema es maximizar

$$Z = b^T y^{(1)} - b^T y^{(2)} = b^T y$$

donde $y = y^{(1)} - y^{(2)}$ no está restringida en signo. Sujeto a

$$(A^T - A^T) \begin{pmatrix} y^{(1)} \\ y^{(2)} \end{pmatrix} = A^T y \leq c$$

Esta es la forma del problema dual cuando el problema primal se expresa en forma estándar. (Castillo *et al.*, 2002, pág. 88)

2.5.2. Obtención del problema dual

Un problema de programación lineal tiene asociado un problema dual que puede formularse según las reglas siguientes.

Regla 1. Una restricción de igualdad en el primal (dual) hace que la correspondiente variable dual (primal) no esté restringida en signo.

Regla 2. Una restricción de desigualdad \geq (\leq) en el primal (dual) da lugar a una variable dual (primal) no negativa.

Regla 3. Una restricción de desigualdad \leq (\geq) en el primal (dual) da lugar a una variable dual (primal) no positiva.

Regla 4. Una variable no negativa primal (dual) da lugar a una restricción de desigualdad \leq (\geq) en el problema dual (primal).

Regla 5. Una variable primal (dual) no positiva da lugar a una restricción de desigualdad \geq (\leq) en el problema dual (primal).

Regla 6. Una variable no restringida en signo del problema primal (dual) da lugar a una restricción de igualdad en el dual (primal). (Castillo *et al.*, 2002, pág. 88)

Ejemplo de problema dual. El dual del problema de programación lineal minimizar

$$Z = x_1 + x_2 - x_3$$

sujeto a

$$2x_1 + x_2 \geq 3$$

$$x_1 - x_3 = 2$$

$$x_3 \geq 0$$

es maximizar

$$Z = 3y_1 + 2y_2$$

Sujeto a

$$2y_1 + y_2 = 1$$

$$y_1 = 1$$

$$-y_2 \leq -1$$

$$y_1 \geq 0$$

Para obtenerlo se aplican las reglas anteriores de la forma siguiente:

Regla 1. Puesto que la segunda restricción del problema primal es de igualdad, la segunda variables dual y_2 no está restringida en signo.

Regla 2. Puesto que la primera restricción del problema primal es de desigualdad \geq , la primera variable dual y_1 es no negativa.

Regla 3. Puesto que la tercera variable primal x_3 está restringida en signo, la tercera restricción dual es de desigualdad \leq .

Regla 4. Puesto que las variables primales primera y segunda x_1 y x_2 no están restringidas en signo, las restricciones duales primera y segunda son de igualdad.

Aplicando las mismas reglas, se puede obtener el problema primal del dual, lo que se muestra a continuación:

Regla 1. Dado que las restricciones primera y segunda del problema dual son de igualdad, las variables primales primera y segunda x_1 y x_2 no están restringidas en signo.

Regla 2. Dado que al tercer restricción del problema dual es de desigualdad \leq , la tercera variable primal x_3 es no negativa.

Regla 3. Dado que la primera variable dual y_1 está restringida en signo, la primera restricción primal es de desigualdad \geq .

Regla 4. Puesto que la segunda variable dual y_2 no está restringida en signo, la segunda restricción primal es de igualdad. (Castillo *et al.*, 2002, pág. 89)

2.5.3. Teoremas de dualidad

Un teorema de dualidad es una proposición teórica, que incorpora una verdad, que es comprobada por otros conjuntos de teorías o fórmulas. Consideremos los siguientes problemas primal (P) y dual (D) en su formato matricial:

$$\begin{aligned} \text{(Primal) Max} \quad & c^T x \\ & Ax \leq b \\ & x \geq 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(Dual) Min} \quad & b^T y \\ & A^T y \geq c \\ & y \geq 0 \end{aligned}$$

Teorema de la dualidad débil

En este teorema se establece que el valor que reporta una solución factible del problema dual de minimización al ser evaluada en su respectiva función objetivo, representa una cota superior del valor óptimo del problema primal de maximización.

Esto quiere decir que una solución factible del problema primal de maximización al ser evaluada en dicha función objetivo representa una cota inferior del valor óptimo del problema dual de minimización. Sea P un PPL, y D su dual. Sea x una solución factible de P e y una solución factible de D. Entonces (Castillo *et al.*, 2002, pág. 89)

$$b^T y \leq c^T x$$

La demostración es sencilla. Si x e y son factibles respectivamente para P y D, entonces

$$Ax = b, \quad x \geq 0, \quad A^T y \leq c$$

Obsérvese que, debido a la no negatividad de x ,

$$b^T y = x^T A^T y \leq x^T c = c^T x$$

Por tanto, todas las desigualdades son de hecho igualdades y x e y deben ser soluciones óptimas de P y D respectivamente, tal como establecía la hipótesis inicial. El teorema de dualidad fuerte establece que los problemas P y D tienen, en general, soluciones óptimas simultáneamente.

Si \tilde{x} es una solución óptima de P, existe una solución óptima de \tilde{y} para D, y el mínimo de P y el máximo de D presentan el mismo valor de la función objetivo $b^T \tilde{y} = c^T \tilde{x}$.

Recíprocamente, si \tilde{y} es una solución óptima de D, existe una solución óptima de P, \tilde{x} , y nuevamente los valores mínimo y máximo de P y D dan lugar a un valor común de la función objetivo $b^T \tilde{y} = c^T \tilde{x}$. En otro caso, o un conjunto factible está vacío o lo están los dos.

En resumen, si P es un PPL y D es su dual, una de las siguientes afirmaciones es cierta:

1. Ambos problemas tienen solución óptima y los valores óptimos de las funciones objetivo respectivas coinciden.
2. Uno de los problemas no está acotado y el otro tiene una región factible vacía.

(Castillo *et al.*, 2002, pág. 90)

2.6. El conjunto de soluciones factibles

Un problema de programación matemática consta de los siguientes elementos: datos, variables, restricciones y función a optimizar. Un PPL se dice que está bien formulado si tiene una solución acotada. Si no tiene solución es porque está restringido en exceso. Por tanto, para que el problema esté bien formulado es crucial que las restricciones se elijan adecuadamente.

Las restricciones son el conjunto de condiciones que toda solución candidata a óptima debe cumplir. Estas condiciones están asociadas a la realidad física, económica o de ingeniería en la que surge el problema. Este conjunto de restricciones define el conjunto factible, esto es, el conjunto de soluciones que satisfacen las restricciones. Este conjunto tiene interés en sí mismo ya que engloba todas las soluciones que son de interés real y entre las que están las soluciones óptimas.

Anteriormente nos hemos centrado en determinar la solución óptima de una función objetivo cumpliendo un conjunto de restricciones. Esto implica seleccionar de entre todos los vectores que cumplen las restricciones, aquél que maximiza la función objetivo.

Por tanto, los métodos previamente estudiados solo permiten determinar una única solución del problema, según el criterio (de maximización o minimización) que se establece a partir de la función objetivo.

Un conocimiento detallado de los problemas de programación matemática requiere un conocimiento preciso de las estructuras de las posibles regiones de factibilidad. Las restricciones a que da lugar un conjunto de igualdades y desigualdades lineales originan soluciones factibles que tienen la estructura de espacios vectoriales, politopos y poliedros. Por tanto, conocer estas estructuras algebraicas es importante para comprender el comportamiento de las soluciones de los problemas en los que intervienen (Ver tabla 2.2.). (Castillo *et al.*, 2002, pág. 99).

Tabla 2.2.

Estructuras surgidas de la resolución de sistemas lineales

Estructura algebraica	Definición en función de las restricciones	Representación interna
Espacio vectorial	$Hx = 0$	$x = \sum_i \rho_i v_i; \rho_i \in \mathbb{R}$
Espacio afín	$Hx = a$	$x = q + \sum_i \rho_i v_i; \rho_i \in \mathbb{R}$
Cono	$Hx \leq 0$	$x = \sum_j \pi_j w_j; \pi_j \geq 0$
Politopo	$Hx \leq a$	$x = \sum_k \lambda_k q_k; \lambda_k \geq 0;$ $x = \sum_k \lambda_k = 1$
Poliedro	$Hx \leq a$	$x = \sum_i \rho_i v_i + \sum_j \pi_j w_j + \sum_k \lambda_k q_k;$ $\rho_i \in \mathbb{R}; \pi_j \geq 0; \lambda_k \geq 0; \sum_k \lambda_k = 1$

Fuente: (Castillo *et al.*, 2002, pág. 100)

Como se muestra en la Tabla 2.2, el conjunto de soluciones factibles puede escribirse de dos maneras:

1. Mediante un conjunto de restricciones y
2. Mediante una representación interna.

La representación mediante restricciones es la forma natural en la que se formula el problema. Sin embargo, partiendo de esta formulación no es fácil encontrar soluciones factibles. De hecho, no es fácil encontrar un vector x que satisfaga las restricciones. Por el contrario, la representación interna permite generar todas las soluciones factibles sin más que encontrar los valores apropiados de los coeficientes. (Castillo *et al.*, 2002, pág. 100)

2.7. Conos poliédricos convexos

Los conos poliédricos convexos se caracterizan por obtenerse mediante combinaciones lineales no negativas de vectores.

Combinación lineal no negativa. Se dice que un vector x es una combinación lineal no negativa de los vectores $A = \{a_1, \dots, a_k\}$ si y sólo si

$$x = \pi_1 a_1 + \dots + \pi_k a_k$$

Donde $\pi_i \in \mathbb{R}^+, \forall_i$, es un conjunto de números reales no negativos. Al conjunto de todas las combinaciones lineales no negativas del conjunto de vectores de A se le denomina A_π . (Castillo *et al.*, 2002, pág. 109)

Cono poliédrico convexo. Sea $A = \{a_1, \dots, a_k\}$. El conjunto

$$A_\pi \equiv \{x \in \mathbb{R}^n \mid x = \pi_1 a_1 + \dots + \pi_k a_k \text{ con } \pi_j \geq 0; j = 1, \dots, k\}$$

de todas las combinaciones lineales no negativas de los vectores de A se denomina cono poliédrico convexo. Los vectores a_1, \dots, a_k son los generadores del cono. En lo que sigue y por simplicidad se denominara a los conos poliédricos convexos simplemente conos. Por tanto, el conjunto C es un cono si y solo si existe un conjunto de vectores A tales que $C = A_\pi$.

Obsérvese que “conos convexos” y “conos poliédricos convexos” son conceptos diferentes, y que los generadores del cono son a su vez direcciones del cono.

Un cono C que no es un sub espacio vectorial es el resultado del empleo de variables restringidas en signo (no negativas o no positivas). Se define la forma general del cono poliédrico convexo a los generadores $A = (a_1, \dots, a_m)$ del cono A_π , pueden clasificarse en dos grupos:

1. Generadores cuyos vectores opuestos pertenecen al cono:

$$B \equiv \{a_i \mid -a_i \in A_\pi\}$$

2. Generadores cuyos vectores opuestos no pertenecen al cono:

$$C \equiv \{a_i \mid -a_i \notin A_\pi\}$$

Por tanto, el cono puede expresarse de la manera siguiente:

$$A_\pi \equiv (B : -B : C)\pi \equiv B_\rho + C_\pi$$

que se conoce como la forma general de un cono.

El teorema siguiente muestra que el conjunto de todas las soluciones factibles de un sistema homogéneo de desigualdades lineales es un cono, y que todo cono puede expresarse como un sistema homogéneo de desigualdades lineales. (Castillo *et al.*, 2002, pág. 110)

Teorema de representación de un cono. Sea S un subconjunto de \mathbb{R}^n . El conjunto S es un cono con origen en 0 si y solo si existe una matriz H de dimensión $m \times n$, tal que

$$S = \{x \in \mathbb{R}^n | Hx \leq 0\}$$

Ejemplo 2.7.1.1

Conjunto de soluciones factibles de un sistema homogéneo lineal de desigualdades. La solución general del sistema lineal de desigualdades:

$$x_1 - x_2 - x_4 \leq 0$$

$$x_1 - x_3 + x_4 \leq 0$$

$$x_2 - x_3 + 2x_4 \leq 0$$

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{pmatrix} = p^1 \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} + p^2 \begin{pmatrix} -1 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + \pi^1 \begin{pmatrix} -1 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + \pi^2 \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$p^1, p^2 \in \mathbb{R}; \pi^1, \pi^2 \in \mathbb{R}^+$$

La obtención de los generadores de un cono es compleja, pero puede hacerse mediante el empleo del cono dual. Se dispone de 4 grados de libertad (p^1 , p^2 , π^1 y π^2) para generar las soluciones; sin embargo, dos de los coeficientes (π^1 y π^2) deben ser no negativos. Obsérvese que un cono se expresa como la suma de un espacio vectorial y un cono propio (un cono cuya componente de espacio vectorial no existe), esto es, en su forma general.

Un espacio vectorial A_p es un caso particular de cono: $A_p \equiv (A : -A) \pi$, donde $-A$ es el negativo de A . Lo anterior significa que un espacio vectorial es un cono generado por sus generadores y los vectores opuestos de estos generadores.

La expresión muestra que el concepto de cono es más amplio que el concepto de espacio vectorial y, lo que es más importante, permite el empleo de métodos específicos asociados a los conos, en vez de los métodos clásicos del álgebra lineal.

Los métodos específicos asociados a conos son más eficientes ya que el concepto de cono es más amplio que el concepto de espacio vectorial. (Castillo *et al.*, 2002, pág. 111)

2.8. Politopos

Se dice que un vector x es una combinación lineal convexa de los vectores de $A = \{a_1, \dots, a_k\}$ si y sólo si $x = \lambda_1 a_1 + \dots + \lambda_k a_k$, donde $\lambda_i \in \mathbb{R}^+, \forall_i$ y $\sum_{i=1}^k \lambda_i = 1$.

El conjunto de todas las combinaciones lineales convexas de los vectores de A se denomina $A\lambda$.

Politopo. Sea $A = \{a_1, \dots, a_k\}$. El conjunto

$$S = A_\lambda \equiv \{x \in \mathbb{R}^n | x = \lambda_1 p_1 + \dots + \lambda_k p_k \text{ con } \lambda_i \geq 0; \sum_{i=1}^k \lambda_i = 1\}$$

de todas las combinaciones lineales convexas de los vectores de A se denomina politopo o envoltura convexa generada por $\{a_1, \dots, a_k\}$. Si el conjunto de vectores $\{a_1, \dots, a_k\}$ es mínimo, se trata del conjunto de los k puntos extremos de S .

La figura 2.1. muestra dos ejemplos de politopos convexos. El caso "a", es un tetraedo dado que los puntos asociados con los generadores a_1, a_2, a_3 y a_4 no están en el mismo plano. Sin embargo, en el caso "b", los puntos están en el mismo plano y el politopo degenera en un cuadrilátero.

El teorema siguiente muestra que cualquier politopo se puede expresar como un sistema lineal completo de desigualdades. (Castillo *et al.*, 2002, pág. 112)

Un politopo S puede expresarse como la intersección de un conjunto finito de semiespacios:

$$S = \{x \in \mathbb{R}^n | Hx \leq b\}$$

Ejemplo 2.8.1.2

Considérese el politopo definido por el conjunto de desigualdades

$$-x_1 - x_2 \leq 0$$

$$x_1 - x_2 \leq 1$$

$$-x_1 + x_2 \leq 0$$

$$x_1 + x_2 \leq 1$$

Figura: Dos ejemplos de politopos convexos.

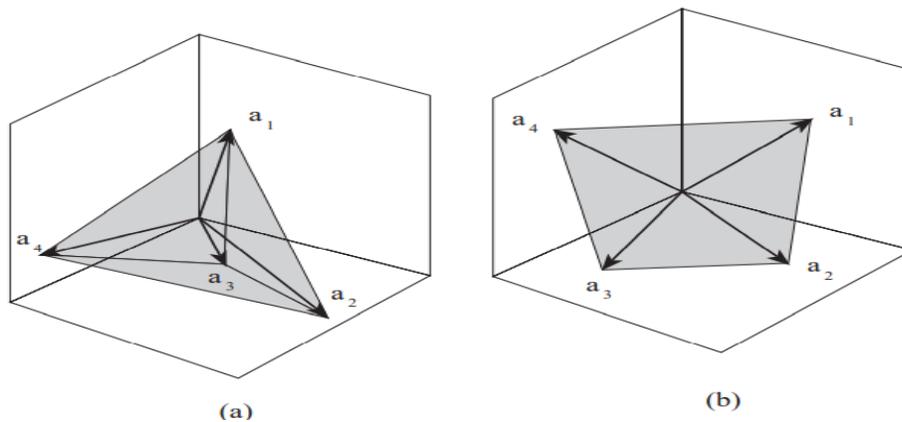


Figura 2.1. Fuente: (Castillo *et al.*, 2002, pág. 113)

Por tanto, S se puede representar mediante

$$\begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \end{pmatrix} = \lambda_1 \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} + \lambda_2 \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \\ \frac{1}{2} \end{pmatrix} + \lambda^3 \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + \lambda^4 \begin{pmatrix} \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} \\ -1 \\ \frac{1}{2} \end{pmatrix}$$

Donde

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 = 1$$

$$\lambda_1 \geq 0$$

$$\lambda_2 \geq 0$$

$$\lambda_3 \geq 0$$

$$\lambda_4 \geq 0 \text{ (Castillo } et al., 2002, \text{ pág. 113)}$$

2.9. Poliedro

Un poliedro es la intersección de un número finito de semi espacios:

$$S = \{x \in \mathbb{R}^n | Hx \leq b\}$$

Si S está acotado, S es un politopo.

La expresión muestra que el conjunto de todas las soluciones factibles de un conjunto de desigualdades es un poliedro. (Castillo *et al.*, 2002, pág. 113)

Ejemplo (representación de conjuntos poliédricos). La solución del sistema lineal de desigualdades

$$\begin{aligned}x_1 - x_2 + x_4 &\leq 3 \\x_1 - x_3 + x_4 &\leq 1 \\x_2 - x_3 + 2x_4 &\leq 0\end{aligned}$$

Puede obtenerse utilizando el algoritmo T, y es el poliedro

$$\begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \\ x^3 \\ x^4 \end{pmatrix} = \lambda_1 \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + \lambda_2 \begin{pmatrix} 1 \\ -2 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + \pi_1 \begin{pmatrix} -1 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + \pi_2 \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \\ + \pi_3 \begin{pmatrix} -1 \\ -2 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} + \pi_4 \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix}$$

Donde

$$\begin{aligned}\lambda_1 + \lambda_2 &= 1 \\ \lambda_1, \lambda_2 &\geq 0 \\ \pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4 &\geq 0\end{aligned}$$

Esta representación tiene 6 grados de libertad ($\lambda_1, \lambda_2, \pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4$) en lo que se refiere a generar soluciones. Obsérvese que un poliedro se expresa como la suma de un politopo y un cono.

El conjunto de restricciones de un PPL define un poliedro. Casos particulares de poliedros son los espacios vectoriales, los conos y los politopos (ver figura 2.2). El teorema siguiente muestra que cualquier poliedro puede escribirse como suma de estas tres estructuras básicas.

Figura: Estructuras surgentes de la resolución de un sistema lineal.

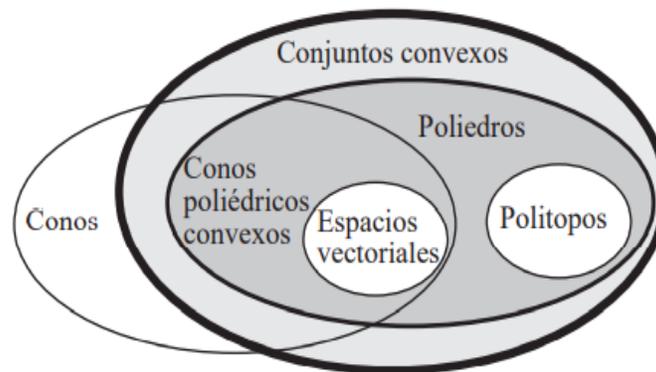


Figura 2.2. Fuente: (Castillo *et al.*, 2002, pág. 116)

Representación general de los poliedros. Cualquier poliedro S se puede expresar como la suma de un espacio vectorial, un cono y un politopo: $S = V\rho + W\pi + Q\lambda$. Esto quiere decir que $x \in S$ si y sólo si x se puede expresar como

$$x = \sum_i \sum_j P_i v_i + \sum_j \pi_j w_j + \sum_k \lambda_k q_k; P_i \in \mathbb{R}; \pi_j \geq 0; \lambda_k \geq 0; \sum_k \lambda_k = 1$$

Si el espacio vectorial no existe, el conjunto mínimo de generadores del cono y del politopo está compuesto por los conjuntos de direcciones extremas y de puntos extremos, respectivamente. En este caso, el conjunto de direcciones extremas es W , y el conjunto de puntos extremos es Q . (Castillo *et al.*, 2002, pág. 115)

2.10. PPL acotado y no acotado

Este capítulo concluye mostrando la relación entre la estructura de la región factible de un PPL y su carácter acotado o no acotado. Considérese el problema siguiente.

Minimizar

$$Z = c^T x$$

Espacio vectorial. En este caso el valor de la función objetivo es

$$c^T x = \sum_i p_i c^T v_i$$

Que da lugar a un problema acotado si c^T es ortogonal a todos los vectores v_i . En otro caso, el problema no está acotado puesto que los valores de p_i pueden elegirse tan grandes como se quiera. (Castillo *et al.*, 2002, pág. 115)

Cono. En este caso el valor de la función objetivo es

$$ctx = \sum_j \pi_j c^t w_j; \pi_j \geq 0$$

que da lugar a un problema acotado solo si c^T es ortogonal a todos los vectores w_j ; es un problema acotado por abajo solo si $c^T w_j \geq 0; \forall j$, y por arriba, si $c^T w_j \leq 0; \forall j$. En cualquier otro caso, el problema es no acotado.

Politopo. En este caso el valor de la función objetivo es

$$c^T x = \sum_k \lambda_k c^T q_k; \lambda_k \geq 0$$

que siempre da lugar a un problema acotado.

Poliedro. En este caso el valor de la función objetivo es

$$ctx = \sum_i p_i v_i + \sum_j \pi_j w_j + \sum_k \lambda_k c^t q_k$$

lo que da lugar a los siguientes casos:

1. Un problema es acotado solamente si c^T es ortogonal a todos los vectores v_i y w_j
2. Un problema es acotado inferiormente solamente si c^T es ortogonal a todos los vectores v_i y $c^T w_j \geq 0; \forall j$
3. Un problema es acotado superiormente solamente si c^T es ortogonal a todos los vectores v_i y $c^T w_j \leq 0; \forall j$
4. Un problema es no acotado en cualquier otro caso. (Castillo *et al.*, 2002, pág. 116)

Capítulo tres: La administración de la producción como ventaja competitiva

La administración de la producción se denomina como el área de la organización que se relaciona con los procesos y recursos productivos dentro de una empresa. Esta sección es la encargada de llevar a cabo los procedimientos de planeación, organización, dirección, control y optimización de los diferentes sistemas que proporcionan los bienes y servicios.

Es un área funcional de la empresa, con responsabilidades y funciones gerenciales de línea, similar en esta condición a otras áreas como marketing o finanzas. Ese papel gerencial, distintivo y propio de la administración de la producción se expresa sobre todo en el tipo de decisiones estratégicas (a largo plazo), tácticas (a mediano plazo) y operativas (de corto plazo) que se toman, la eficiencia de estas decisiones se verá reflejada en la rentabilidad del ente administrativo lo cual asegura una posición en el segmento de mercado en que se opere por encima de la competencia. (Arnoletto, 2006, pág. 27)

3.1. Frente a la competencia globalizada

Exportaciones e importaciones. Internacionalización, multinacionalización, globalización. La coordinación de redes multiplito. En el ámbito internacional, así como en el ámbito nacional impactado por la globalización, los nuevos problemas que debe enfrentar la administración de la producción se refieren a los siguientes temas principales:

La competencia globalizada, que abarca desde el problema de hacer frente en el mercado local a la presencia de productos o servicios competidores generados en otras partes del mundo, los problemas que plantean las posibilidades de exportación a otros países, la internacionalización, o sea la localización en otros países de plantas o sucursales de la propia empresa, o la búsqueda de socios locales de esos países para integrar mercados, la multinacionalización, que ya implica un grado mucho mayor de descentralización, especialización, etc., hasta llegar a la globalización, que ya supone una interacción prácticamente total en el mundo.

Y la interacción y coordinación de redes multiplantas, así como las adquisiciones y alianzas de inter-empresas.

Son muchos los factores que en nuestro tiempo han fortalecido la tendencia a la globalización de la economía. Entre ellos cabe citar:

1. La ventaja económica de la dispersión de las operaciones por las diferencias en las estructuras de costo de los diversos países.
2. La búsqueda de economías de escala y de alcance.
3. La aparición de nuevos mercados.
4. La privatización de servicios públicos.
5. La aparición de clientes internacionales que reclaman servicios de ese alcance.
6. Las medidas gubernamentales que hacen atractivas las inversiones.
7. Los desarrollos tecnológicos y de los transportes y comunicaciones que hacen posible la producción y la gestión dispersa de las actividades.
8. Ventajas en los transportes, las aduanas, los tipos de cambio.

Una estrategia global es una estrategia empresarial compleja, cuyo objetivo es optimizar el resultado final de la cadena del valor, tanto de las actividades primarias, vinculadas directamente al producto o servicio, como de las actividades secundarias o de apoyo.

Normalmente las ventajas de una estrategia global son de dos orígenes, existen las ventajas derivadas de la localización de las diversas actividades y las ventajas derivadas de la gestión global de las actividades.

Las dimensiones principales de una estrategia global se refieren, pues a dos aspectos, como lo es la configuración del sistema, o sea la distribución global de las actividades, y la coordinación del sistema, o sea la interacción de las actividades.

En un contexto global, las estrategias de operaciones se refieren principalmente al sistema de producción y define como se distribuirán por el mundo sus actividades productivas. Se trata, básicamente, de armar según ciertos criterios, la red de plantas que configurarán el sistema global:

1. Enfoque de proceso: Cada planta se especializa en una fase del proceso.
2. Enfoque de producto: Cada planta produce una gama reducida de productos con destino a todo el mercado global.

3. Enfoque de mercado: Cada planta produce los artículos más demandados en el mercado local.

Para una estrategia global de operaciones es fundamental asignar claramente la misión de cada planta dentro de dicha estrategia. Para esto se utilizan fundamentalmente dos criterios, como son la justificación de la creación de una planta, en función de sus posibilidades de acceso a los factores de producción, a la tecnología o los mercados, y el otro criterio es la cuantía del valor agregado, en función de la clase de actividades de producción que se realizan en ella.

En una estrategia global, los productos pueden diseñarse según el criterio de diversificación en cada mercado, buscando adaptar los productos a las necesidades de cada país; o según el criterio de competir con productos iguales o similares en todos los mercados.

La planificación de estas actividades globales es indudablemente muy compleja, porque tiene que considerar numerosos factores: las economías de escala, las economías de alcance, el costo de los envíos internacionales, las fluctuaciones de los tipos de cambio, las diferencias impositivas entre los diversos países, las limitaciones a los flujos del comercio internacional, los diversos costos de las plantas, etcétera, a fin de poder optimizar el valor agregado global.

Con respecto al aprovisionamiento global, existen dos criterios estratégicos principales para coordinar el suministro de materias primas y componentes:

Criterio 1. Comprar al proveedor que ofrezca los mejores precios en cada momento, aprovechando las diferencias de precios y las pujas competitivas entre mercados.

Criterio 2. Consolidar las compras ante pocos proveedores seleccionados, negociando las mejores condiciones de precio, calidad y entregas, a cambio de la seguridad de compras en volúmenes importantes por lapsos prolongados.

El aprovisionamiento global no significa que todo sea comprado en las oficinas centrales de la corporación. Lo habitual es una mezcla de suministros globales (para los ítems más importantes) y suministros locales a cargo de cada planta para el resto de los ítems.

Es conveniente destacar que el coste no es el único criterio decisivo de las compras. Hay otros factores a considerar: calidad, variedad, servicio, entrega, fiabilidad, seguridad. Hay que evitar los costos ocultos de los suministros aparentemente más baratos. Lo importante no es el precio a que se compra sino el costo del elemento instalado en el producto final y funcionando en manos del cliente.

Hay al menos tres mecanismos a los que las empresas pueden apelar para realizar un aprovisionamiento internacional para sus plantas:

1. Aprovisionamiento centralizado: Todos los componentes, o al menos los más importantes, son comprados por una oficina centralizada de compras de la corporación.
2. Aprovisionamiento como responsabilidad de las plantas líderes: La compra de componentes específicos se asigna a una planta principal, en general la que más consumo tiene de los mismos, la que los distribuye a las demás plantas de la corporación.
3. Aprovisionamiento por equipos independientes: Se forman equipos con representantes de las diversas plantas y funciones, con la responsabilidad de elegir proveedores y gestionar las compras para la corporación.

Con respecto a la gestión de la tecnología, hay dos aspectos principales a considerar, la creación del conocimiento técnico y su difusión. El problema estratégico de la creación del conocimiento técnico es la decisión sobre descentralizar o centralizar las actividades de investigación y desarrollo, y en su caso adónde ubicarlas. Hay factores que juegan en pro de una u otra actitud: la necesidad de mantener contacto con fabricación juega a favor de la descentralización; la conveniencia de mantener contacto con la alta dirección juega a favor de la centralización.

La difusión del conocimiento técnico generalmente se realiza por medio de alguna de las siguientes opciones: exportación de bienes, la inversión directa en el país receptor, las licencias de fabricación o los acuerdos entre empresas ("joint venture"). En muchos casos, el proceso de difusión tecnológica sigue el ciclo de vida del producto: un producto nace en un país rico, se desarrolla en el mismo, hasta que se produce en gran escala, en parte para exportación. Finalmente se produce localmente en los países que antes eran importadores.

Hay características de los servicios que presentan especiales trabas a la globalización, como la intangibilidad, que genera una sensación de mayor riesgo en la compra de servicios y le da mayor importancia a la confianza y prestigio de una marca o una firma; la simultaneidad de producción y consumo, con una mayor interacción entre cliente y proveedor, un requerimiento intensivo de mano de obra y en muchos casos la imposibilidad de almacenar los servicios; y la heterogeneidad, por la alta variabilidad del servicio, cuyo resultado depende siempre de quien lo presta. Por todo ello, los servicios suelen requerir:

1. Mayor interconexión entre las actividades primarias de su cadena de valor.
2. Mayor proximidad al mercado.
3. Fuerte coordinación o concentración de las actividades de apoyo.
4. Economías de escala en el área de Marketing.
5. Ventajas provenientes de una reputación mundial.
6. Ventajas provenientes de la automatización.

Hay diversas formas de internacionalizar los servicios, que dependen del grado en que intervienen productos físicos y del nivel de la interacción cliente - proveedor:

1. La exportación, cuando hay mucho contenido de producto y poco contacto.
2. La inversión directa, cuando hay mucho contacto y poco producto.
3. La tercerización, en casos intermedios. (Arnoletto, 2006, págs. 33 - 36)

3.2. Frente a las nuevas prioridades competitivas

Productividad, calidad, flexibilidad, anexión de servicios, actualización de la gama de productos y servicios. Otra familia de problemas, que se plantean tenga o no la empresa en cuestión una dimensión internacional, se refiere a las nuevas prioridades competitivas:

El aumento de la productividad. Esto en el trabajo, según factores tales como la evolución tecnológica, el capital invertido, la tasa de uso de la capacidad instalada, la cualificación de la mano de obra, la cualificación de la gestión, la organización de la producción y el uso de energías y materias primas.

Mejora de la calidad. Esta como cumplimiento de las especificaciones técnicas y como satisfacción de los requerimientos de los clientes.

La flexibilidad. Adaptabilidad o rapidez de respuesta a los requerimientos y sus variaciones, que permite acortar los tiempos de diseño y lanzamiento de productos, así como de entre de producto a los clientes.

Los servicios anexos al producto. Generalmente estos servicios anexos hacen la diferencia competitiva, tales como instalación, capacitación del personal, mantenimiento, garantía, seguro, entre otros.

Por último, dentro de las nuevas prioridades competitivas está la actualización de la gama de productos, sus precios y otras condiciones. (Arnoletto, 2006, pág. 37)

3.3. Frente a los nuevos requerimientos sociales

Atención al factor humano de la empresa. Responsabilidad social y ambiental. Manejo responsable de las nuevas tecnologías. Un tercer grupo de problemas se refiere más bien a las relaciones entre la empresa y la comunidad en la que está insertada, tales como:

La atención al factor humano, su capacitación, motivación, participación, trabajo en equipo, etc., ya que el personal de la empresa es la base indispensable para lograr un nivel consistente de calidad.

La responsabilidad social y ambiental de la empresa, que es un tema de importancia creciente, no solo por la necesidad de cumplir las normativas estatales sobre preservación del medio ambiente sino también porque la creciente organización y concientización de los consumidores tiende a volver muy arriesgado para las empresas ser ostensiblemente negligentes en estas cuestiones, y más a medida que se difundan las normas ISO 14000.

El manejo responsable de las nuevas tecnologías, que no son un remedio para todos los males, y cuya introducción inoportuna puede ser incluso altamente perjudicial. Hay que preparar con tiempo a la organización y a los hombres para implantar los nuevos sistemas.

Es un hecho conocido por todos que en las economías desarrolladas (y aún en las no tan desarrolladas) el sector servicios viene ocupando un papel de creciente importancia.

Habría una mayor inelasticidad al ingreso de la demanda de bienes primarios y secundarios que de la demanda de bienes terciarios (servicios). El aumento del nivel de vida en las economías desarrolladas produciría, pues, un cambio en las pautas de consumo, con incremento de la demanda de servicios y (relativo) detrimento de la fabricación.

Al mismo tiempo, el uso de las nuevas tecnologías eleva mucho la productividad de la mano de obra industrial, de modo que puede mantenerse e incluso elevarse la producción sin ocupar más personal, lo que genera un mercado de trabajo con una demanda sesgada hacia los servicios, tales como medios de comunicación, ocio, cultura, salud y bienestar físico, protección del medio ambiente, mejora de la calidad de vida y los llamados “servicios de proximidad”.

Incide también en ese incremento de los servicios la complementación entre producto y servicio, que aparece en el ámbito industrial como respuesta a los nuevos requerimientos de los clientes, que en definitiva otorgan al servicio el dominio de la cadena del valor de los productos, y lo convierten en una ventaja competitiva fundamental, lo que en el campo de nuestra disciplina lleva a la necesidad de diseñar y llevar a cabo una estrategia de operaciones enfocada en el servicio al cliente, más allá de la mera compra – venta de un producto. (Arnoletto, 2006, págs. 37 - 38)

3.4. ¿Qué se puede hacer frente al desafío competitivo?

La Comisión de Productividad Industrial realizó en 1985 las siguientes recomendaciones:

1. Poner menos énfasis en las inversiones financieras de corto plazo y priorizar las inversiones en investigación y desarrollo.
2. Revisar las estrategias corporativas para incluir respuestas a la competencia extranjera. Esto a su vez exige mayor inversión en personas y equipos, para mejorar la capacidad de manufactura.

3. Eliminar las barreras de comunicación en las organizaciones y reconocer la coincidencia de intereses con otras compañías y proveedores frente a la competencia internacional.
4. Reconocer que la fuerza laboral es un recurso que debe nutrirse y no solo un costo que debe evitarse.
5. Volver a lo básico en la administración de operaciones de producción. Incorporar la calidad en las etapas del diseño. Hacer más énfasis en innovaciones de procesos, en lugar de concentrar la atención exclusivamente en innovaciones de producto.

Sylvia Nasar, en un artículo titulado “La economía estadounidense, de nuevo en la cima” (en inglés, “The American economy, back on top”), publicado por el New York Times en febrero del 94, atribuye la expansión sin paralelo de la economía norteamericana a su alta productividad, que es la mayor del mundo: \$49,600 por trabajador y por año, \$5,000 más que los alemanes y \$ 10,000 más que los japoneses.

Esta productividad fue originada no solo por la inversión en nuevos equipos sino también por la realización de procesos de nacionalización y reingeniería, para volver a las empresas más competitivas, mediante cambios innovadores y traumáticos, impulsados por la recesión, la desregulación, la competencia, las adquisiciones hostiles y la nueva tecnología.

A su vez, James Womack, investigador del MIT, sostiene una tesis original: la mejora de la competitividad norteamericana no se debe a innovaciones originales sino a “ser copiadores muy efectivos”, estableciendo, sobre la base de la experiencia de otros, “equivalentes funcionales” que “perfeccionan incrementalmente” sus mejoras técnicas. Como los siguientes aspectos:

1. Gestión y estructura de equipos para desarrollar productos de mejor diseño y fabricabilidad, y más rápida llegada al mercado.
2. Mejor desempeño de las instalaciones de manufactura, con reducción de inventarios, espacio, herramientas y esfuerzo humano, y mejora de calidad y flexibilidad, en una “concentración del flujo del valor” inspirada en el JIT (Just In Time, en español, justo a tiempo) japonés.

3. Nuevos métodos de cooperación entre clientes y proveedores, que combinan el “vínculo estrecho” de los keiretzu japoneses con la independencia de las compañías, según la preferencia norteamericana.
4. Mejor liderazgo corporativo mediante juntas directivas fuertes, dispuestas a destituir a los gerentes poco efectivos en sus cargos. (Arnoletto, 2006, pág. 39).

Capítulo cuatro: Estrategia de operaciones y decisiones operativas estratégicas

Existe una conciencia creciente en el sentido de que las operaciones y la cadena de suministro deben contribuir a la posición competitiva global de una empresa y no meramente ser un lugar para elaborar los productos o servicios de la compañía. Esto puede lograrse aportando una capacidad distintiva a la organización y mejorando en forma continua los productos y procesos del negocio.

La estrategia de operaciones es un patrón consistente de decisiones para el sistema de transformación y para la cadena de suministro asociada que están vinculados con la estrategia del negocio y con otras estrategias funcionales. Las operaciones rara vez son neutrales, o bien son un arma competitiva o un lastre para la corporación. Las estrategias de las operaciones y las decisiones deben satisfacer las necesidades de los negocios y aportar una ventaja competitiva para la empresa. (Schroeder, Goldstein y Rungtusanatham, 2011, pág. 20)

4.1. La estrategia de operaciones

La estrategia de operaciones se refiere a la elaboración de políticas y planes para la utilización de los recursos de la empresa en apoyo de la competitividad de la firma a largo plazo. La palabra “estrategia” implica siempre un proceso a largo plazo tendiente a fomentar la realización de cambios necesarios para la mejor adecuación y respuesta de la empresa ante los cambiantes requerimientos del contexto, o sea la realización de objetivos de carácter permanente en medio de circunstancias variables.

En empresas industriales, las “operaciones” aluden sobre todo a actividades de manufactura y otras relacionadas directamente con ellas, vale decir, al proceso de transformación de las materias primas y otros factores productivos en productos terminados. En las empresas de servicios, las operaciones presentan en cuanto a su estrategia algunas similitudes (sobre todo si el servicio tiene un fuerte componente de soporte material) y varias diferencias específicas.

La estrategia de operaciones coordina las metas operativas con las metas de la organización en su conjunto, a una escala más amplia. Esas metas generales de la firma cambian con el tiempo, de modo que la estrategia de operaciones debe ser diseñada de manera que anticipe necesidades futuras. La estrategia de operaciones es individual, propia de cada empresa, pero cabe enunciar ciertas tendencias generales, según la época y el país, en una perspectiva histórica. (Arnoletto, 2006, pág. 49)

Una estrategia debe describir el camino que una empresa pretende seguir a efecto de crear valor para sus accionistas y para sostenerlo. Por lo general, la estrategia se divide en tres elementos básicos: eficacia de las operaciones, administración de los clientes e innovación de productos. Es importante que la estrategia de la empresa se ajuste a su misión de servir al cliente. El hecho de que las necesidades de los clientes cambian con el transcurso del tiempo complica las cosas porque impone la necesidad de aplicar constantemente cambios a la estrategia.

La eficacia de las operaciones se refiere a los procesos centrales de la empresa que se requieren para su funcionamiento. Los procesos de la empresa abarcan todas las funciones, desde tomar los pedidos de los clientes, manejar las devoluciones, la producción y administrar la actualización de los sitios Web, hasta el embarque de los productos. La eficacia de las operaciones se refleja directamente en los costos asociados al desempeño de las actividades. Las estrategias asociadas a la eficacia de las operaciones, como las iniciativas para la calidad, el rediseño de los procesos y las inversiones en tecnología pueden arrojar resultados rápidamente, a corto plazo (12 a 24 meses).

La administración de los clientes se refiere a la posibilidad de comprender mejor las relaciones con los clientes y a aprovecharlas. Por ejemplo, una estrategia que implica la segmentación de los clientes tardaría un poco más en realizarse, tal vez de dos a tres años. La innovación de productos implica el desarrollo de nuevos productos, mercados y relaciones para sostener el crecimiento.

Las compañías de servicios tal vez implementen la innovación de un producto en sólo dos o tres años, mientras que los fabricantes podrían tardar entre tres y cinco años. Las compañías farmacéuticas quizá tarden hasta 10 años en cosechar los beneficios de un nuevo producto. (Chase, Jacobs y Aquilano, 2009, pág. 22)

4.2. La estrategia de operaciones en relación con la estrategia empresarial global

La estrategia de operaciones debe encuadrarse siempre en el marco más amplio de una estrategia empresarial global. Entre las características más salientes, se puede mencionar:

1. Su carácter total (para toda la organización)
2. Presencia en todos los niveles y tiempos, tanto el largo plazo como el día a día
3. Su orientación dominante hacia el muy largo plazo
4. Su encauzamiento de las energías organizacionales hacia de la construcción de una ventaja competitiva durable
5. Sus efectos significativos y prolongados
6. Su concentración de los esfuerzos en pocos objetivos priorizados.

Una estrategia empresarial global suele contener una descripción de la situación actual de la empresa, de su entorno y del modo de competir en él. Sobre esa base define los objetivos de la empresa, los cursos generales de acción, la contribución que se espera de cada producto o función a dichos objetivos y las pautas para distribución de los recursos entre dichos productos y funciones.

Yendo a una descripción más metodológica del modo de elaborar una estrategia empresarial global, tenemos que en general se comienza por el análisis externo (general y específico) con el que se busca sobre todo establecer cuáles son las oportunidades y peligros que el medio ofrece a la organización.

Luego se encara el análisis interno, de productos, procesos, entre otros, con el que se busca establecer cuáles son los puntos fuertes y débiles de la empresa. Del cotejo de oportunidades y peligros, por un lado, y puntos fuertes y débiles por el otro, surge el diagnóstico de la situación, que se hace fundamentalmente para desarrollar los objetivos a largo plazo y establecer las prioridades competitivas.

En todo tipo de empresas, pero muy particularmente en las empresas de servicios, son factores que inciden directamente en la fortaleza o debilidad de las mismas para enfrentar a la competencia:

1. La coordinación ínter áreas (en particular entre marketing, ingeniería y operaciones).

2. La funcionalidad, flexibilidad, agilidad, y adecuada localización y distribución de las instalaciones.
3. La adecuación de los sistemas para tener la más alta disponibilidad de la información necesaria para las operaciones.
4. La política y la práctica de la administración del personal, en particular en lo referente a su selección, formación, motivación y grado de autonomía.
5. La comparación sin complacencias con la competencia.

Sobre esa base se puede luego determinar, evaluar y seleccionar las estrategias, que permitirán establecer las políticas (o cursos de acción recomendados), que en definitiva llevan a configurar el Plan Estratégico de la Empresa.

Dentro de ese marco general, la estrategia de operaciones busca constituirse en un plan de acción a largo plazo para la producción de los bienes y servicios de la empresa, propendiendo al logro de los objetivos globales mediante decisiones estratégicas, tácticas y operativas congruentes.

Su contenido generalmente abarca:

1. Los objetivos operativos de largo plazo.
2. Las estrategias operativas.
3. La distribución de recursos entre los productos y/o funciones.
4. Los criterios para tomar decisiones. (Arnoletto, 2006, pág. 50)

La estrategia de operaciones tiene dos funciones básicas una de ellas es configurar un marco de referencia para la planificación y el control de la producción, y la otra es fijar las pautas para evaluar el aporte de la gestión de operaciones a los objetivos generales de la empresa.

Con respecto a las decisiones que en el contexto de una estrategia de operaciones corresponde tomar, son generalmente de dos tipos:

Decisiones de posicionamiento: Se refieren a la fijación de objetivos de largo plazo, el establecimiento de prioridades competitivas, la fijación de criterios sobre la gestión de la calidad, la selección de productos y procesos, etcétera.

Decisiones de diseño: Se refieren al diseño de los productos y los procesos, las características deseadas de la mano de obra, la definición de las tecnologías a utilizar, la determinación de la capacidad a largo plazo, la definición de las localizaciones, la distribución interna de las plantas y los modos de aprovisionamiento.

Para terminar esta parte, conviene recordar algunas ideas básicas para determinar la estrategia de operaciones:

1. La gestión de operaciones es clave para lograr ventajas competitivas consistentes y durables.
2. La estrategia de operaciones debe desarrollarse en forma integrada con una estrategia empresarial global.
3. Las decisiones del área de operaciones deben estar conectadas y ser congruentes con las del resto de las áreas.
4. Estas estrategias deben buscar un equilibrio entre sus diversos objetivos sectoriales, compatibilizándolos y definiendo prioridades. (Arnoletto, 2006, pág. 51)

4.3. Objetivos de la estrategia de operaciones

Ya se hizo referencia a los objetivos estratégicos fundamentales de la gestión de operaciones. Se ampliará el tema para posteriormente hacer referencia a los diversos tipos de decisiones que se deben tomar en este campo. De manera general, sus objetivos son:

La reducción del coste.

En todas las industrias hay un segmento de mercado que compra exclusivamente en base a precios bajos. Ese segmento suele ser bastante amplio y atractivo por las potenciales utilidades asociadas a grandes volúmenes de venta.

Pero por lo general, es duramente competitivo y riesgoso, por ser el factor precio el determinante de las adquisiciones, sin consideraciones a la marca, el prestigio, entre otras. En dicho segmento, la reducción de coste es esencial para poder mantener los precios bajos sin perder rentabilidad.

Por otra parte, la reducción del coste es importante siempre, en cualquier segmento del mercado y para productos o servicios de cualquier nivel. En general, se entiende por coste el valor monetario de los bienes y servicios consumidos por la actividad de la organización, y se lo suele evaluar en términos de eficiencia, o sea de cociente entre la salida útil y las entradas necesarias, y en términos de productividad, o sea de relación entre la producción y un determinado factor durante cierto lapso de tiempo.

A su vez, la eficiencia, cuando se mide en unidades físicas se denomina eficiencia técnica, la cual es siempre menor que 1 por la incidencia de las mermas que ocurren en todo proceso de transformación: cuanto más cerca de 1 esté el cociente, más alta será la eficiencia del proceso, pues menores serán las mencionadas mermas. Si la eficiencia se mide en términos del valor monetario de los insumos y productos, se la denomina eficiencia económica, y debe ser siempre mayor que 1, pues debe suponerse que el proceso productivo ha de generar un valor agregado para que la empresa pueda sobrevivir y crecer.

Con respecto a la productividad (tanto técnica como económica) podemos agregar que los factores que generalmente se tienen en cuenta para su cálculo son: los materiales, la mano de obra, el equipo capital y los terrenos y edificios.

Generalmente, la reducción del coste tiene dos tipos de solución: o se mejora el aprovechamiento de los recursos dentro del nivel tecnológico existente, o se realizan inversiones para dar un salto tecnológico. En el primer caso pueden lograrse resultados muy notables por acumulación de pequeñas mejoras dentro de un proceso de mejora continua que lleve a la eliminación de los costos de no calidad. Ambas estrategias no son excluyentes: por el contrario, suelen usarse en forma alternada.

Cabe mencionar aquí que las empresas de servicios tienen en general una pobre productividad en comparación con las industrias. Esto se explica porque son en general empresas intensivas en mano de obra, que realizan en muchos casos un procesamiento individualizado (no masivo) del servicio, mediante tareas que con frecuencia son de carácter intelectual / profesional y muy diferentes entre sí. También hay que reconocer que la mayor heterogeneidad de los servicios hace difícil determinar una adecuada medida de la productividad.

Por su importancia, se ampliará la noción de productividad y de los criterios básicos para su medición. La productividad es la medida del buen o mal aprovechamiento de los recursos o “factores de la producción” por parte de un país, un sector de la actividad o una empresa.

El cumplimiento de los plazos y las entregas

Las condiciones generales para el cumplimiento de este objetivo son: que haya facilidad administrativa para hacer los pedidos; que haya flexibilidad, en lo posible sin cantidades máximas o mínimas, o limitaciones en cuanto a mezcla, y que los productos o servicios a entregar sean de buena calidad, tanto desde el punto de vista del cumplimiento de las especificaciones técnicas, como desde el punto de vista de los requerimientos de los clientes.

Sobre la base de esas condiciones, se considera realizado el objetivo cuando se emplea el menor tiempo de entrega posible (en comparación con otros), cuando la entrega se hace en la fecha y hora comprometida, con exactitud en la cantidad, calidad y acondicionamiento, cuando hay accesibilidad a la información sobre el pedido y facilidad para la formulación de observaciones y reclamos y, en su caso, para la devolución de los pedidos. De modo que encontramos aquí dos conceptos importantes:

La velocidad de entrega, o sea la capacidad que una empresa tiene, o no, para entregar el producto más rápidamente que sus competidores.

La confiabilidad en la entrega, o sea la capacidad de la firma para entregar el producto o servicio en la fecha prometida, en las cantidades y condiciones acordadas y en los lugares indicados.

La mejora de la calidad

Al momento de definir calidad, hay que diferenciar entre la calidad del producto y la calidad del proceso. El nivel de calidad de un producto (desde su diseño) varía de acuerdo al segmento de mercado al que está destinado. La mejor manera de establecer el nivel adecuado de calidad es referida a los requerimientos del cliente. Un nivel excesivo hará que el producto sea percibido como prohibitivamente costoso. Un nivel demasiado bajo hará perder clientes, porque estos preferirán productos un poco más caros, pero de mejores prestaciones o de apariencia superior.

La calidad del proceso se relaciona directamente con la confiabilidad del producto, o sea con su condición de producto sin defectos, sin errores, dentro de las tolerancias y especificaciones técnicas de sus elementos componentes y su proceso de armado.

Por lo cual, se adopta el concepto de calidad como conjunto de las características de un producto o servicio que lo hacen apto para satisfacer las necesidades del usuario. Esa calidad asume diversas formas en distintos momentos de la trayectoria del producto o servicio.

Se habla entonces de calidad de concepción cuando se compara las características solicitadas por el cliente con las plasmadas en el proyecto. Calidad de concordancia es la comparación de las características solicitadas por el cliente con las que presenta el producto terminado; y calidad de servicio es la apreciación por el cliente, que compara lo que ha recibido con lo que deseaba.

En las empresas de servicios, la calidad suele denominarse conformidad, y suele evaluarse en dos niveles: la conformidad interna, que se refiere a los aspectos de los servicios que los clientes no pueden percibir, y su valoración se asemeja mucho al control de los procesos industriales; la conformidad externa es la calidad percibida por el usuario, con un fuerte componente subjetivo. Suele usarse como fuente de información sobre ella las quejas y reclamos de los usuarios.

Es un error importante basarse exclusivamente en esa fuente, porque se ha demostrado que solo un bajo porcentaje de los clientes inconformes formulan quejas explícitas y directas, y muchos manifiestan su descontento en todas partes menos en la organización que lo ocasionó.

Con respecto a este objetivo de la mejora de la calidad, lo más importante es realizarlo mediante la disminución de los costos de la no - calidad. Estudios hechos han mostrado que los mismos tienen una incidencia muy fuerte en los costos, mucho más de lo que uno pensaría: no es raro medir porcentajes del 25 al 30% del valor agregado anual, y en el caso de los servicios aún más.

Se entiende por costo de no – calidad el costo de todo aquello que agrega gastos sin agregar valor, y los hay de dos clases: los costos de no – calidad tangible, como el costo de los materiales, mano de obra y generales de los productos rechazados, la diferencia de precio por productos de inferior calidad (la llamada “segunda selección”), el costo de los re-trabajos de productos con fallas, los servicios de asistencia, reparaciones dentro de garantía, etc.

Y los costos de no – calidad intangible, como las pérdidas de producción, los obstáculos a la programación, el desánimo del personal y de la gerencia, el disgusto de los clientes por los retrasos, la mala imagen pública de los productos y de la empresa, entre otros.

En las empresas de servicios el tema es incluso más grave porque muchas veces no hay oportunidad de rectificar el error, por la inmediatez entre la producción y el consumo del servicio, y por el predominio de los costos intangibles, de muy difícil percepción y medición cuantitativa, y de imprevisibles consecuencias.

Otro punto importante es el creciente impacto monetario de un elemento fallado a medida que avanza hacia el cliente final, por ejemplo, una pieza fallada a lo mejor cuesta centavos si es detectada en el depósito, cuesta algunos pesos si llega a incorporarse a un subconjunto o conjunto, cuesta muchos pesos si llega al producto final y puede costar muchísimo si es descubierta recién por el cliente final.

El aumento de la flexibilidad.

Se entiende por flexibilidad la capacidad de desplegar y replegar los recursos productivos en forma eficaz y eficiente en respuesta a los cambios de la demanda.

Se busca flexibilidad en todos los campos: producto, proceso, equipamiento, mano de obra, suministros, y sobre todo se busca flexibilidad operativa, en los programas, los flujos, los transportes, los almacenamientos.

Desde el punto de vista estratégico, la flexibilidad se basa en la capacidad de ofrecer una amplia variedad y cantidad de productos. Un aspecto importante de esa capacidad es la brevedad del tiempo necesario para desarrollar un nuevo producto y transformar los procesos internos para poder ofrecerlo al mercado.

Otro aspecto igualmente importante es la capacidad para afrontar cambios en la demanda, no solo cuando esta crece, y produce economías de escala y facilita las inversiones en nuevas tecnologías, sino también cuando decrece y obliga a tomar decisiones difíciles, como despidos, suspensiones y recortes de activos.

Se considera que son medidas flexibilizadoras:

1. La automatización de los equipos, con las actuales altas tecnologías.
2. La capacitación poli-funcional de la mano de obra.
3. La reducción de los tiempos de lanzamiento de productos o tandas.
4. Tener capacidad disponible por encima de la demanda estabilizada.

Aparte de estas medidas de carácter general, hay otras, referidas a productos o situaciones específicas, relacionadas muchas veces con servicios ofrecidos con la intención de aumentar la venta de productos, tales como:

1. Enlace y soporte técnico. Se refiere a la asistencia técnica que un proveedor puede brindar para el desarrollo de un producto, en etapas iniciales de diseño y manufactura.
2. Cumplimiento de fechas de lanzamiento. Es la exigencia de coordinación de actividades de una empresa con las de otras empresas, como partes de un proyecto complejo, cuya duración se quiere acortar.
3. Soporte post-venta del proveedor. Es el compromiso de un proveedor de contribuir al soporte post-venta de un producto, mediante la disponibilidad de piezas de repuesto, o la modificación de productos existentes más antiguos para cumplan con los nuevos niveles de desempeño.
4. Otras prioridades. Pueden referirse a factores tales como modelos o colores disponibles, posibilidades de mezcla de productos, personalización, etcétera.

El servicio a los clientes.

En la economía moderna hay un crecimiento más que proporcional de los servicios. La frontera entre producto y servicio se ha hecho cada vez más borrosa, y la estrategia competitiva se basa cada vez más en el servicio a los clientes, aún en empresas netamente manufactureras.

En la comercialización de productos, el servicio a los clientes puede ser considerado como una ventaja competitiva por diferenciación, como un alto valor añadido al producto, como un importante factor de la percepción de la calidad por el cliente, y como un requisito para poder competir, dada la creciente demanda de servicios.

Esto ha significado la incorporación de actividades de servicios en las empresas manufactureras, para satisfacer exigencias y necesidades (diseño, flexibilidad); para proporcionar información (técnica, sobre opciones, financiera); para reducir los riesgos de los clientes (garantías, reparaciones, seguros, mantenimiento de equipos); para facilitar la compra (formas de pago, créditos, entre otros); para mejorar el trato a los clientes (ventas, reclamaciones, etcétera).

Esa transformación de una empresa manufacturera pura en una “factoría de servicios” ha requerido varios cambios significativos en la estructura y en la cultura de tales empresas:

1. Redefinición de los objetivos generales para incluir los referidos a la dimensión de servicios.
2. Adoptar un enfoque de sistema abierto a los requerimientos de los clientes.
3. Buscar formas de interconexión directa entre el sistema productivo y los clientes.
4. Lograr formas de tener una capacidad flexible a los requerimientos de los clientes.
5. Adaptar al personal productivo al contacto directo con los clientes.
6. Aprender a medir la calidad del servicio.

Tanto en estas “factorías de servicio” como en las empresas de servicios propiamente dichas, es muy importante desarrollar criterios para una adecuada percepción y evaluación de la calidad de servicio tal como es valorado por los clientes.

Los aspectos más importantes a considerar suelen ser: confianza, sensibilidad, competencia, accesibilidad, cortesía, comunicación, credibilidad, seguridad, conocimiento del cliente y algunos aspectos tangibles. (Arnoletto, 2006, págs. 51-56).

4.4. El vínculo entre mercadeo y operaciones

La empresa que quiera comprender sus mercados desde la óptica de las operaciones y la del marketing debe tener una interfaz muy bien diseñada entre las dos. Los términos “ganador de pedidos” y “calificador de pedidos” describen las dimensiones orientadas al marketing que son fundamentales para competir con éxito.

El criterio del ganador de pedidos diferencia los productos o los servicios de una empresa de los de otras. Dependiendo de la situación, el criterio de obtener pedidos se puede referir al costo del producto (precio), a la calidad y la confiabilidad del producto o a alguna otra de las dimensiones que se han desarrollado antes.

El criterio de calificador de pedidos sirve de tamiz y permite que los productos de la empresa sean incluso considerados candidatos a su posible compra. Terry Hill, profesor de Oxford, dice que una empresa debe “recalificar los calificadores de pedidos” todos los días de su existencia.

Es importante recordar que los criterios de ganador de pedidos y de calificador de pedidos cambian con el transcurso del tiempo. Por ejemplo, cuando las compañías japonesas ingresaron a los mercados de automóviles del mundo en la década de 1970, cambiaron la forma de ganar pedidos de estos productos, la cual dejó de basarse predominantemente en el precio y pasó a la calidad y la confiabilidad del producto.

Los fabricantes estadounidenses de automóviles perdieron pedidos ante las compañías japonesas en razón de la calidad. Para finales de la década de 1980, Ford y General Motors elevaron la calidad de sus productos y ahora “califican” para estar en el mercado. Los grupos de consumidores están siempre atentos a los criterios de la calidad y la confiabilidad, y con ellos recalifican a las compañías que tienen mejor desempeño.

Hoy en día, los ganadores de pedidos de automóviles varían enormemente dependiendo del modelo. Los clientes saben muy bien cuál es el conjunto de características que desean (como confiabilidad, características de diseño y rendimiento del combustible) y quieren adquirir una combinación particular de ellas al precio más bajo, maximizando así el valor. (Chase *et al.*, 2009, pág. 25)

Para la mayoría de las grandes empresas manufactureras, la calidad de conformidad, la entrega a tiempo y la confiabilidad del producto son hoy los principales calificadores de pedidos, mientras el precio bajo se está consolidando cada vez más como criterio ganador de pedidos.

Para desarrollar una estrategia de operaciones es fundamental identificar los criterios captadores de pedidos que son relevantes para productos específicos. Los criterios de calificación y ganador de pedidos varían con el paso del tiempo y con acontecimientos tales como aperturas de mercados, aparición de nuevas empresas competidoras, innovaciones tecnológicas, etcétera. Los clientes saben que características desean y quieren comprar una adecuada combinación de ellas, al más bajo costo posible, para elevar al máximo el valor de su compra. (Arnoletto, 2006, pág. 59)

4.5. La estrategia de operaciones en manufactura

La estrategia de operaciones no funciona en el vacío. Está verticalmente vinculada al cliente, sus necesidades y requerimientos; y horizontalmente vinculada con las otras partes de la empresa, o sea con los recursos empresariales que permitirán satisfacer esas necesidades; todo ello enmarcado por la visión estratégica de la empresa, que identifica el mercado al que se quiere acceder, la línea de productos de la firma, su negocio básico y sus capacidades operativas.

La elección de un mercado es difícil pero necesaria, y puede significar el abandono de ciertos negocios o segmentos de clientes, por considerarlos poco rentables o difíciles de atender en función de las capacidades propias. Especialmente, es fundamental definir las capacidades básicas (o competencias) que son las habilidades o fortalezas que distinguen a una empresa de sus competidoras.

El proceso general de la configuración y realización de una estrategia de operaciones comienza, pues, con la determinación de las necesidades y requerimientos de los clientes, que deben ser traducidos en prioridades de desempeño de los productos (actuales y nuevos), de donde se deben deducir las prioridades requeridas por las operaciones. Esto permite analizar la viabilidad de las capacidades operativas, tanto propias como de los proveedores.

Dentro de los objetivos de la construcción de una estrategia de operaciones está el traducir las prioridades requeridas, las cuales son definidas por marketing, en requerimientos de desempeño específicos para las operaciones. Y diseñar los planes necesarios para asegurar que las capacidades operativas y empresariales sean suficientes para cumplir esos requerimientos. Los pasos a dar para desarrollar esas prioridades son:

1. Segmentar el mercado de acuerdo a los grupos de productos.
2. Identificar los requerimientos del producto, los patrones de demanda y los márgenes de utilidad de cada grupo de productos.
3. Determinar los criterios captadores de pedidos y calificadores de pedidos de cada grupo de productos.
4. Convertir los criterios captadores de pedidos en específicos requerimientos de desempeño. (Arnoletto, 2006, pág. 59)

4.6. La estrategia de operaciones en servicios

Por lo general, las organizaciones de servicios se clasifican con base en quiénes son sus clientes, por ejemplo, si se trata de individuos o de otros negocios, y en el servicio que brindan (financiero, médico, transporte, etcétera). Si bien estas clasificaciones son útiles para presentar datos económicos agregados, no lo son mucho para efectos de la administración operativa de servicios porque no dicen mucho del proceso.

Por otra parte, las manufactureras tienen nombres bastante evocadores para poder clasificar las actividades de la producción (como producción intermitente y continua); cuando se refieren a un contexto de manufactura transmiten muy bien la esencia del proceso.

Se necesita un elemento más de información que refleje el hecho de que el cliente participa en el sistema de producción. Ese elemento que, en términos operativos, distingue a un sistema de servicios de otro en cuanto a su función de producción es el grado de contacto que tiene el cliente para la creación del servicio.

El término “contacto del cliente” se refiere a su presencia física en el sistema y la fase “creación del servicio” se refiere al proceso de trabajo que implica la prestación del servicio mismo. En términos generales, cuanto mayor sea el porcentaje de tiempo de contacto entre el sistema del servicio y el cliente, tanto mayor será el grado de interacción que exista entre ambos durante el proceso de su producción.

Dada esta concepción, es lógico pensar que los sistemas de servicios que tienen un grado elevado de contacto con el cliente son más difíciles de controlar y de racionalizar que aquellos que tienen un grado bajo de contacto con el cliente. En los sistemas de mucho contacto, el cliente afecta el tiempo demandado, la naturaleza exacta del servicio y la calidad (o calidad percibida) del servicio por él participar en el proceso. (Chase *et al.*, 2009, pág. 257)

Muchos conceptos y criterios desarrollados para la estrategia de operaciones de manufactura son aplicables en las empresas de servicios, aunque en este caso la estrategia de operaciones suele identificarse, prácticamente, con la estrategia corporativa general, ya que en muchos casos el sistema de producción y entrega de servicios es la empresa en su casi totalidad.

Existe la noción de criterios captadores de pedidos y criterios calificadores de pedidos también pueden usarse en empresas de servicios. En un banco, por ejemplo, pueden ser criterios calificadores la buena localización, la disponibilidad de cajeros y funcionarios de créditos, la abundancia de cajeros automáticos, etcétera. Criterios captadores de pedidos pueden ser los servicios basados en relaciones personales y la actividad orientada a los clientes.

Para el análisis de casos concretos puede ser útil la noción de las cuatro etapas típicas de la evolución de la competitividad en empresas de servicios.

Etapa “disponible para el servicio”

Es una etapa con bajo desempeño y operatividad reactiva; calidad muy variable y secundaria al costo; tecnología de supervivencia, fuerza laboral vista como una restricción negativa y el control de los empleados como función gerencial básica.

Etapa “rutinaria”

Mediocre y poco inspirada; con una calidad que satisface a los clientes solo en una o dos dimensiones consideradas clave; actualización tecnológica solo para ahorrar costos; fuerza laboral vista como un recurso eficiente y disciplinado y una gerencia dedicada fundamentalmente al control del proceso.

Etapa “de competencia distintiva”

Tiene un enfoque al cliente y actuación sobresaliente; una calidad multidimensional que supera las expectativas de los clientes; uso de la tecnología para mejorar el servicio; fuerza laboral flexible; que elige entre procedimientos alternativos y una gerencia que escucha a los clientes y ayuda y entrena a los trabajadores. (Arnoletto, 2006, pág. 60)

Etapa de “servicio de clase mundial”

Con aprendizaje e innovación y excelencia en el servicio a niveles muy superiores a la competencia; una calidad de mejora continua, que busca desafíos y eleva las expectativas de los clientes; con uso de la tecnología como fuente de ventajas y creación de capacidades que otros no pueden alcanzar; con una fuerza laboral innovadora, que crea nuevos procedimientos y una gerencia orientadora, fuente permanente de nuevas ideas.

Cabe aclarar que una misma empresa puede tener dimensiones o unidades de servicios ubicadas en diversas etapas.

Una empresa puede ser muy competitiva, aunque no se destaque en todas las dimensiones, pero tiene prestaciones excepcionales en factores críticos para su éxito. Las etapas de la competitividad siguen la secuencia indicada, pero varía mucho la rapidez o lentitud con que se las recorre, y, desde luego, no hay certeza de llegar a los niveles más altos. (Arnoletto, 2006, pág. 61)

4.7. Decisiones estratégicas de operaciones

Las estrategias de operaciones son directrices que ayudan a elegir cursos de acción adecuados para alcanzar las metas que la organización se ha fijado. Esas estrategias deben ser conducentes a los objetivos generales de la organización y tienen la mayor importancia, porque acarrear consecuencias para toda la organización y son el origen de las políticas de empresa y de todo el resto de la planificación. En ese marco deben tomarse muchas decisiones estratégicas de operaciones. Los principales tipos de decisiones son los siguientes:

4.7.1. Decisiones sobre productos

Qué producir, selección de productos nuevos, modificación de productos existentes, diseño y cambio de diseño de productos. (Arnoletto, 2006, pág. 61)

Una de las principales cuestiones vinculadas a la dirección de operaciones consiste en la selección y el diseño del producto que la empresa va a comercializar. Su importancia reside en varios aspectos. En primer lugar, este diseño tendrá un fuerte impacto sobre el resultado empresarial (por ejemplo, ventas, cuota de mercado o margen de rentabilidad). En segundo lugar, tendrá fuertes implicaciones en otros aspectos vinculados con la dirección de operaciones, como el diseño del proceso productivo, la tecnología seleccionada, el diseño de puestos de trabajo, etc.

Por último, supone un proceso transversal que requiere coordinarse con otras áreas y niveles de la empresa. Por todo ello constituye una pieza clave del engranaje de la dirección de operaciones a la que hay que prestar gran atención. (Arias y Minguela, 2018, pág. 69)

4.7.2. Decisiones sobre proceso

Cómo producir, la elección de la configuración productiva, selección y diseño del proceso. (Arnoletto, 2006, pág. 61)

De las decisiones básicas de la dirección de operaciones es la relativa a la estrategia del proceso productivo. Esto conlleva la elección del tipo de proceso productivo necesario para la realización de los bienes y servicios que la empresa ofrecerá al mercado y supone una decisión de extrema importancia, puesto que compromete la inversión y el futuro de la empresa a medio y largo plazo, y tiene un impacto directo y decisivo sobre los costes, calidad, productividad y valor añadido para los clientes. (Arias y Minguela, 2018, pág. 119)

4.7.3. Decisiones sobre tecnología

Muy vinculadas con la anterior, constituyen el proceso de selección de la tecnología adecuada para ciertas condiciones de producto – proceso – cantidad, complementadas luego con los análisis de la llamada ingeniería del valor (simplificación y fabricalidad). (Arnoletto, 2006, pág. 61)

4.7.4. Decisiones sobre capacidad

Estudio de la demanda inmediata y futura posible, teniendo en cuenta la capacidad de crecimiento, las prioridades competitivas y las posibilidades de financiación.

La planeación estratégica de la capacidad implica una decisión de invertir, en la cual, las capacidades de recursos deben coincidir con el pronóstico de la demanda a largo plazo. En el caso particular de los servicios, una consideración fundamental es el efecto que los cambios de capacidad tienen en la calidad del servicio que se ofrece.

Algunos de los factores que se deben tomar en cuenta para decidir si se aumenta la capacidad en la manufactura y también en los servicios son, los efectos probables de las economías de escala, los efectos de las curvas de aprendizaje, las repercusiones de cambiar el enfoque de las instalaciones y el equilibrio entre las etapas de producción, y, por último, el grado de flexibilidad de las instalaciones y de la fuerza de trabajo. (Chase *et al.*, 2009, pág. 135)

4.7.5. Decisiones sobre localización

Dónde instalarse, cerca de los factores de la producción, cerca de los mercados, u otras alternativas. (Arnoletto, 2006, pág. 61)

Antes de que avance el análisis de las decisiones detalladas sobre el diseño y operación del almacén, es necesario resolver la ubicación. Dentro del área definida, debe seleccionarse el sitio específico. La selección del sitio se refiere a la porción específica de un bien raíz sobre el cuándo se ubicarán las instalaciones, y su metodología es más un arte que un proceso bien definido. Con frecuencia implica ponderar un número de factores tangibles e intangibles. (Ballou, 2004, pág. 502)

El problema de la ubicación de las instalaciones está presente tanto en las empresas nuevas como en las existentes, y su solución es crucial para éxito eventual de una compañía. Las decisiones de ubicación de las compañías de servicio y manufactura están guiadas por una variedad de criterios definidos por los imperativos competitivos.

Los criterios que más influyen en su ubicación está la proximidad con los clientes, el clima de negocios favorable, la infraestructura, la calidad de mano de obra, el riesgo político y los costos totales. (Chase *et al.*, 2009, pág. 387)

4.7.6. Decisiones sobre distribución de planta

Disposición en planta de los componentes del proceso productivo y sus áreas auxiliares, etcétera. (Arnoletto, 2006, pág. 61)

La planeación para diseño de las instalaciones se refiere a la toma de decisión a largo plazo necesaria para establecer la instalación para almacenamiento temporal del producto y para flujo de productos a través de instalaciones eficientes. Tales decisiones con frecuencia requieren una inversión sustancial de capital que compromete a la compañía con un diseño para muchos años. Sin embargo, una cuidadosa planeación de diseño y distribución puede significar años de operación eficiente de almacenamiento. (Ballou, 2004, pág. 505)

4.7.7. Decisiones sobre calidad

Definición de criterios y políticas de calidad, qué norma seguir, búsqueda de certificaciones, etcétera. (Arnoletto, 2006, pág. 61)

La planeación de la calidad siempre debe empezar con los atributos del producto. El planificador de la calidad determina qué atributos son importantes para la satisfacción del cliente y cuáles no lo son. Por tanto, debe diseñarse un método para probar y medir la calidad de cada uno de los atributos del producto. Después de decidir las técnicas de medición que se buscaran, el planificador debe fijar estándares que describan la cantidad de calidad que se requerirá en cada atributo.

Luego de precisar los estándares, debe establecerse un programa de prueba. No basta simplemente con inspeccionar los productos en cuanto a sus defectos. Al descubrirlos, el personal y los trabajadores de calidad deben encontrar las causas fundamentales y corregirlas. (Schroeder, Goldstein y Rungtusanatham, 2011, pág. 163)

4.7.8. Decisiones sobre planificación y control

Planificación y control de la producción, de los inventarios, de las compras, de la capacidad, decisiones sobre los sistemas a usar para planificar y controlar. (Arnoletto, 2006, pág. 61)

Dentro de estas se encuentran las decisiones sobre políticas de inventarios; los sistemas de operación quizá no estén diseñados para responder, de manera instantánea, a los requerimientos que los clientes hacen de los productos o servicios.

Los inventarios suministran un nivel de disponibilidad del producto o servicio que, cuando se localiza cerca del cliente, puede satisfacer altas expectativas del cliente por la disponibilidad del producto. Por lo tanto, disponer de estos inventarios para los clientes no solo puede mantener las ventas, sino que también puede aumentarlas. (Ballou, 2004, pág. 328)

4.7.9. Decisiones sobre aprovisionamiento

Estudio de la logística de operaciones, del abastecimiento, de transformación y de distribución; sistemas justo – a – tiempo, KANBAN, etcétera. (Arnoletto, 2006, pág. 62)

Las decisiones de programación de compras y de suministros es parte de las decisiones de aprovisionamiento en una organización. La coordinación del flujo de bienes y servicios entre las instalaciones físicas es un asunto importante en el manejo de la cadena de suministros. La decisión de las cantidades que se moverán, el momento, la forma de moverlos y las ubicaciones de dónde serán adquiridas son preocupaciones frecuentes. El buen manejo de estas decisiones implicará la coordinación con otras actividades dentro de la empresa, en especial con producción. (Ballou, 2004, pág. 424)

La programación justa a tiempo (JAT) es una filosofía operativa alterna al uso de inventarios, para cumplir con el objetivo de contar con los bienes adecuados en el lugar adecuado en el momento adecuado. Es una forma de administrar la cadena de suministros de materiales, que originalmente fue popularizado por los japoneses. Este sistema puede definirse como una filosofía de programación donde la cadena entera de suministros se encuentra sincronizada para responder a los requerimientos de operaciones o de clientes. (Ballou, 2004, pág. 428)

De igual modo tenemos a KANBAN, este es el sistema de programación de la producción de Toyota y quizás el ejemplo más conocido de programación justo a tiempo. KANBAN en sí es un sistema de control de la producción basado en tarjetas. El sistema de programación KANBAN / JAT utiliza el método de punto de reorden del control de inventario para determinar las cantidades estándar de producción – adquisición e implica costos de configuración muy bajos y tiempos de entrega muy cortos. (Ballou, 2004, pág. 430)

4.7.10. Decisiones sobre personal

Formas de selección, contratación, gestión operativa, formación, promoción y despido del personal. (Arnoletto, 2006, pág. 62)

La tarea del gerente de operaciones, por definición, es administrar al personal que crea los productos y servicios de la empresa. El objetivo de administrar al personal es obtener la productividad más elevada posible, pero sin sacrificar la calidad, el servicio o la capacidad de respuesta.

Se deben tomar decisiones en base a técnicas de diseño de puestos para estructurar el trabajo de modo que se satisfagan las necesidades físicas y psicológicas del trabajador humano. (Chase *et al.*, 2009, pág. 187)

Conclusiones

Definiendo los principales enfoques teóricos para la administración de la producción; se comprende su impacto en cada uno de los rubros de la economía global desde el enfoque de los procesos productivos, es por eso que surge la mecánica de esta gestión administrativa, para que los gerentes lo puedan adaptar a cada uno de los diferentes sistemas del mercado.

Así mismo, describiendo la formulación y resolución de modelos de programación lineal; se hace más eficiente la toma de decisiones, de tal manera que se pueden reducir los riesgos y pérdidas ante futuras situaciones. Es por eso que la formulación de estos modelos es necesaria para mejorar la innovación y obtener un óptimo desempeño de las funciones cotidianas del área productiva.

Identificando la administración de la producción como ventaja competitiva; se obtiene mejores sistemas de producción, mejor calidad en los productos o servicios ofrecidos y un mejor aprovechamiento de los recursos de las organizaciones.

Explicando las estrategias de operaciones y decisiones operativas estratégicas; permite una mejor comprensión de la relación que existe entre el marketing y el área de operaciones, y la manera en que ambos departamentos se relacionan para poder ofrecer una mejor calidad de servicios y productos a niveles macro de la organización.

Analizando la administración de producción a través de sus enfoques, programaciones lineales y estrategias de operaciones por medio de la teoría científica presentada por expertos, es una herramienta clave para el subsistir de cualquier empresa, ya no se le puede ver simplemente como un proceso de 4 etapas, sino que, es una ventaja competitiva que las organizaciones deben saber aplicar y aprovechar para obtener una mejor rentabilidad.

Bibliografía

- Arias Aranda, Daniel; Minguela Rata, Beatriz. (2018). *Dirección de la producción y operaciones. Decisiones estratégicas*. Madrid: Ediciones Pirámide. Recuperado el 10 de Febrero de 2021
- Arnoletto, E. J. (2006). *Administración de la producción como ventaja competitiva*. Recuperado el 25 de Enero de 2021
- Ballou, R. H. (2004). *Logística. Administración de la cadena de suministro* (Quinta ed.). (E. Q. Duarte, Ed.) México, México: Pearson Educación. Recuperado el 09 de Febrero de 2021
- Carolina, E. (23 de marzo de 2020). *Gestiopolis*. Recuperado el 24 de Enero de 2021, de <https://www.gestiopolis.com>: <https://www.gestiopolis.com/administracion-cientifica-fundamentos-y-principios-de-taylor/>
- Casado, W. K. (Agosto de 2014). *Investigación de operaciones*. Recuperado el 01 de Febrero de 2021, de <http://investigaciondeoperacionesind331.blogspot.com>: <http://investigaciondeoperacionesind331.blogspot.com/p/analisis-de-sensibilidad.html>
- Castillo, E., Conejo, A., Pedregal, P., García, R., & Alguacil, N. (2002). *Formulación y resolución de modelos de programación matemática en ingeniería y ciencia*. Recuperado el 26 de 01 de 2021
- Chase, Richard B.; Jacobs, F. Robert; Aquilano, Nicholas J. (2009). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministro* (Duodécima ed.). España: McGraw Hill Interamericana. Recuperado el 02 de Febrero de 2021
- García del Junco, J., & Casanueva Rocha, C. (2001). *Prácticas de la Gestión Empresarial*. Madrid: Mc Graw Hill. Recuperado el 25 de Enero de 2021
- Grijalva, Y. E. (2009). *Files, word press*. Recuperado el 27 de Enero de 2021, de <https://uplamcdn.files.wordpress.com>: <https://uplamcdn.files.wordpress.com/2009/04/libro-cap-03.pdf>
- Mazzei, M. E. (Octubre de 2001). *Academia*. Recuperado el 27 de Enero de 2021, de <https://www.academia.edu>:

https://www.academia.edu/32671128/FORMULACION_DE_MODELOS_DE_PROGRAMACION_LINEAL

Ruiz, R. V. (2012). Recuperado el 25 de Enero de 2021, de <https://www.eumed.net:https://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1321/1321.pdf>

Salas, L. Q. (Septiembre de 2018). *Programación lineal*. Recuperado el 27 de Enero de 2021, de <https://www.programacionlineal.net:https://www.programacionlineal.net/sensibilidad.html>

Schroeder, R., Meyer Goldstein, S., & Rungtusanatham, M. (2011). *Administración de operaciones* (Quinta ed.). New York, Estados Unidos: McGraw Hill. Recuperado el 02 de Febrero de 2021