



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**PROPUESTA PRÁCTICA DEL EXAMEN DE GRADO O FIN DE
CARRERA (DE CARÁCTER COMPLEXIVO)
INVESTIGACION DOCUMENTAL**

TEMA:

ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLE

Autores:

CARDENAS ESTRADA LEONARDO ESTEFANO

CAMPUZANO BAZURTO JENIFFER STEFANIA

Tutor:

ING. LEON BATALLAS ALBERTO ANDRES

Milagro, Enero 2019

ECUADOR

DERECHOS DE AUTOR

Ingeniero.

Fabricio Guevara Viejó, PhD.

RECTOR

Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Yo, CAMPUZANO BAZURTO JENIFFER STEFANIA en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de la alternativa de Titulación – Emprendimiento, modalidad presencial, mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor del Emprendimiento realizado como requisito previo para la obtención de mi Título de Grado, como aporte a la Línea de Investigación ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLE de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Proyecto de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, a los 14 días del mes de Enero de 2019



Firma del Estudiante

Campuzano Bazurto Jeniffer Stefania

CI: 092585414-3

DERECHOS DE AUTOR

Ingeniero.

Fabrizio Guevara Viejó, PhD.

RECTOR

Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Yo, CARDENAS ESTRADA LEONARDO ESTEFANO, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de la alternativa de Titulación – Emprendimiento, modalidad presencial, mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor del Emprendimiento realizado como requisito previo para la obtención de mi Título de Grado, como aporte a la Línea de Investigación ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLE de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Proyecto de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, a los 14 días del mes de Enero de 2019



Firma del Estudiante
Cárdenas Estrada Leonardo Estéfano
CI: 091792736-0

APROBACIÓN DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Yo, LEON BATALLAS ALBERTO ANDRES en mi calidad de tutor del Proyecto de Investigación, elaborado por los estudiantes CARDENAS ESTRADA LEONARDO ESTEFANO, CAMPUZANO BAZURTO JENIFFER STEFANIA, cuyo tema de trabajo de Titulación es ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLE, que aporta a la Línea de Investigación PRODUCCION Y MATERIALES INDUSTRIALES, GESTION DE LA PRODUCCION previo a la obtención del Grado de INGENIEROS INDUSTRIALES; trabajo de titulación que consiste en una propuesta innovadora que contiene, como mínimo, una investigación exploratoria y diagnóstica, base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta, considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo APRUEBO, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Emprendimiento de la Universidad Estatal de Milagro.

En la ciudad de Milagro, a los 14 días del mes de Enero de 2019



ING. LEON BATALLAS ALBERTO ANDRES
Tutor
C.I.: 070430445-0

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

Ing. León Batallas Alberto Andrés

Ing. Paredes Quevedo Juan José

Ing. Torres Ordoñez Luis Henry

Luego de realizar la revisión del Proyecto de investigación, previo a la obtención del título de **INGENIERO INDUSTRIAL** presentado por el señor **CARDENAS ESTRADA LEONARDO ESTEFANO**.

Con el tema de trabajo de Titulación: **Estudio de los sistemas de Manufactura Flexible**.

Otorga al presente Proyecto de Investigación, las siguientes calificaciones:

Estructura	[70]
Defensa oral	[15]
Total	[85]

Emite el siguiente veredicto: (aprobado/reprobado) Aprobado

Fecha: Milagro 14 de Enero de 2019.

Para constancia de lo actuado firman:

	Nombres y Apellidos
Presidente	Ing. León Batallas Alberto Andrés
Secretario	Ing. Paredes Quevedo Juan José
Integrante	Ing. Torres Ordoñez Luis Henry

	Firma
Presidente	
Secretario	
Integrante	

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

Ing. León Batallas Alberto Andrés

Ing. Paredes Quevedo Juan José

Ing. Torres Ordoñez Luis Henry

Luego de realizar la revisión del Proyecto de investigación, previo a la obtención del título de **INGENIERO INDUSTRIAL** presentado por la señorita **CAMPUZANO BAZURTO JENNIFER STEFANIA**

Con el tema de trabajo de Titulación: **Estudio de los sistemas de Manufactura Flexible.**




Otorga al presente Proyecto de Investigación, las siguientes calificaciones:

Estructura	[70]
Defensa oral	[10]
Total	[80]

Emite el siguiente veredicto: (aprobado/reprobado) Aprobado

Fecha: Milagro 14 de Enero de 2019.

Para constancia de lo actuado firman:

	Nombres y Apellidos	Firma
Presidente	Ing. León Batallas Alberto Andrés	
Secretario	Ing. Paredes Quevedo Juan José	
Integrante	Ing. Torres Ordoñez Luis Henry	

DEDICATORIA

Al Eterno nuestro creador, por darme la fortaleza y constancia de haber culminado esta etapa universitaria

A mi madre por su entrega, apoyo incondicional, confianza y consejos que me motivaron a seguir adelante.

A mi esposa que fue y es el pilar fundamental en mi vida, por su ánimo y apoyo que me brinda día a día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales y sobre todo ese gran amor.

CARDENAS ESTRADA LEONARDO ESTEFANO

DEDICATORIA

A Dios por darme vida, salud para lograr mis objetivos, y por su infinito amor.

A mi familia que estuvieron apoyándome en todo momento, por su confianza, sus consejos, y la motivación para salir adelante, sobre todo ese gran amor.

CAMPUZANO BAZURTO JENNIFER STEFANIA

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por darnos salud, fortaleza y guiarnos en cada paso que dábamos y así cumplir con nuestros objetivos.

Gracias a nuestros padres por el apoyo, la confianza que siempre nos brindaron en todo momento y por los valores que nos inculcaron.

Agradecemos a nuestros docentes por la sede de sus conocimientos a lo largo de nuestra carrera profesional, a nuestro tutor León Batallas Alberto por habernos guiado en este proyecto de investigación con paciencia y rectitud como docente.

CARDENAS ESTRADA LEONARDO ESTEFANO
CAMPUZANO BAZURTO JENNIFER STEFANIA

ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTOR.....	¡Error! Marcador no definido.
DERECHOS DE AUTOR.....	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR	v
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR	vi
DEDICATORIA	vii
DEDICATORIA	viii
AGRADECIMIENTO.....	ix
ÍNDICE GENERAL.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Flexibilidad: Una perspectiva histórica.....	5
2.1.1. La visión económica.....	5
2.1.2. La visión organizacional	8
2.2. Definiciones, propósitos, medios y medidas de diversas flexibilidades	9
2.3. Tipos de flexibilidades	12
2.3.1. Flexibilidad de la máquina	12
2.3.2. Flexibilidad de manejo de materiales.....	13
2.3.3. Flexibilidad de operación.....	13
2.3.4. Flexibilidad de proceso	14
2.3.5. Flexibilidad del producto	14
2.3.6. Flexibilidad de enrutamiento.....	15
2.3.7. Flexibilidad de volumen.....	15
2.3.8. Flexibilidad de expansión.....	16
2.3.9. Flexibilidad del programa	16
2.3.10. Flexibilidad del mercado.....	16
2.3.11. Vínculos entre varias flexibilidades	17

2.3.12. Modelos de optimización relacionados con la flexibilidad de fabricación	18
2.4. Componentes del catálogo de flexibilidad.	19
2.4.1. Factores de influencia externos	19
2.4.2. Factores de influencia interna.....	20
CAPÍTULO III	21
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
CAPÍTULO IV	22
DESARROLLO DEL TEMA	22
4.1. Sistema de Manufactura Flexible.....	22
4.2. Ventajas y desventajas de la implementación de SMF	25
4.2.1. Ventajas.....	25
4.2.2. Desventajas.....	26
4.3. Máquina CNC	27
4.4. Los robots.....	29
4.4.1. La descripción del movimiento del robot.....	30
4.4.2. Sistema de coordenadas de la herramienta.....	31
4.5. Sistema de manejo de materiales	32
4.5.1. Principios de manejo de materiales	32
4.6. Adopción de SMF en la industria del automóvil.....	34
4.6.1. Empresa Toyota.....	35
4.6.2. Operaciones en Toyota.....	36
4.6.2.1. Sistema de línea de cuerpo flexible (FBL) más antiguo:	36
Conclusiones	37
Bibliografía	38
Anexos.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Estructura organizacional de la flexibilidad.	11
<i>Figura 2</i> Ilustración del SMF.	23
<i>Figura 3</i> Robótica ubicada a lo largo de un sistema de manejo de materiales.....	23
<i>Figura 4</i> Dibujo esquemático de piezas de una máquina CNC.....	27
<i>Figura 5</i> Movimiento de herramienta punto a punto.	28

<i>Figura 6</i> Movimiento continuo de la herramienta.	28
<i>Figura 7</i> Robot con eje móvil disponible.	30

Estudio de los sistemas de manufactura flexible

RESUMEN

En el escenario competitivo actual, las empresas manufactureras enfrentan diferentes desafíos: mercados globales, mayor competencia, comportamiento de los clientes, plazos de entrega acelerados y ciclos de vida del producto más cortos, que están contribuyendo al aumento de la incertidumbre y la variabilidad. El Sistema de Manufactura Flexible (SMF) es tecnológicamente más sofisticado para las industrias y los recursos humanos que deben hacerlo funcionar. Se revisará brevemente la literatura económica y organizacional sobre la evolución de los SMF. A continuación, se analiza las diferentes características de la flexibilidad de fabricación, considerando también los factores externos e internos. Se discutirá principalmente de la manufactura de piezas discretas, que incluye talleres de trabajo, líneas de montaje, líneas de transferencia flexibles y SMF, incluidos los sistemas de montaje flexible. Entre los principales hallazgos se ha encontrado que se ha proporcionado cuidadosas definiciones de algunas de estas flexibilidades, que consideramos importantes para aclarar y examinar la literatura. También esperamos que este trabajo contribuya a una eventual taxonomía o estandarización de la terminología de flexibilidad.

PALABRAS CLAVE: Flexibilidad, industrias, sistema de manufactura flexible

A study of flexible manufacturing systems

ABSTRACT

In the current competitive scenario, manufacturing companies differentiate global markets, increased competition, customer behavior, accelerated delivery times and shorter product life cycles, which are contributing to increased uncertainty and uncertainty variability. The Flexible Manufacturing System (SMF) is technologically more sophisticated for the industries and human resources that must do it. The economic and organizational literature on the evolution of SMFs will be briefly reviewed. Next, we analyze the different characteristics of manufacturing flexibility, as well as external and internal factors. It is mainly the manufacture of discrete parts, which includes workshops, assembly lines, flexible transfer lines and SMF, including flexible mounting systems. Among the main findings, we have found that we have provided careful definitions of some of these flexibilities, which are considered important to clarify and examine the literature. We also hope that this work contributes to a taxonomy or standardization of flexibility terminology.

KEY WORDS: Flexibility, industries, flexible manufacturing system

INTRODUCCIÓN

En el escenario competitivo actual, las empresas manufactureras enfrentan diferentes desafíos: mercados globales, mayor competencia, comportamiento de los clientes, plazos de entrega acelerados y ciclos de vida del producto más cortos, que están contribuyendo al aumento de la incertidumbre y la variabilidad (Hallgren & Olhager, 2009). En este contexto, la flexibilidad se convierte en un arma fundamental para competir (Kara & Kayis, 2004) y ha sido reconocida como una dimensión de fabricación estratégica (Burger, Demartini, Tonelli, Bodendorf, & Testa, 2017), que necesita ser modelada para entregar y preservar el valor.

Varias definiciones de flexibilidad de manufactura han sido reconocidas en la literatura y en este papel se la define como la capacidad de adaptarse a los cambios en el entorno del sistema de fabricación y es evidente que la flexibilidad es un concepto multidimensional y específico de la situación (Stevenson & Spring, 2007).

El Sistema de Manufactura Flexible (SMF) es tecnológicamente más sofisticado para las industrias y los recursos humanos que deben hacerlo funcionar. Los SMF, como se les llamó, se convirtieron en un gran foco de atención en la industria y en la investigación académica durante varios años. Las ventajas de un SMF bien administrado eran claras; cortos plazos de entrega, bajo inventario y un paso hacia la fábrica del futuro.

A medida que los clientes demandan una respuesta más rápida y una variedad más amplia de productos actualizados, y mientras los competidores alcanzan niveles de desempeño por encima de lo que se consideraba factible, hace unos años se cita como solución la flexibilidad, sobre todas las demás medidas de rendimiento de fabricación. Se sostiene que una mayor flexibilidad en las operaciones de manufactura significa más capacidad para avanzar según las necesidades del cliente, responder a las presiones competitivas y estar más cerca del mercado. Sin embargo, a pesar de su nueva popularidad, la flexibilidad parece ser la menos comprendida de los objetivos de fabricación; la misma palabra flexibilidad es utilizada por diferentes gerentes para significar cosas diferentes.

Por tanto, la investigación se ostenta en 4 capítulos. En el primero se expone el problema, la justificación y objetivos del estudio. En el segundo capítulo se encuentra el

marco teórico conceptual comprendido de bases teóricas, casos de estudios y datos estadísticos para el sustento del problema de la investigación. El tercer capítulo engloba la metodología aplicada para recolección de datos. El cuarto capítulo se desarrolla el tema con el análisis de las diferentes investigaciones y enfoques relacionados al tema principal; y en el quinto capítulo se ubica las conclusiones.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En el escenario actual del mercado, la demanda del cliente y la especificación de cualquier producto cambian muy rápidamente, por lo que es muy importante que un sistema de manufactura acomode estos cambios lo más rápido posible para poder competir en el mercado. Esta evolución induce a menudo un conflicto para un sistema de fabricación porque a medida que aumenta la variedad, la productividad disminuye. Entonces, el SMF es una buena combinación entre variedad y productividad. En este sistema, el foco principal está en la flexibilidad en lugar de las eficiencias del sistema. Se espera que un SMF competitivo sea lo suficientemente flexible para responder a pequeños lotes de demanda de los clientes y debido a que la construcción de cualquier nueva línea de producción es una gran inversión, por lo que la línea de producción actual se reconfigura para seguir el ritmo de la nueva frecuencia diseño de producto

Con la aparición de nuevas tecnologías de microprocesador, el concepto de flexibilidad en la manufactura se ha convertido en una consideración clave en el diseño, operación y administración de los sistemas de manufactura. En los últimos años se ha acumulado una gran cantidad de literatura sobre los SMF. La mayor parte de esta literatura está dedicada a definir varios tipos de flexibilidades e identificar sistemas que exhiben uno o más de estos. Algunos documentos también tratan los problemas de la medición y / o valoración de las diversas flexibilidades. Según Ettlíe (1988), se han publicado pocos tratamientos sistemáticos rigurosos sobre el tema de la flexibilidad en la manufactura, y mucho menos estudios empíricos de plantas de manufactura reales, que ofrecen una declaración coherente de las implicaciones estratégicas y tácticas de esta importante dimensión de manufactura estrategia. La literatura deja una cosa muy clara: la flexibilidad es un concepto complejo, multidimensional y difícil de capturar. Se pueden encontrar al menos 50 términos diferentes para varios tipos de flexibilidades en la literatura de manufactura. Por lo general, hay varios términos que hacen referencia al mismo tipo de flexibilidad. Las definiciones para estos términos que han aparecido en la literatura no siempre son precisas y, a veces incluso para términos idénticos, no están de acuerdo entre sí (Swamidass & Newell, 1987). No se ha trabajado mucho para desarrollar modelos analíticos que aborden los conceptos de flexibilidad rigurosamente y, por supuesto, para determinar

los niveles óptimos de flexibilidad (Slack, 1987). Como resultado, las medidas propuestas en la literatura son ingenuas y, a veces, algo arbitrarias.

Además, la gestión de la flexibilidad sigue siendo poco conocida. Según Jaikumar (1984), "con pocas excepciones, los sistemas de manufactura flexibles instalados en los Estados Unidos muestran una asombrosa falta de flexibilidad [en comparación con sus contrapartes japonesas]. En muchos casos, funcionan peor que la tecnología convencional que reemplazan. La tecnología en sí misma no tiene la culpa, es la administración la que hace la diferencia" Baranson (1983) argumenta que la visión global de las empresas japonesas sobre marketing y producción explica por qué los gerentes adoptan una visión integral a largo plazo de las inversiones de capital que consideran no solo el ahorro en mano de obra, material y espacial, sino también de manera más significativa. Las implicaciones estratégicas más amplias de una mayor flexibilidad (para responder a los cambios en las demandas de los consumidores y las amenazas competitivas) y la versatilidad (para satisfacer demandas diversificadas del mercado) en el diseño y producción de productos (De Meyer, Nakane, Miller, & Ferdows, 1989). La evidencia empírica también respalda la opinión de que la flexibilidad no es la adecuada en el momento de la toma de decisiones con respecto a la inversión en tecnología de manufactura (Lim, 1987).

El propósito de este trabajo de investigación es documentar la evolución de nuestra comprensión del concepto de flexibilidad en la manufactura. Para hacer esto, primero se revisará brevemente la literatura económica y organizacional sobre la evolución de los SMF. A continuación, se analiza las diferentes características de la flexibilidad de fabricación, considerando también los factores externos e internos. Se discutirá principalmente de la manufactura de piezas discretas, que incluye talleres de trabajo, líneas de montaje, líneas de transferencia flexibles y SMF, incluidos los sistemas de montaje flexible. Para lograr esta tarea, se clasifica varias flexibilidades que han aparecido en la literatura. El propósito aquí no es desarrollar una taxonomía detallada. Más bien, es para facilitar una visión general de las diversas flexibilidades y sus interrelaciones que se han informado en la literatura.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Flexibilidad: Una perspectiva histórica

A principios del siglo XX, el sistema de fabricación flexible no existía. No había una necesidad apremiante de eficiencia porque los mercados eran nacionales y no había competencia extranjera. Los fabricantes podían decirles a los consumidores qué comprar. Durante ese período, Henry Ford había sido citado diciendo que "la gente puede pedir cualquier color de automóvil siempre y cuando sea negro". Todo el poder quedó en manos del fabricante y los consumidores apenas tuvieron opciones.

Sin embargo, después de la Segunda Guerra Mundial vendría una nueva era en la manufactura. El descubrimiento de nuevos materiales y técnicas de producción aumentó la calidad y la productividad. La guerra condujo a la aparición de mercados extranjeros abiertos y una nueva competencia. El enfoque del mercado pasó del fabricante al consumidor. El primer sistema de fabricación flexible fue patentado en 1965 por Theo Williamson, quien fabricó equipos con control numérico. Ejemplos de equipos controlados numéricamente son como tornos CNC o molinos que son diferentes tipos de SFM.

Durante la década de 1970, con los crecientes desarrollos en el campo de la tecnología, los fabricantes comenzaron a enfrentar dificultades y, por lo tanto, los sistemas de FM se convirtieron en la corriente principal en la fabricación para adaptarse a los nuevos cambios cuando sea necesario. Durante la década de 1980, por primera vez, los fabricantes tuvieron que tomar en consideración la eficiencia, la calidad y la flexibilidad para mantenerse en el negocio.

La preocupación sobre la flexibilidad no es seguramente nueva. Esto ha surgido en numerosos contextos económicos y de organización en décadas pasadas.

2.1.1. La visión económica

Una excelente discusión temprana aparece en Lavington (1921), quien dibuja una conexión entre cambios arbitrarios y el valor de flexibilidad al considerar " el riesgo que proviene de la inmovilidad de recursos invertidos. " más tarde, en el contexto de la teoría de la firma, Stigler (1939) considera que una planta es flexible si tiene una curva de costo

promedio relativamente plana. Marschak y Nelson (1962) argumentan que la noción de Stigler de flexibilidad varía a la inversa con la cuesta de la curva de coste marginal; esto también quiere decir que gastos mínimos medios varían a la inversa con la flexibilidad, o como Stigler manifestó “la flexibilidad no será un ‘bien gratuito’: una planta que operará x unidades de producción por a la semana seguramente tendrá costos más bajos en esa producción que una planta diseñada para ser transitable eficiente de $x / 2$ a $2x$ unidades por semana”. Un ejemplo simple, Marschak y Nelson concluyen que la conveniencia relativa de una planta flexible (p. ej., la flexibilidad de volumen) aumentos como la variación en el precio de mercado (tan moderado por la discrepancia) aumentos y como la capacidad de predecir el precio de mercado antes de la fabricación de una decisión de salida aumenta. Mills (1984) toman estas ideas un paso más lejos y muestran como la flexibilidad endógena es determinada en mercados competitivos con fluctuaciones de demanda. Hart (1940) reconoce que el aplazamiento de las decisiones hasta que llegue más información, es decir, la preservación de la flexibilidad, es un medio fundamental para cumplir con el futuro incertidumbre (Tintner, 1941). Que las personas puedan preferir posponer de elección en ausencia de riesgo e incertidumbre es explorado por Koopmans (1964). Klein y Meckling (1958) consideran el proceso de investigación y desarrollo de un nuevo producto como uno en el que el desarrollador adquiere gradualmente conocimiento sobre la dificultad de formas alternativas de completar esta tarea y toma una secuencia de decisiones, cada asignación una nueva parte de su presupuesto y cada una adecuada al conocimiento acumulado hasta el momento. Massé (1968) formula un problema de elección entre inversiones de capitales rígidas y flexibles teniendo en cuenta explícitamente el costo de la adopción de estas inversiones a los cambios en ambiente futuro.

Citando los trabajos de Stigler, Hart, Klein y Meckling, y otros por la noción de que las buenas acciones actuales pueden ser aquellas que permiten buenas respuestas posteriores a observaciones posteriores, Marschak y Nelson (1962) intentan ampliar la conjetura de que la flexibilidad es buena en un mundo incierto. Proponen tres medidas ordinales de flexibilidad en una decisión en dos etapas problemas. Uno de estos es el siguiente: una acción de primera etapa a_1 es más flexible que otra acción a_2 si el conjunto de posibles decisiones de segunda etapa que sigue a a_1 incluye siguiendo a_2 . Además, muestran que cuanto más el responsable de la toma de decisiones espera aprender sobre las etapas futuras del mundo a medida que pasa el tiempo, más le cuesta preocuparse con la flexibilidad de sus primeras acciones. También reclaman el complemento, cuanto mayor es la flexibilidad en la toma de

decisiones, mayor es el valor de la recolección de información. Esta conversación el problema se trata en detalle en Merkhofer (1977). Kreps (1979) demuestra que las preferencias para la flexibilidad se pueden tratar axiomáticamente y muestra que pueden ser equivalentes a las preferencias derivadas de la teoría de utilidad esperada. Formalización de la noción de flexibilidad en un contexto de decisión secuencial y relacionando su valor con la cantidad de información que el responsable de la decisión espera recibir ha sido intentado por Rosenhead et al. (1972), Henry (1974) Mandelbaum (1978), Jones y Ostroy (1984), Miller (1986) y otros. Determinaron la flexibilidad por el número de alternativas opcionales sobra después de que uno ha tomado una decisión inicial. Henry mostró que, si un modelo se simplifica reemplazando todas las variables aleatorias por sus medios, entonces el modelo simplificado puede Elijia fácilmente una "decisión irreversible" inflexible que la que podría tener el modelo original. Miller muestra que la relajación de la suposición de la demanda independiente en el inventario estándar los modelos conducen a ordenar menos inventarios (es decir, más flexibilidad).

Mandelbaum define la flexibilidad como "la capacidad de responder de manera efectiva a las circunstancias cambiantes" y observa que se puede caracterizar en dos formas diferentes: flexibilidad de acción, "la capacidad de tomar nuevas medidas para enfrentar las nuevas circunstancias" y flexibilidad estatal, "la capacidad de continuar funcionando de manera efectiva a pesar de los cambios en el medio ambiente ". Kulatilaka y Marks (1988) utilizan una formulación de teoría de juegos para valorar la flexibilidad (de acción) de poder cambiar entre tecnologías intensivas en mano de obra e intensivas en capital. Señalan las ventajas o desventajas estratégicas que surgen en la negociación con los proveedores de mano de obra en presencia de contratos incompletos. Asumen un mundo de certeza para aislar los aspectos estratégicos de la flexibilidad de los aspectos de las opciones. Vives (1989) muestra en un contexto de oligopolio con información incompleta que la elección tecnológica de la empresa tiene tanto un valor de flexibilidad como un valor de compromiso estratégico. Además, estudia el impacto de los incrementos en la incertidumbre sobre estos valores.

Jones y Ostroy (1984) consideran explícitamente el costo de cambiar de una acción en este período a otra en la siguiente. Su análisis pone de manifiesto un importante principio de comportamiento: cuanto más variables son las creencias de un decisor, más flexible es la posición que elegirá. Enfatizan: "La forma en que se usa la flexibilidad para explotar la

información futura puede estar dictada por actitudes hacia el riesgo, pero las posiciones flexibles son atractivas no porque sean depósitos seguros de valor, sino porque son buenas reservas de opciones". Black y Scholes (1973), se han intentado calcular el valor de la flexibilidad, vista como una cobertura contra la incertidumbre futura, utilizando su fórmula de precio de opciones; ver, por ejemplo, Andreou (1988), Triantis y Hodder (1989), He y Pindyck (1989), y Richard (1989).

Debido a que nuestra discusión de la flexibilidad como un concepto económico de teoría de decisiones ha sido breve, remitimos al lector para más detalles a Maier (1982) para una encuesta de artículos de flexibilidad en la literatura económica europea y a Cohendet y Llerena (1989) para una encuesta exhaustiva reciente. Para concluir nuestra discusión, dejamos al lector con las siguientes observaciones de Jones y Ostroy (1984) para reflexionar.

En su artículo, Jones y Ostroy indican que ha existido una larga tradición de reconocimiento aislado de que la elección de la flexibilidad es un componente de una amplia gama de decisiones económicas. Ellos conjeturan que su papel limitado en la teoría microeconómica convencional tal vez se deba a las dificultades de definir la flexibilidad de una manera que tenga una aplicación universal y de obtener resultados formales sin las calificaciones específicas del modelo.

2.1.2. La visión organizacional

Existe una literatura sustancial que trata sobre el concepto de flexibilidad en un contexto organizacional. Feibleman y Friend (1945) definen la flexibilidad organizacional como la capacidad de una organización para sufrir cambios limitados sin una desorganización severa; ver también Reich (1932). Ashby (1956) ha propuesto la ley de la variedad requerida, que estipula que la organización debe ser compleja en proporción a la complejidad de los estímulos externos con los que debe tratar. March y Simon (1958) introdujeron el concepto de holgura organizacional que proporciona a una organización el exceso de recursos para hacer frente a las incertidumbres tanto internas como ambientales.

Recientemente, especialmente en el contexto de tecnologías flexibles, nuevas formas organizativas han estado evolucionando más allá de la estructura jerárquica o funcional tradicional. Una clase de arreglos organizacionales que es capaz de responder mucho más rápido al entorno cambiante que las estructuras funcionales se puede llamar formas enfocadas en productos. Estos se organizan alrededor de las funciones de salida en lugar de

alrededor de las funciones de entrada que caracterizan a las organizaciones funcionales tradicionales. Cada uno está organizado "con el grano" para llevar a cabo las tareas particulares a mano (Lindholm, 1975). Estos arreglos complementan muchas de las tecnologías flexibles. Tienen nombres más nuevos, como células de tecnología de grupo, células de ensamblaje paralelo, verkstad de producto (un término sueco que literalmente significa tiendas de productos y podría traducirse como fábricas enfocadas flexibles), plantas dentro de las plantas y organizaciones de red; Preece (1986) ha definido un concepto de flexibilidad estructural, que se refiere a la medida en que la estructura de una organización facilita o dificulta la capacidad de respuesta de los miembros de la organización para cambiar. Este cambio podría iniciarse desde dentro de la propia organización o podría ser un cambio reactivo en respuesta a los cambios en el entorno económico, social o político de la organización. Se han identificado tres tipos principales de flexibilidad laboral. La flexibilidad numérica se refiere a la disposición con la que se puede ajustar el número de personas empleadas para cumplir con la fluctuación en el nivel de demanda; la flexibilidad funcional se refiere a la disposición con que se pueden cambiar las tareas realizadas por los trabajadores en respuesta a las diferentes demandas comerciales; la flexibilidad financiera es la medida en que las prácticas de compensación fomentan y respaldan las otras dos flexibilidades que busca la empresa. Siguiendo a Feibleman y Friend (1945), Kozan (1982) define la flexibilidad del grupo de trabajo como la capacidad del grupo para ajustar sus actividades a condiciones cambiantes sin que estos ajustes den como resultado la desorganización. También desarrolla y prueba una medida para ello en estado estacionario marcha.

El trabajo sobre la flexibilidad a nivel del comportamiento individual se puede ver en Rokeach (1960) y Harvey et al. (1961). Los últimos autores ven a las personas cognitivamente complejas como más flexibles. Las personas que son flexibles son más capaces de lidiar con el conflicto y la ambigüedad.

2.2. Definiciones, propósitos, medios y medidas de diversas flexibilidades

En esta sección se define cuidadosamente varios tipos diferentes de flexibilidades que se informan en la literatura. Nuestras definiciones pueden no ser idénticas a las existentes en la literatura. La modificación es necesaria porque la terminología no está estandarizada y, en algunos casos, las definiciones de flexibilidades particulares que existen en la literatura no concuerdan. Una vez establecidas las definiciones de las diversas flexibilidades,

podremos analizar cada una de ellas en términos de sus propósitos, operativos y estratégicos, los medios para obtenerla y las mediciones y / o valoraciones sugeridas. Si bien los propósitos de una flexibilidad expresan por qué es necesaria, los medios se refieren a las respuestas tecnológicas y gerenciales de la empresa a esa necesidad. Estas son: flexibilidad de la máquina, manejo de materiales, operación, proceso, producto, enrutamiento, volumen, expansión, programa, producción y mercado. Como veremos, los tres primeros se refieren a las flexibilidades de los componentes importantes del sistema, es decir, las máquinas, el sistema de manejo de materiales y las partes que se producirán, respectivamente. Las flexibilidades restantes se aplican al sistema de fabricación como un todo. La Figura 1 proporciona una visión general conveniente de las diversas flexibilidades consideradas; La referencia que seguiremos más de cerca es la de Browne, Dubois, Rathmill, Sethi y Stecke (1984), aunque ocasionalmente nos desviamos de su punto de vista.

La flexibilidad es la cualidad esencial en el SMF. Puede ser vista de muchas maneras diferentes en referencia a una medida general de flexibilidad del SMF: la medida de flexibilidad del sistema.

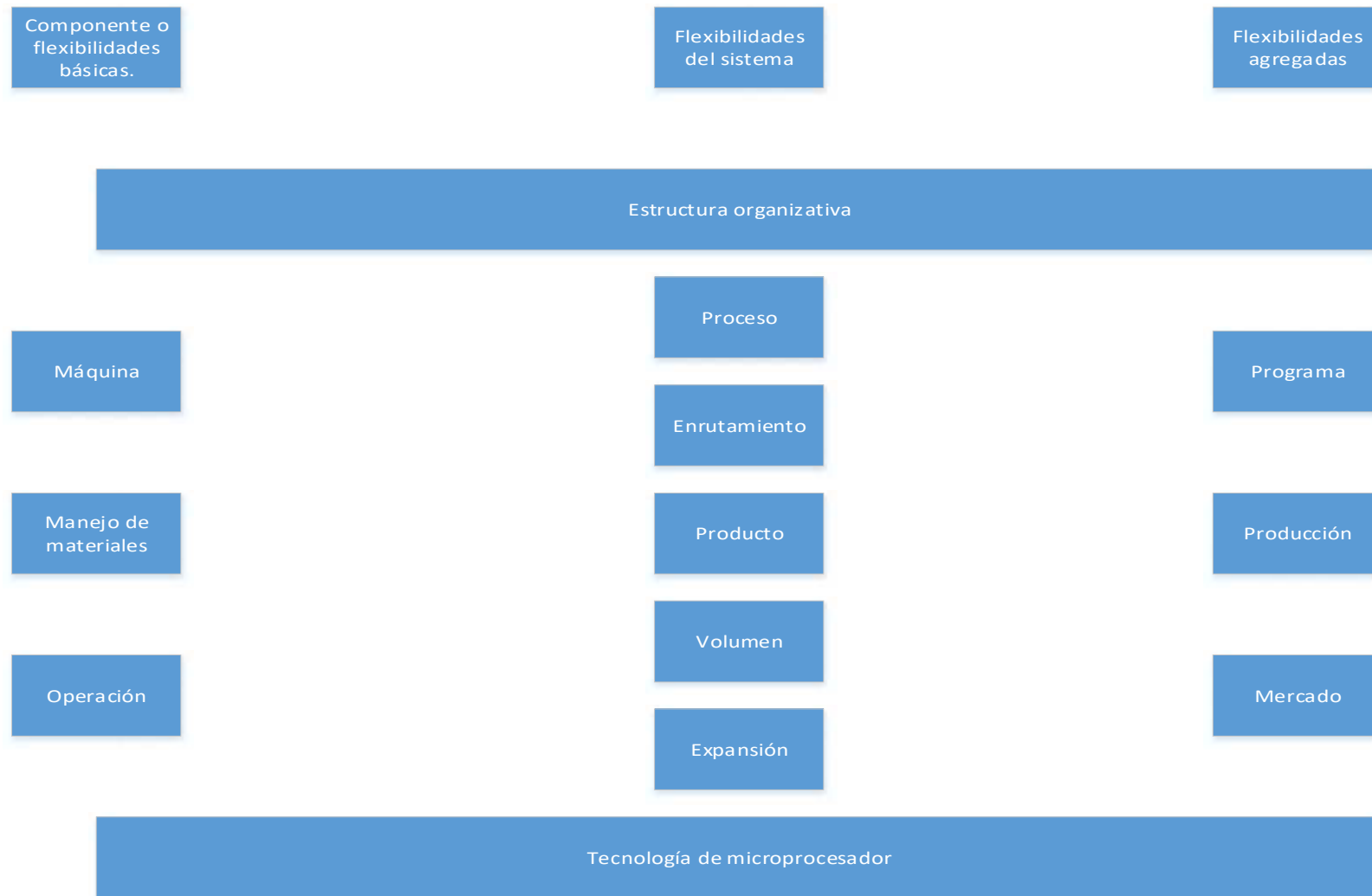


Figura 1 Estructura organizacional de la flexibilidad. Obtenido de: Sethi y Sethi (1990)

2.3. Tipos de flexibilidades

Antes de comenzar a definir estas flexibilidades, debemos observar que una computadora sofisticada y una tecnología de la información y una estructura organizacional flexible subyacen a cada una de ellas, tanto a nivel de componente como de sistema (ver figura 1). Es gracias a esta tecnología que la flexibilidad en la fabricación ha sido posible sin un sacrificio considerable en la eficiencia. En términos generales, una arquitectura celular con información distribuida parece ser la más favorecida. Si bien Kusiak (1986) definió el concepto de flexibilidad del sistema informático medido por su adaptabilidad a las funciones cambiantes, no lo haremos. Por el contrario, optamos por indicar los requisitos de hardware / software de la computadora durante la discusión de las flexibilidades individuales.

2.3.1. Flexibilidad de la máquina

La flexibilidad de la máquina se refiere a los diversos tipos de operaciones que la máquina puede funcionar sin requerir un esfuerzo prohibitivo en el cambio de una operación a otra. En los sistemas de ensamblaje, el término máquina se refiere generalmente a un robot de ensamblaje. Tipos de Las operaciones que tenemos en mente son perforaciones de hasta 1/4 "de diámetro, rectificado endurecido por caja acero a las tolerancias especificadas, ensamblando partes de ciertas formas y tamaños, etc. Tenga en cuenta que permitimos que estas operaciones incluyan la especificación del material de entrada, como su dureza o ductilidad. Con respecto al esfuerzo prohibitivo, por lo general se expresa en términos de tiempo y costo Sin duda, descartaría rediseñar la máquina por completo. Sobre el Por otro lado, podría no excluir el cambio de herramientas en la revista de herramientas. Esta definición, aunque no es contradictoria, es diferente de la proporcionada por Browne et al. (1984). Es más cercano al de Carter (1986), quien lo define como el universo de lo posible usos de la máquina y la facilidad de conversión de un uso a otro. La motivación para nuestra definición radica en cuán útil es la definición para evaluar la contribución de la máquina dada hacia la flexibilidad de fabricación de un sistema, no aun completamente especificado y sujeto a grandes cambios en el largo plazo, de los cuales la máquina se convertirá en un elemento. Tal evaluación nos puede permitir, por ejemplo, hacer una informe decisión de comprar o no comprar la máquina.

2.3.2. Flexibilidad de manejo de materiales

La flexibilidad de un sistema de manejo de materiales es su capacidad de mover diferentes tipos de piezas de manera eficiente para un posicionamiento y procesamiento adecuados a través de las instalaciones de fabricación a las que sirve. La definición cubre la carga y descarga de piezas, transportándolas de una máquina a otra y eventualmente almacenándolas en diferentes condiciones de las instalaciones de fabricación. Esta definición es consistente con la discusión en Diebold (1952), Stecke y Browne (1985), Eidenmueller (1986), Peter (1984), Kusiak (1986) y Chatterjee et al. ((1984), (1987)). Estos últimos autores definen la capacidad del sistema de manejo de materiales en términos de ubicación física de cada grupo de máquinas, los enlaces entre cada par de grupos y entre cada par de máquinas dentro de cada grupo, y los tiempos para cada movimiento posible entre máquinas. A partir de estos, es posible definir el conjunto de todas las rutas de materiales posibles que pueden admitirse en la fábrica. Peter enfatiza los tamaños de buffer, la capacidad de acomodar diferentes partes de diferentes formas y tamaños, y el reajuste de caminos en caso de expansión. La definición también subsume la flexibilidad del accesorio de paleta definida por Newman (1986). Esta flexibilidad determina el grado de libertad disponible para los programas de carga parcial.

2.3.3. Flexibilidad de operación

La flexibilidad de operación de una parte se refiere a su capacidad para producirse de diferentes maneras. La flexibilidad de operación es una propiedad de la pieza, y significa que la pieza puede ser producida con planes de proceso alternativos, donde un plan de proceso significa una secuencia de operaciones requeridas para producir la pieza. Un plan de proceso alternativo puede obtenerse mediante un intercambio o una sustitución de ciertas operaciones por otros. Por lo tanto, una parte que permita que las operaciones se realicen en órdenes alternativas o que usen diferentes operaciones (es decir, suspensión compactada frente a desempolvadora de cepillo metálico) de forma intercambiable poseería flexibilidad de operación. Se considerará que un proceso tiene flexibilidad de operación si las piezas que se están produciendo en el sistema poseen flexibilidad de operación y si el sistema de manejo de materiales puede entregar partes a las máquinas en diferentes órdenes posibles. La definición de la flexibilidad de operación de un proceso es consistente con Browne et al. (1984), Maier (1982), y Chatterjee et al. (1987).

2.3.4. Flexibilidad de proceso

La flexibilidad del proceso de un sistema de fabricación se relaciona con el conjunto de tipos de piezas que el sistema puede producir sin grandes configuraciones. Esta definición es similar a la de Browne et al. (1984). Otro término preferido es la flexibilidad de mezcla utilizada por Gerwin (1982) y Carter (1986). Buzacott (1982) utiliza el término flexibilidad laboral, que se relaciona con la capacidad del sistema para hacer frente a los cambios en los trabajos que el sistema debe procesar; Rempp (1982) y Behrbohm (1985) usan el término Einsatzflexibilitaet; Friest et al. (1984), Kegg (1984) y Melcher y Booth (1987) usan el término flexibilidad de partmix; y Yamashina et al. (1986) lo llaman flexibilidad variante. Falkner (1986) considera que un sistema es flexible en cuanto a procesos si los costos de fabricación son relativamente estables en una amplia mezcla de productos de amplio rango. El uso del término flexibilidad a corto plazo por Warnecke y Steinhilper (1982) enfatiza el conjunto de partes que se pueden producir en el corto plazo.

2.3.5. Flexibilidad del producto

La flexibilidad del producto es la facilidad con la que se pueden agregar o sustituir nuevas partes existentes. En otras palabras, la flexibilidad del producto es la facilidad con la que la mezcla de piezas que se está produciendo actualmente se puede cambiar de forma económica y rápida. Debe tenerse en cuenta que la adición de nuevas piezas implicará invariablemente alguna configuración. Esto distingue la flexibilidad del producto de la flexibilidad del proceso. Lo que se requiere para la flexibilidad del producto es que la configuración no implique cantidades desproporcionadas de tiempo y costo. También debemos enfatizar que las nuevas partes en la definición anterior no pueden ser arbitrarias. Es importante señalar que en la encuesta de Lim (1987) sobre los SMF en el Reino Unido, 11 de las 12 empresas que presentaron informes consideraron que la flexibilidad en la fabricación significa flexibilidad del producto.

La definición es consistente con Browne et al. (1984), Gerwin's (1982) y Falkner's (1986) flexibilidad de las partes, flexibilidad de la acción de Mandelbaum (1978), adecuación del diseño de Zelenovic (1982), la flexibilidad dinámica de Cohendet y Llerena (1989), flexibilidad de vida del producto corta de Yamashina et al. (1986), y la flexibilidad de cambio de partes de Freist et al. (1984) y Kegg (1984). Esta definición también incluye la flexibilidad de cambio de diseño de Gerwin (1982), así como las flexibilidades de cambio y modificación de Gerwin y Tarondeau (1989). Hedrich (1983) y Maier (1982) definen un

concepto relacionado de Fertigungsredundanz, que significa un sistema con una redundancia incorporada para llevar a cabo tareas que actualmente no son necesarias.

2.3.6. Flexibilidad de enrutamiento

La flexibilidad de enrutamiento de un sistema de fabricación es su capacidad de producir una pieza mediante rutas alternativas a través del sistema.

Las rutas alternativas pueden usar diferentes máquinas, diferentes operaciones o diferentes secuencias de operaciones. Típicamente, estas máquinas diferentes (por ejemplo, torno y fresadoras o dos marcas de rectificadoras) son aquellas capaces de esencialmente los mismos procesos. Cabe señalar que la flexibilidad de enrutamiento es diferente de la flexibilidad de operación en el sentido de que el primero es propiedad de un sistema, mientras que el segundo es el de una parte. Incluso una parte con una única secuencia de operaciones especificada, es decir, sin flexibilidad de operación, puede aún procesarse usando diferentes rutas a través del sistema. También es diferente de la flexibilidad de manejo de materiales, que es propiedad de un componente específico del sistema. Por lo tanto, con el subsistema de manejo de materiales existente, solo algunas de las rutas, mediante las cuales es posible producir una pieza bajo un subsistema universal, pueden ser factibles. La definición es similar a Falkner (1986), Freist et al. (1984), Kegg (1984), la flexibilidad de programación de Buzacott (1982), la flexibilidad del proceso de Jaikumar (1984) y Durchlaufzeituegigkeit de Herrman y Pferdmenes (1980), Maier (1982) y Behrbohm (1985). También es consistente con Gerwin (1982), Buzacott (1982) y Browne et al. (1984), aunque estos autores enfatizan la capacidad del sistema para redirigir partes en caso de avería de la máquina.

2.3.7. Flexibilidad de volumen

La flexibilidad de volumen de un sistema de fabricación es su capacidad para ser operado de manera rentable a diferentes niveles de producción en general. Esta definición es similar a las de Browne et al. (1984), Gerwin (1982), Maier (1982), Behrbohm (1985), Freist et al. (1984) y Kegg (1984). También es similar a la flexibilidad de la demanda de Son and Park (1987). La flexibilidad de volumen tiene cierto grado de intercambiabilidad con la flexibilidad de entrega de Slack (1987): la capacidad de cambiar las fechas de entrega planificadas o asumidas.

2.3.8. Flexibilidad de expansión

La flexibilidad de expansión de un sistema de fabricación es la facilidad con la que se puede aumentar su capacidad y capacidad cuando sea necesario. La capacidad es en términos de tasa de salida por unidad de tiempo, mientras que la capacidad se refiere a características como la calidad, el estado tecnológico, otros tipos de flexibilidad, etc. Tenga en cuenta que, a diferencia de la flexibilidad de volumen, la flexibilidad de expansión se refiere a la capacidad, es decir, nivel de salida máximo factible. La flexibilidad de expansión hace que sea más fácil reemplazar o agregar maquinaria al proporcionar tales posibilidades en el diseño original. La facilidad en esta conexión se refiere al esfuerzo general necesario para la expansión. Incluiría el costo directo, el costo indirecto de la interrupción en la producción debido a la expansión y la velocidad con que se puede lograr la expansión. Esta definición es similar a la de Browne et al. (1984), Carter (1986) y Falkner (1986). Buzacott y Mandelbaum (1982) también incluyen la capacidad del sistema para contratar como parte de la definición. Conceptos relacionados son la flexibilidad de diseño de Zelenovic (1982), la flexibilidad del sistema de Young y Murray (1986) y el Entwicklungsflexibilitaet de Jacob (1974).

2.3.9. Flexibilidad del programa

La flexibilidad del programa es la capacidad del sistema para funcionar prácticamente sin supervisión durante un período suficientemente largo. Esta flexibilidad es un ejemplo de la flexibilidad estatal de Mandelbaum (1978) y de la implementación de la primera alternativa de Simon (1977); Además, subsume la noción de flexibilidad adaptativa de Zelenovic (1982). La definición es una ligera modificación de la flexibilidad del programa definida por Jaikumar (1984). Utiliza las palabras "durante el segundo y tercer turno" en lugar de "durante un período suficientemente largo" en la definición anterior. La operación no retenida durante el segundo y tercer turno ha sido extremadamente importante para Jaikumar (1984) en su estudio comparativo de los SMF estadounidenses y japoneses. En tal modo de operación, la inspección, el montaje y el mantenimiento se pueden realizar durante el primer turno.

2.3.10. Flexibilidad del mercado

La flexibilidad del mercado es la facilidad con la que el sistema de fabricación puede adaptarse a un entorno de mercado cambiante. Este concepto enfatiza la importancia de la

orientación de mercado en la fabricación. Especialmente en mercados que cambian rápidamente, la interfaz entre las funciones de producción y comercialización se vuelve crucial. Debería ser obvio que la flexibilidad del mercado del sistema de fabricación complementa su producción y flexibilidad de programas. Gerwin y Tarondeau (1989) se refieren a las flexibilidades de productos, procesos y volúmenes como las flexibilidades orientadas al mercado. Además, incluyen flexibilidad de modificación para permitir las incertidumbres que existen en el momento del diseño del producto en cuanto a los atributos del producto que los clientes desean. Con flexibilidad de modificación, existe la posibilidad de implementar cambios de diseño menores en un producto determinado. La flexibilidad del mercado incluye la flexibilidad de distribución de Ranta (1988), que incluye el inventario, el transporte y los medios administrativos para crear flexibilidad en el lugar, el tiempo, el tamaño y el surtido de entregas para lograr la satisfacción del cliente.

2.3.11. Vínculos entre varias flexibilidades

Después de describir varias flexibilidades en detalle, observamos que la figura 1 resume los vínculos que se ha informado que existen entre ellos; ver también Ollus y Mieskonen (1989) para una figura similar. La figura indica que las flexibilidades de los componentes contribuyen a las diversas flexibilidades del sistema. Estos a su vez influyen en las flexibilidades agregadas como se muestra. Vista desde otra perspectiva, la estrategia de fabricación de la empresa dicta el alcance de las flexibilidades del sistema y, a su vez, de las flexibilidades de los componentes que la empresa debe poseer. La figura también indica que la estructura de la organización y la tecnología del microprocesador subyacen a todas las flexibilidades. Las cifras que indican la necesidad de flexibilidades para tratar la variedad y la incertidumbre a corto y largo plazo y una jerarquía entre las flexibilidades también se dan en Slack (1987); ver también Browne et al. (1984) y Yilmaz y Davis (1987). Slack enfatiza que el aspecto de respuesta de una flexibilidad es necesario en el corto plazo, mientras que el aspecto de rango es necesario a largo plazo. Yilmaz y Davis caracterizan flexibilities en términos de tres atributos; a veces, después de un tiempo y con el tiempo. Según ellos, las flexibilidades de la máquina y del enrutamiento pueden estar relacionadas con la flexibilidad a veces; las flexibilidades de operación, proceso y producto pueden estar relacionadas con la flexibilidad después de un tiempo; y las flexibilidades de volumen, expansión y producción pueden estar relacionadas con la flexibilidad en el tiempo.

2.3.12. Modelos de optimización relacionados con la flexibilidad de fabricación

En vista de una encuesta reciente de estos modelos realizada por Fine (1988), nuestra discusión será muy breve. Los modelos no tratados por Fine también se incluyen en la siguiente revisión. Fine clasifica los modelos considerados en tres grupos en función de los fenómenos económicos que consideran:

1) flexibilidad como protección contra la incertidumbre; 2) interacciones entre flexibilidad e inventario; y 3) la flexibilidad como una variable estratégica que influye en las acciones de la competencia. Seguimos la misma clasificación para nuestra revisión.

Formalizan la idea de complementariedad grupos de actividades que existen entre la producción, el marketing y el diseño de ingeniería e incorporarlo en un modelo de aumento de beneficios no condicional y no condicional de una empresa monopolística (o una empresa monopolísticamente competitiva). La característica definitoria de estos grupos de complementos es que, si aumentan los niveles de cualquier subconjunto de las actividades, entonces aumenta el retorno marginal a aumentos en cualquiera o en todas las actividades restantes. En el modelo se representan varios aspectos de flexibilidad mediante la inclusión de variables tales como el número de mejoras del producto por producto por período, el costo de diseño por mejora del producto, el costo de instalación en productos recientemente modificados, el número de configuraciones por período y el tiempo de entrega.

Milgrom y Roberts usan métodos puramente algebraicos (teoría de redes) para argumentar que la optimización de ganancias en el tiempo genera muchos de los patrones observados (o agrupamiento de características) que marcan la fabricación moderna. El mercadeo en estas empresas enfatiza los bajos precios, la alta calidad y las mejoras frecuentes en los productos. La producción quiere cosas tales como bajos niveles de inventario y diseños de productos que usan entradas comunes.

A nivel organizacional, existe un amplio uso de comunicación estrecha y planificación conjunta con los proveedores. Además, las no convexidades en el modelo mitigan la distribución fluida de estas características entre las empresas. Por lo tanto, cualquier evidencia de agrupamientos claramente separados de las características de las empresas -las empresas tienden a ampliar sus líneas de productos o tienden a convertirse en fábricas enfocadas- tenderían a apoyar la teoría de Milgrom-Roberts. En el grupo 3, hay pocos documentos de teoría del juego que analizan la dinámica competitiva que implica la

tecnología de fabricación flexible. Fine (1988) señala que "teniendo en cuenta la riqueza de los observadores que promocionan los beneficios estratégicos de los sistemas de fabricación flexibles, esta escasez es un poco sorprendente". Gaimon (1988) considera un modelo de juego cuadrático diferencial de dos firmas para comparar cómo se comparan las estrategias de adquisición de tecnología de las empresas bajo el supuesto de una dinámica de circuito abierto y circuito cerrado. Los resultados sugieren que las empresas cobran precios más altos, adquieren menos tecnología nueva, compran menos capacidad total y obtienen mayores ganancias en un juego de circuito cerrado. Fine y Pappu (1988) asumen dos empresas y dos mercados y cada empresa tiene un monopolio en su propio mercado. Hay dos equilibrios posibles. En uno, ambas firmas compran tecnología flexible y terminan con ganancias de duopolio más bajas. En el otro, cada empresa compra tecnología flexible solo para fines defensivos, es decir, cada uno se queda en sus propios mercados. Una vez más, ambas firmas están peor. Milgrom y Roberts (1988) amplían su modelo descrito en el grupo 2 anterior para incorporar aspectos teóricos de juego, así como también incertidumbres en el entorno. Finalmente, Roeller y Tombak (1989) exploran las implicaciones de la estructura del mercado en la selección de SMF. Analizan un juego en dos etapas n-empresa en el que las empresas eligen entre una tecnología flexible y dedicada en la primera etapa, y luego eligen cantidades de producción en la segunda etapa. Encuentran que a medida que las industrias se vuelven más competitivas, las empresas se diversifican en tecnologías, es decir, las empresas de SMF se vuelven menos dominantes, mientras que las empresas con tecnologías dedicadas se vuelven predominantes.

2.4. Componentes del catálogo de flexibilidad.

El catálogo de flexibilidad utiliza la estructura de factores de influencia externos (tendencias del mercado), factores de influencia internos (objetivos de la empresa), áreas funcionales (prácticas) de SMF (Tonelli, 2016) como componentes e introduce el tipo de flexibilidad como un elemento nuevo para presentar diferentes manifestaciones de flexibilidad en Fabricación que tiene un impacto en el sistema completo.

2.4.1. Factores de influencia externos

La visión externa representa las tendencias del mercado. Este componente describe el entorno específico en el que opera una empresa. Una de las principales tendencias actuales del mercado en la fabricación podría ser la complejidad de las cadenas de suministro debido

a la disminución del tamaño de los lotes y al aumento de la personalización (Bozarth, 2009) (Bitkom, 2015).

Sin embargo, las tendencias del mercado pueden variar de una industria a otra y llevar a bibliotecas específicas de la industria para presentar las posibles tendencias del mercado. No obstante, hay categorías globales que se aplican a cada biblioteca. En alineación con Kara y Kayis (2004), estas categorías son la demanda, el ciclo de vida del producto y el espectro de variantes. Cada tendencia puede asignarse a al menos una de esas categorías relacionadas con el mercado.

2.4.2. Factores de influencia interna.

A la vista externa sigue el análisis del proceso interno y las estrategias. Por lo tanto, la sección de objetivos de la empresa de SMF se utiliza para representar los factores de influencia internos, incluidos los objetivos y las estrategias de la empresa de fabricación. En general, el catálogo de flexibilidad apunta a alinear los factores de influencia internos de acuerdo con las dimensiones del triángulo de hierro: desempeño / calidad, tiempo / cronograma y costo (Morris & Sember, 2008).

En general, el catálogo de flexibilidad sugiere alinear los factores de influencia internos de acuerdo con las dimensiones de Método de triple restricción: rendimiento, tiempo y costo. Diferentes factores de influencia interna pueden derivarse de las estrategias genéricas de diferenciación, liderazgo en costos y enfoque de Porter (1980). En este caso, la estrategia de diferenciación se ajusta a la dimensión del desempeño, lo que significa que el indicador más importante para la diferenciación es el desempeño, que podría llevar a costos más altos.

Cuando se favorece una estrategia de liderazgo en costos, el enfoque debe estar en las restricciones de costos mientras se tienen menos requisitos con respecto al desempeño. Sin embargo, los conjuntos específicos de posibles estrategias pueden variar nuevamente de un escenario a otro, lo que lleva a bibliotecas específicas de la industria que contienen todos los posibles factores de influencia. No obstante, la estructura introducida anteriormente sigue siendo la misma y estos factores de influencia deben formularse como requisitos de costo, rendimiento y tiempo.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación documental, que sirve como complemento y extensión de la investigación biográfica, adquiere diferentes significados en el campo de la educación. En cierto sentido, la investigación documental se convierte en sinónimo de investigación de archivos y aborda cuestiones relacionadas con el papel y el uso de documentos y registros públicos y privados. En otro sentido, la investigación documental produce artefactos y cultura material a través de la representación artística, imágenes en movimiento e imágenes fijas y grabaciones de sonido.

El medio documental como una forma de investigación de archivos parece más pronunciado en el área de la historia, y muchos historiadores del currículum trabajan extensamente con documentos primarios. Irónicamente, dentro de la tradición de las ciencias sociales y el campo de la investigación cualitativa, con su énfasis en la generación de datos a través de diversos medios de investigación, el uso de documentos existentes del pasado y el presente parece eclipsado. Sin embargo, el campo de la sociología mantiene una larga y popular tradición de investigación documental y, con la continua evolución de fuentes documentales híbridas y virtuales de internet y correo electrónico, esta forma de datos, evidencia y documentación se volverá más común como investigadores cualitativos y cuantitativos. Reconocer que deben evaluar y determinar la procedencia de la información (McCulloch, 2004) Los documentos personales incluyen correspondencia, diarios, escritos autobiográficos y memorias. Los documentos públicos generalmente comprenden documentos publicados y presentados públicamente, incluidos periódicos, revistas, folletos, libros, etc. La documentación oficial incluye documentos administrativos que representan a agencias y organizaciones.

La búsqueda bibliográfica se realizó como parte de este proceso de investigación. Este tipo de método consiste en revisar textos, documentos, artículos, folletos, revistas y referencias científicas impresas. Sirve para apoyar el desarrollo del tema de estudio de la asignatura. Esta investigación se basa en el redescubrimiento de información, y los métodos aplicados para responder a los objetivos originalmente propuestos son lógicos y cognitivos. La técnica utilizada fue la mejor para interpretar textos, informes, folletos y todo el material documental. Las principales fuentes y documentos cubiertos incluyen: informes, artículos científicos y libros provenientes de la base de datos de Scopus.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL TEMA

4.1. Sistema de Manufactura Flexible

Un SMF es un sistema de fabricación en el que hay cierta flexibilidad para reaccionar en el caso de cambios, ya sean predichos o no (Shivanand, 2006). Esta flexibilidad se puede dividir en dos categorías:

La flexibilidad de la máquina cubre la capacidad del sistema para cambiarse para producir nuevos tipos de productos y la capacidad de cambiar el orden de las operaciones ejecutadas en una pieza (Chandra & Tombak, 1992).

La flexibilidad de enrutamiento consiste en la capacidad de usar varias máquinas para realizar la misma operación en una parte, así como la capacidad del sistema para absorber cambios a gran escala, como el volumen o la capacidad (Burger, Demartini, Tonelli, Bodendorf, & Testa, 2017).

La mayoría de los sistemas SMF constan de tres sistemas principales.

- Las máquinas de trabajo que suelen utilizar máquinas informatizadas,
- Sistema de manejo de materiales para optimizar el flujo de piezas, y
- La computadora de control central que controla los movimientos de material y el flujo de la máquina.

Un SMF consta de robots, máquinas controladas por computadora, máquinas con control numérico (CNC), dispositivos de instrumentación, computadoras, sensores y otros sistemas independientes, como máquinas de inspección, como se muestra en la Figura 2.

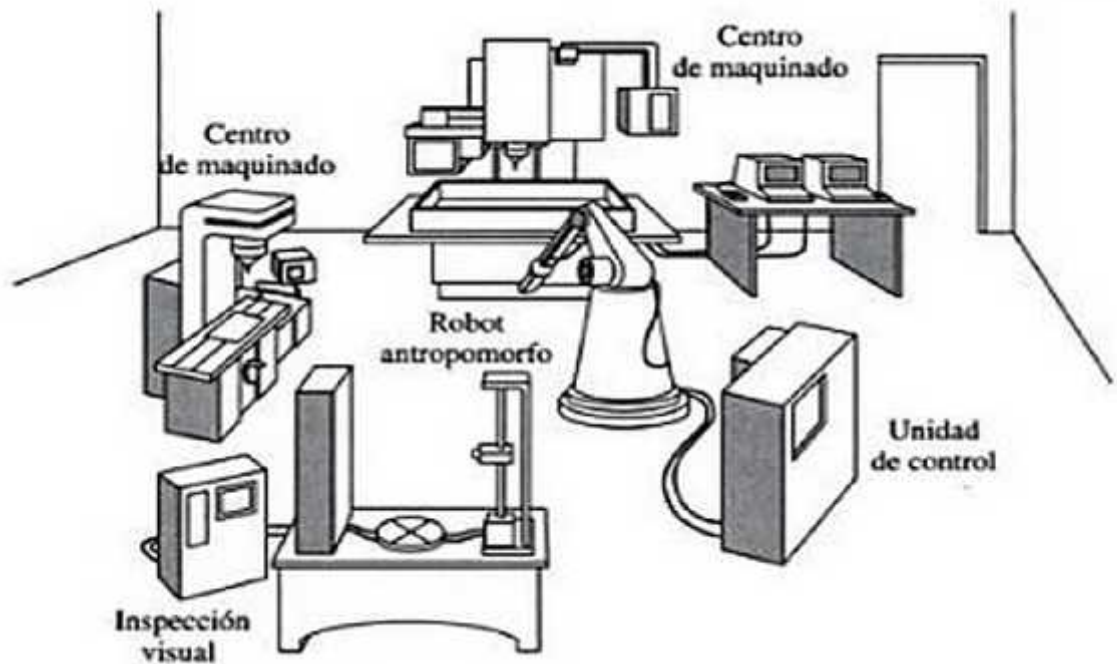


Figura 2 Ilustración del SMF. Obtenido de: Shivanand (2006)

El uso de robots en el segmento de producción de las industrias manufactureras promete una variedad de beneficios que van desde una alta utilización hasta un alto volumen de productividad (Shivanand, 2006). Cada célula o nodo robótico se ubicará a lo largo de un sistema de manejo de materiales como un transportador o un vehículo guiado automático como se muestra en la Figura 3.



Figura 3 Robótica ubicada a lo largo de un sistema de manejo de materiales. Obtenido de: Shivanand (2006)

La producción de cada pieza de trabajo requerirá una combinación diferente de nodos de fabricación (Hitomi, 2017). El movimiento de partes de un nodo a otro se realiza a través

del sistema de manejo de materiales. Al final del procesamiento de la pieza, las piezas terminadas se enviarán a un nodo de inspección automática y, posteriormente, se descargarán del SMF.

El tráfico de datos de SMF consiste en archivos grandes y mensajes cortos, y en su mayoría proviene de nodos, dispositivos e instrumentos. El tamaño del mensaje varía entre unos pocos bytes y varios cientos de bytes. El software ejecutivo y otros datos, por ejemplo, son archivos de gran tamaño, mientras que los mensajes para el mecanizado de datos, las comunicaciones de instrumento a instrumento, el monitoreo de estado y el informe de datos se transmiten en tamaño pequeño (Shivanand, 2006). También hay alguna variación en el tiempo de respuesta. Los archivos de programas grandes de una computadora principal suelen demorar un tiempo prolongado en descargarse en cada instrumento o nodo al comienzo de la operación de SMF.

Los mensajes para los datos del instrumento deben enviarse en un tiempo periódico con un retraso de tiempo determinístico. Otro tipo de mensajes utilizados para informes de emergencia es de tamaño muy corto y se debe transmitir y recibir con una respuesta casi instantánea. Las demandas de un protocolo SMF confiable que respalde todas las características de los datos SMF son ahora urgentes. Los protocolos estándar existentes de IEEE no satisfacen completamente los requisitos de comunicación en tiempo real en este entorno. El retraso de CSMA / CD es ilimitado a medida que aumenta el número de nodos debido a las colisiones de mensajes. El Token Bus tiene un retraso de mensaje determinístico, pero no es compatible con el esquema de acceso prioritario que se necesita en las comunicaciones SMF. El Token Ring proporciona acceso prioritario y tiene un retraso de mensaje bajo, sin embargo, su transmisión de datos no es confiable. Una falla de un solo nodo que puede ocurrir con bastante frecuencia en SMF causa errores de transmisión al pasar el mensaje en ese nodo (Burger, Demartini, Tonelli, Bodendorf, & Testa, 2017).

El anillo resulta en una alta instalación de cableado y costo. Se necesita un diseño de protocolo de comunicación SMF que admita una comunicación en tiempo real con un retardo de mensaje acotado y reaccione rápidamente a cualquier señal de emergencia. Debido a la falla de la máquina y al mal funcionamiento debido al calor, el polvo y las interferencias electromagnéticas, se necesita un mecanismo priorizado y la transmisión inmediata de mensajes de emergencia para poder aplicar un procedimiento de recuperación adecuado. Se propuso una modificación del Token Bus estándar para implementar un

esquema de acceso priorizado para permitir la transmisión de mensajes cortos y periódicos con un retardo bajo en comparación con el de los mensajes largos.

4.2. Ventajas y desventajas de la implementación de SMF

4.2.1. Ventajas

El SMF permite fabricar un número significativo de productos diferentes sin tener que hacer cambios drásticos en los medios de producción, ni perder mucho tiempo en hacerlos, esto otorga a las empresas que utilizan el sistema, una ventaja competitiva si se toma en cuenta que: la demanda actual cambia a una velocidad acelerada, los ciclos de vida de los productos son cada vez más cortos. En este sentido, el SMF es una herramienta que permite tener una mayor sensibilidad a los cambios de los mercados, es por esto que una empresa que utiliza un SMF tiene mayores oportunidades de seguir prosperando en el mercado que las que no responden de manera rápida a los cambios.

Estos sistemas pueden ser casi tan flexibles y de mayor complejidad que un taller de trabajo y al mismo tiempo tener la capacidad de casi alcanzar la eficiencia de una línea de ensamble. También en los SMF cada máquina/herramienta es capaz de realizar muchas operaciones debido a su versatilidad y a su capacidad de intercambiar herramientas con rapidez, esto ahorra tiempo de preparación para la producción. Adicionalmente, el número de trabajadores en la nómina de la empresa se ve reducida al implementar un SMF a una empresa tradicional ya existente.

Otra ventaja del SMF es que cuenta con un sistema de cómputo que posee la capacidad para llevar a cabo la planeación de la producción y el manejo de materiales en el sistema.

Para ejemplificar todas estas ventajas se presenta el caso de la empresa Yamazaki Machinery Company ubicada en Japón que instaló el SMF para toda su planta que le costó 18 millones de dólares. Los beneficios fueron los siguientes:

- El número de máquinas usadas se redujo de 68 a 18
- El número de empleados se redujo de 215 a 12
- El espacio de la planta pasó 2900 metros cúbicos a 850 metros cúbicos-
- El tiempo promedio de proceso dejó de ser de 35 días a 1.5 días.

En resumen, el SMF presenta las siguientes ventajas (Shivanand, 2006):

- Cambios más rápidos y de menor costo de una parte a otra, lo que mejorará la utilización del capital
- Menor costo de mano de obra directa, debido a la reducción en el número de trabajadores.
- Inventario reducido, debido a la precisión de planificación y programación.
- Consistente y de mejor calidad, debido al control automatizado.
- Menor costo / unidad de producción, debido a la mayor productividad con el mismo número de trabajadores
- Ahorros de la mano de obra indirecta, de errores reducidos, reprocesos, reparaciones y rechazos.

4.2.2. Desventajas

Hay algunas desventajas de los sistemas de fabricación flexibles que muchas empresas deberían tener en cuenta. Lo más importante es que su implementación en el proceso de producción puede ser complicada. Requiere una planificación extensa, que puede implicar la creación de diseños y programas detallados.

Los sistemas de fabricación flexibles también requieren empleados altamente calificados para operar la maquinaria. Los sueldos para estos trabajadores pueden ser caros. Además, debido a que estos sistemas son tan complicados, se necesita un conjunto diferente de trabajadores calificados para el mantenimiento y las reparaciones. La compensación para estos empleados puede ser bastante costosa también.

Por encima de todo, comprar o adaptar maquinaria será caro. Dicho esto, los sistemas de fabricación flexible están disponibles principalmente para las empresas más grandes porque tienen ingresos suficientes para invertir en los sistemas y mantenerlos.

En resumen, el SMF presenta las siguientes desventajas (Shivanand, 2006):

- Capacidad limitada para adaptarse a los cambios en el producto o la mezcla de productos (por ejemplo, las máquinas tienen una capacidad limitada y las herramientas necesarias para los productos, incluso de la misma familia, no siempre son posibles en un SMF determinado)
- Actividad de planificación previa sustancial

- Caro, cuesta millones de dólares.
- Problemas tecnológicos de posicionamiento exacto de los componentes y tiempo preciso necesario para procesar un componente
- Sistemas de fabricación sofisticados.

4.3. Máquina CNC

CNC es el proceso de fabricación de piezas mecanizadas. En la figura 4 se puede observar que este proceso es manipulado por un controlador computarizado llamado Unidad de Control de Máquina (MCU) (Shivanand, 2006). El MCU genera, almacena y procesa programas CNC. La MCU usa motores para impulsar cada eje de una máquina y regula su dirección, velocidad y la cantidad de tiempo que rota cada motor.

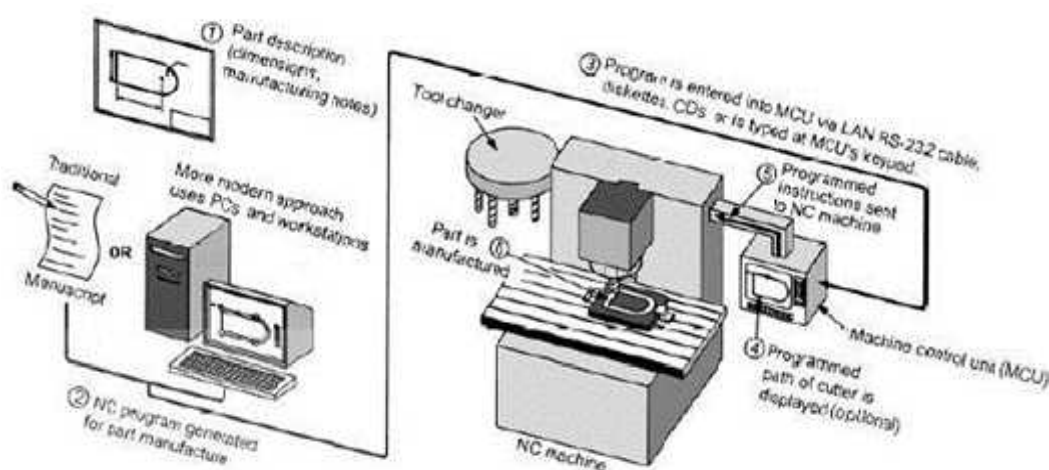


Figura 4 Dibujo esquemático de piezas de una máquina CNC. Obtenido de: Shivanand (2006)

Tipos de control del sistema

Movimiento de la herramienta de punto a punto: la herramienta se desplaza a un punto de la parte y ejecuta una operación en ese punto solo como se muestra en la figura 5. La herramienta no está en contacto continuo con la parte mientras está trasladado a un lugar de trabajo. Operaciones: taladrado, escariado, taladrado, roscado y punzonado.

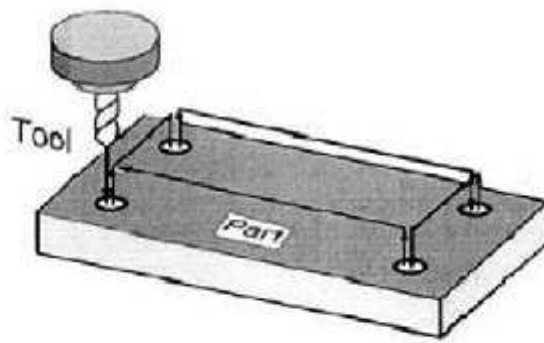


Figura 5 Movimiento de herramienta punto a punto. Obtenido de: Shivanand (2006)

Movimiento continuo de la herramienta de trayectoria: la herramienta mantiene un contacto continuo con la pieza a medida que la herramienta corta una forma de contorno como se muestra en la Figura 6. Los controladores de trayectoria continua producen movimiento al interpolar cada punto. La interpolación es un método matemático de aproximación de las posiciones verdaderas o exactas requeridas para seguir una trayectoria pre calculada. Operaciones: fresado a lo largo de líneas en cualquier ángulo, fresado de arcos y torneado.

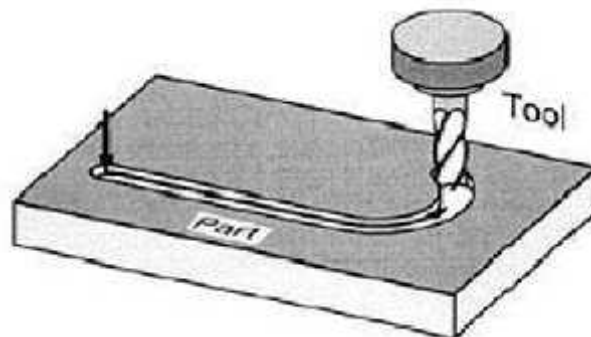


Figura 6 Movimiento continuo de la herramienta. Obtenido de: Shivanand (2006)

Sistemas de bucles para controlar el movimiento de la herramienta [movimiento de la máquina CNC]:

Un sistema de bucle envía señales eléctricas para controlar los controladores del motor y recibe algún tipo de retroalimentación eléctrica de los controladores del motor. La tolerancia a la cual se puede cortar una parte depende del tipo de sistema de bucle.

Sistema de bucle abierto: utilice motores paso a paso para crear movimientos de la máquina. Los motores paso a paso giran una cantidad fija. Los motores están conectados al husillo y al husillo de la mesa de la máquina. El controlador del motor envía las señales de vuelta indicando el final del movimiento. La retroalimentación no se utiliza para verificar la precisión del movimiento de la máquina con el movimiento exacto programado. El retroceso aumenta debido a la fricción generada por el tornillo de avance. El retroceso puede causar errores de posicionamiento al invertir el movimiento (Xiao, Zheng, Huan, & Lei, 2015).

Sistema de circuito cerrado: utilice servomotores para crear movimientos de la máquina. Los tipos de motores incluyen servos de CA, servos de CC y servos hidráulicos. Los servos hidráulicos son los más potentes y utilizados en las grandes máquinas CNC. La velocidad del servo AC o DC es variable y depende de la cantidad de corriente que pasa a través de él. La retroalimentación del servo se envía a la MCU. La unidad compara el comando de movimiento de MCU y la retroalimentación de voltaje [velocidad del motor] del tacómetro y devuelve al motor la diferencia entre los dos valores o error 1-10..

Control de Backlash: Todos los husillos de bolas tienen algún "deslizamiento" o retroceso en el montaje. Esta reacción provoca errores cuando el tornillo invierte la dirección y la tuerca queda rezagada. El moderno equipo de calibración láser de máquina-herramienta se usa para medir con precisión la cantidad de jarra y el juego en el sistema de posicionamiento CNC. A medida que la máquina se desgasta, el valor del contragolpe aumenta.

4.4. Los robots

Un robot es el componente principal de un sistema de producción flexible (FPS). Otros componentes de este sistema son máquinas herramienta, máquinas de transporte, dispositivos de control y diferentes elementos auxiliares (Baranson, 1983). Un sistema de producción flexible es un sistema de producción de funcionamiento automático que puede ser fácilmente reprogramado y adaptado a la fabricación de diferentes productos. Los módulos centrados en el robot de FPS, denominados módulos de robot o sistemas de robot están destinados a operaciones tecnológicas específicas como soldadura, recubrimiento de superficies, embalaje, etc. El módulo de robot incluye uno o más robots (con manipuladores y dispositivos de control), palets para detalles o productos, Posicionamiento auxiliar, dispositivos de transporte, etc. Por lo tanto, control de robot significa el control de un módulo de robot completo y una cierta parte del proceso de producción.

4.4.1. La descripción del movimiento del robot

La función principal del software de control de robots (por ejemplo, RobotWare) es el control de movimiento de un robot. El movimiento de las articulaciones del manipulador del robot, la herramienta o la pinza se puede describir en diferentes sistemas de coordenadas. Estos sistemas de coordenadas se utilizan para la realización de varias funciones de control, incluida la programación fuera de línea, el ajuste de programas, la coordinación del movimiento de varios robots y los servodrivres adicionales, movimientos de jogging, copia de programas de un robot a otro, etc (Baranson, 1983).

Los principales sistemas de coordenadas utilizados para describir el movimiento de un robot se muestran en la Fig. 7. En el control de movimiento, el control de la pinza o el movimiento de la herramienta es lo más importante (Shivanand, 2006). Debido a que los diferentes tipos de pinzas y herramientas tienen diferentes dimensiones, se selecciona un punto especial, que no depende del tipo de herramienta y se denomina punto central de la herramienta (TCP). Este punto es el punto de origen del sistema de coordenadas de la herramienta. Se puede usar un punto similar para describir la pinza o el sistema de coordenadas de la muñeca. Las conexiones mutuas de una herramienta, una muñeca y otros sistemas de coordenadas se muestran en la Figura 7.

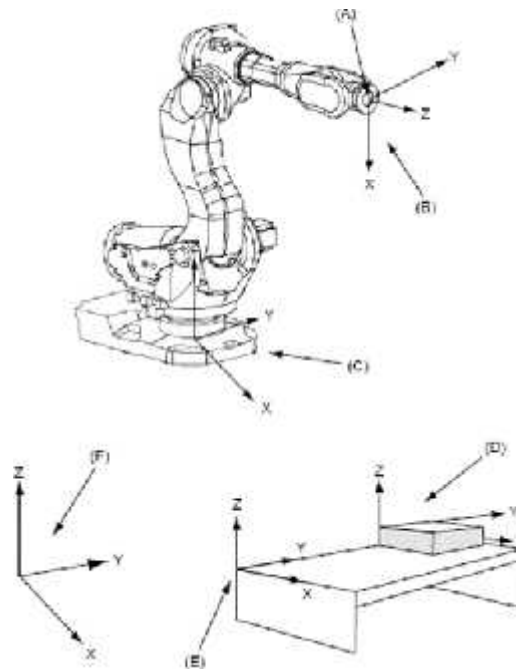


Figura 7 Robot con eje móvil disponible. Obtenido de: Shivanand (2006)

La posición del robot y sus movimientos siempre están relacionados con el punto central de la herramienta (TCP). Este punto normalmente se define como estar en algún lugar de la herramienta, por ejemplo, En la parte superior del electrodo de soldadura o en el centro de una pinza. Cuando se registra una posición, es la posición del TCP que se registra. Este es también el punto que se mueve a lo largo de una ruta dada a una velocidad dada. Si el robot sostiene un objeto de trabajo y está trabajando en una herramienta estacionaria, se usa un TCP estacionario. Si esa herramienta está activa, la ruta y la velocidad programadas están relacionadas con el objeto de trabajo.

4.4.2. Sistema de coordenadas de la herramienta.

La orientación de una herramienta en una posición programada viene dada por la orientación del sistema de coordenadas de la herramienta. El sistema de coordenadas de la herramienta se refiere al sistema de coordenadas de la muñeca, definido en la brida de montaje en la muñeca del robot (Shivanand, 2006). La herramienta montada en la brida de montaje del robot a menudo requiere su propio sistema de coordenadas para permitir la definición de su TCP, que es el origen del sistema de coordenadas de la herramienta (Fig. . , a). El sistema de coordenadas de la herramienta también se puede utilizar para obtener direcciones de movimiento apropiadas al mover el robot. Si una herramienta se daña o se reemplaza, se debe redefinir el sistema de coordenadas de la herramienta.

Sistema de coordenadas de muñeca En una aplicación simple, el sistema de coordenadas de muñeca se puede usar para definir la orientación de la herramienta; aquí el eje z coincide con el eje del robot (Fig. . , b). El sistema de coordenadas de la muñeca no se puede cambiar y es siempre el mismo que la brida de montaje del robot en los siguientes aspectos: El origen está situado en el centro de la brida de montaje (en la superficie de montaje). El eje x apunta en la dirección opuesta, hacia el orificio de control de la brida de montaje. El eje z apunta hacia afuera, en ángulo recto con la brida de montaje. El eje x apunta hacia adelante.

- El eje y apunta hacia la izquierda (desde la perspectiva del robot).
- El eje z apunta hacia arriba.

Por ejemplo, el robot montado en el piso se puede programar fácilmente en el sistema de coordenadas de la base. Sin embargo, si el robot está montado al revés (suspendido), la programación en el sistema de coordenadas de la base es más difícil porque las direcciones

de los ejes no son las mismas que las direcciones principales en el espacio de trabajo. En tales casos, es útil definir un sistema de coordenadas del mundo.

El sistema de coordenadas mundo coincidirá con el sistema de coordenadas base si no se define específicamente. Si varios robots trabajan dentro del mismo espacio de trabajo en una planta, se utiliza un sistema de coordenadas del mundo común para permitir que los programas del robot se comuniquen entre sí. También puede ser ventajoso utilizar este tipo de sistema cuando las posiciones deben estar relacionadas con un punto fijo en el taller.

4.5. Sistema de manejo de materiales

El manejo de materiales es la función de mover el material correcto al lugar correcto en el momento correcto, en la cantidad correcta, en secuencia y en las condiciones adecuadas para minimizar el costo de producción (Shivanand, 2006). El objetivo principal es:

- Reducir los costos unitarios de producción.
- Mantener o mejorar la calidad del producto, reducir el daño de los materiales.
- Promover la seguridad y mejorar las condiciones de trabajo.
- Promover la productividad.

El equipo de manejo de materiales incluye:

- Equipos de transporte: camiones industriales, vehículos guiados automatizados (AGV), monorrieles, transportadores, grúas y montacargas.
- Sistemas de almacenamiento: almacenamiento a granel, sistemas de rack, estanterías y bandejas, almacenamiento de cajones, sistemas de almacenamiento automatizado.
- Equipos de unificación: paletizadores.
- Sistemas de identificación y seguimiento.

4.5.1. Principios de manejo de materiales

El principio de planificación: Los proyectos de manejo de materiales a gran escala generalmente requieren un enfoque de equipo. La planificación del manejo de materiales considera cada movimiento, cada necesidad de almacenamiento y cualquier demora para minimizar los costos de producción. El plan debe reflejar los objetivos estratégicos de la organización, así como las necesidades más inmediatas.

Principio de los sistemas: El principio de los sistemas incluye las actividades de almacenamiento y MH deben estar totalmente integradas para formar un sistema coordinado

y operacional que abarca la recepción, inspección, almacenamiento, producción, ensamblaje, envío y el manejo de devoluciones.

- El flujo de información y el flujo de material físico deben integrarse y tratarse como actividades concurrentes.

Se deben proporcionar métodos para identificar fácilmente los materiales y productos, para determinar su ubicación y estado dentro de las instalaciones y dentro de la cadena de suministro.

Principio de simplificación: La simplificación del manejo se da al reducir, eliminar o combinar movimientos y / o equipos innecesarios. Para ello se debe tomar en cuenta cuatro preguntas para simplificar cualquier trabajo:

- ¿Se puede eliminar este trabajo?
- Si no se puede eliminar, ¿Se puede combinar movimientos para reducir costos? (concepto de carga unitaria)
- Si no se puede eliminar o combinar, ¿Se puede reorganizar las operaciones para reducir la distancia de viaje?
- Si no se puede hacer nada de lo anterior, ¿Se puede simplificar?

Principio de gravedad: Utilizar la gravedad para mover el material siempre que sea práctico.

Principio de utilización del espacio

- Cuanto mejor se utiliza el cubo de construcción, menos espacio se necesitará para comprar o alquilar.
- Bastidores, entresijos y transportadores aéreos son algunos ejemplos que promueven este objetivo.

Principio de carga unitaria

- Las cargas unitarias deben tener el tamaño y la configuración adecuados en cada etapa de la cadena de suministro.
- La carga unitaria más común es el pallet.
- Pallets de cartón
- Pallets de plástico

- Pallets de madera

Principio de automatización

Las operaciones de MH deben ser mecanizadas y / o automatizadas cuando sea posible para mejorar la eficiencia operativa, aumentar la capacidad de respuesta, mejorar la consistencia y la previsibilidad y disminuir los costos operativos.

El principio de estandarización.

- Estandarizar los métodos de manejo, así como los tipos y tamaños de equipos de manejo.
- Demasiados tamaños y marcas de equipos dan como resultado un mayor costo operacional.
- Un menor tamaño de cartón simplificará el almacenamiento.

El principio del peso muerto.

- Se debe reducir la relación entre el peso del equipo y el peso del producto. Para es importante no comprar equipos que sean más grandes de lo necesario.
- Reducir el peso de la tara y ahorrar dinero.

El principio de mantenimiento

- Plan de mantenimiento preventivo y reparaciones programadas de todos los equipos de manipulación.
- Las paletas y las instalaciones de almacenamiento también necesitan reparación.

El principio de capacidad

Usar equipo de manipulación para ayudar a lograr la capacidad de producción deseada, es decir. El equipo de manejo de materiales puede ayudar a maximizar la utilización del equipo de producción.

4.6. Adopción de SMF en la industria del automóvil

El sistema de fabricación flexible se ha adoptado ampliamente en la industria manufacturera en la actualidad. Aborda el problema de la automatización y la tecnología de procesos, que es un área clave para la preocupación de la gerencia de fabricación, junto con la planificación y programación de la producción del inventario y la calidad.

Una industria que ha adoptado ampliamente este sistema es la industria del automóvil. Casi todos los gigantes globales ahora siguen el sistema de fabricación flexible y muchos han desarrollado su propio sistema de fabricación, manteniendo a SMF como parte integral de él.

Los tres grandes de la industria automotriz estadounidense, a saber, General Motors, Ford Motors y Chrysler Motors disfrutaron de un entorno monopolístico durante mucho tiempo. Esto de alguna manera inhibió sus capacidades de innovación ya que no había competencia en el mercado que pudiera llevarlos a innovar. Estas compañías, por lo tanto, mantenían instalaciones de producción que eran adecuadas para la producción en masa de cualquier modelo único, lo que aseguraba economías de escala y rentabilidad de la planta. Pero gradualmente a medida que los fabricantes asiáticos de automóviles ganaron prominencia en el mercado automotriz, los Tres Grandes de Estados Unidos enfrentaron enormes desafíos en todas las líneas de productos. Los principales competidores asiáticos que entraron en escena fueron Toyota, Honda, Nissan y Mitsubishi de Japón y Hyundai de Corea del Sur. Con estos países asiáticos exportando vehículos a los Estados Unidos de América, la competencia aumentó y la rentabilidad de los Tres Grandes disminuyó. Para mejorar su rentabilidad y mantener su participación en el mercado, Chrysler Corporation, General Motors y Ford Motor Company emplearon Flexible Manufacturing System en sus líneas de producción siguiendo lo que se había iniciado en Japón.

La fuerza motriz esencial para la adopción de SMF en la industria del automóvil es

1. El énfasis en aumentar la variedad de productos y la individualización ha creado una fuerte necesidad de desarrollar un sistema de fabricación flexible para responder a pequeños lotes de la demanda de los clientes.

2. Los ahorros de costos requerían ser más competitivos. Las variedades más nuevas debían introducirse en menos tiempo y con menor costo.

A continuación, se presentan un ejemplo de Toyota y su motivo para adoptar SMF, así como los beneficios que han logrado a través de él.

4.6.1. Empresa Toyota

Toyota ha estado a la vanguardia de la adopción del sistema de fabricación flexible que se ha implementado desde 1985. En 2002, Toyota presentó su Global Body Line (GBL), una revisión radical de toda la compañía de su ya envidiado SMF. [17] El proceso GBL se

desarrolló para que Toyota pudiera implementar una “plataforma” común de ensamblaje de vehículos en cualquiera y en todos sus lugares de ensamblaje en todo el mundo, independientemente del volumen o el método de ensamblaje. GBL ayuda a Toyota a cumplir su objetivo "Fabricar nuestros productos en cualquier país y en cualquier volumen"

Las ventajas que ofrece GBL sobre el antiguo sistema FBL de Toyota son:

- Reducción del 30% del tiempo que un vehículo pasa en el taller de carrocería.
- 70% de reducción en el tiempo requerido para completar un cambio importante en el modelo.
- 50% de reducción en el costo para agregar o cambiar modelos.
- Reducción del 50% en la inversión inicial.
- 50% de reducción en la huella de la línea de montaje.
- Reducción del 50% en las emisiones de dióxido de carbono debido a un menor consumo de energía.
- Reducción del 50% en costes de mantenimiento.

Más de 20 de las 24 líneas de carrocería de Toyota en todo el mundo ya se han convertido, y el resto se encuentran en proceso de conversión o se reajustarán para GBL junto con los próximos cambios de modelo.

4.6.2. Operaciones en Toyota

4.6.2.1. Sistema de línea de cuerpo flexible (FBL) más antiguo:

Cada vehículo requeriría tres paletas, cada una de las cuales sujetaría firmemente un ensamblaje lateral del cuerpo principal o el ensamblaje del techo y aseguraría su adherencia a los puntos duros dimensionales, ya que los paneles de la carrocería viajaron a través de varias etapas de soldadura hasta el piso y entre sí. Tres paletas limitaron el número de vehículos que podrían estar en la secuencia de construcción en un momento dado; en algunas plantas, el número era de 50. Además, el diseño de las paletas, que contenía los techos y los paneles del techo desde el exterior, limitaba el acceso de Robots de soldadura y requerían mucho espacio. Los planificadores tuvieron que "adivinar" la cantidad de pallets que se deben construir y el trabajo que se adivina en la combinación de vehículos de la planta (las plantas equipadas con FBL podrían manejar hasta cinco modelos diferentes). Las malas conjeturas sobre la asignación de pallets eran muy costosas. Además, el sistema de 3 paletas desalentó la reacción rápida a un cambio en la mezcla de producción.

Conclusiones

En el presente trabajo, se ha examinado la literatura relevante que trata el concepto el sistema de manufactura flexible. Debido a la multidimensionalidad de este concepto, se han definido varios tipos diferentes de flexibilidades en la literatura. Se ha proporcionado cuidadosas definiciones de algunas de estas flexibilidades, que consideramos importantes para aclarar y examinar la literatura. También esperamos que este trabajo contribuya a una eventual taxonomía o estandarización de la terminología de flexibilidad.

También hemos revisado varios modelos analíticos o de optimización que tratan la toma de decisiones con respecto a varias alternativas de flexibilidad. Finalmente, hemos informado sobre varios estudios empíricos que evalúan las medidas de flexibilidad de los sistemas reales existentes y examinan los aspectos tecnológicos y organizativos relacionados.

Uno de los factores externos de la flexibilidad es la complejidad de las cadenas de suministro debido a la disminución del tamaño de los lotes y al aumento de la personalización. Adicionalmente, uno de los factores internos de la flexibilidad son las estrategias genéricas de diferenciación, liderazgo en costos y enfoque de Porter.

Un SMF es un sistema de fabricación en el que hay cierta flexibilidad para reaccionar en el caso de cambios, ya sean predichos o no. Entre las principales ventajas del SMF se destacan las siguientes: cambios más rápidos y de menor costo de una parte a otra, lo que mejorará la utilización del capital, menor costo de mano de obra directa, debido a la reducción en el número de trabajadores, inventario reducido, debido a la precisión de planificación y programación, consistente y de mejor calidad, debido al control automatizado, menor costo / unidad de producción, debido a la mayor productividad con el mismo número de trabajadores y ahorros de la mano de obra indirecta, de errores reducidos, reprocesos, reparaciones y rechazos. Mientras que las principales desventajas son: capacidad limitada para adaptarse a los cambios en el producto o la mezcla de productos, actividad de planificación previa sustancial, cuesta millones de dólares, problemas tecnológicos de posicionamiento exacto de los componentes y tiempo preciso necesario para procesar un componente y sistemas de fabricación sofisticados.

Bibliografia

- Andreou, S. (1988). *A Capital Budgeting Model for the Evaluation of Flexible Plant Capacity*. Michigan: General Motors Research Lab.,
- Ashby, W. (1956). *An Introduction to Cybernetics*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Baranson, J. (1983). *Robots in manufacturing: Key to international competitiveness*. Mount Airy: Lomond Publications, Incorporated.
- Behrbohm, P. (1985). *Flexibilitaet in der industriellen Produktion*. Frankfurt.
- Bitkom, V. D. (2015). *ZVEI. Umsetzungsstrategie Industrie, 4*.
- Black, F., & Scholes, M. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, Vol. 81, pp. 637-659 .
- Bozarth, C. C. (2009). The impact of supply chain complexity on manufacturing plant performance. . *Journal of Operations Management*, 27(1), 78-93.
- Browne, J., Dubois, D., Rathmill, K., Sethi, S. P., & Stecke, K. E. (1984). Classification of flexible manufacturing systems. *The FMS magazine*, 2(2), 114-117.
- Burger, N., Demartini, M., Tonelli, F., Bodendorf, F., & Testa, C. (2017). Investigating flexibility as a performance dimension of a Manufacturing Value Modeling Methodology (MVMM): a framework for identifying flexibility types in manufacturing systems. *Procedia CIRP*, 63, 33-38.
- Buzacott, J. (1982). "The Fundamental Principles of Flexibility in Manufacturing Systems". *Flexible Manufacturing Systems, Proceedings of 1st International Conference* . Amsterdam.
- Carter, M. F. (1986). *Designing flexibility into automated manufacturing systems* . In Proc. 2nd ORSA/TIMS Conference on Flexible Manufacturing Systems: OR Models and Applications, Ann Arbor, MI, 1986 (pp. 107-118).

- Chandra, P., & Tombak, M. M. (1992). Models for the evaluation of routing and machine flexibility. *European journal of operational research*, 60(2), 156-165.
- Chatterjee, A. C., Maxwell, W., & Miller, L. (1984). *Manufacturing Flexibility: Models and Measurements*. Amsterdam.
- Chatterjee, A., Cohen, M., & Maxwell, W. (1987). *Planning Framework for Flexible Manufacturing Systems*. Philadelphia: University of Pennsylvania.
- Cohendet, P., & Llerena, P. (1989). Flexibilités, risque et incertitude dans la théorie de la firme: un survey. Paris: Economica.
- De Meyer, A., Nakane, J., Miller, J. G., & Ferdows, K. (1989). Flexibility: the next competitive battle the manufacturing futures survey. *Strategic Management Journal*, 10(2), 135-144.
- Diebold, J. (1952). *Automation: The Advent of the Automated Factory*. New York.
- Eidenmueller, B. (1986). Neue Planungs- und Steuerungskonzepte bei flexibler Serienfertigung. *Zeitschrift fuer die Betriebswirtschaftliche Forschung*, Vol. 38, pp. 618-634.
- Ettlie, J. (1988). *Implementation strategies for discrete parts manufacturing technologies*. Michigan : Final Report. University of Michigan Ann Arbor.
- Falkner, C. (1986). Flexibility in Manufacturing Plants. *In Proceedings of the Second ORSA/TIMS Conference on Flexible Manufacturing Systems*. Amsterdam.
- Feibleman, J., & Friend, J. (1945). Normative Organization and Empirical Fields. *Philosophy of Science*, 12(2), 52-56.
- Fine, C., & Pappu, S. (1988). *"Flexible Manufacturing Technology and Product-Market Competition*. Working Paper, O.R. Center, MIT.
- Friest, C., Granow, R., & Inlen, W. (1984). Leitstand fuer ein flexibles Fertigungssystem. *Zeitschrift fuer wirtschaftliche wirtschaftliche Fertigung*, Vol. 79, No. 5, pp. 219-222.

- Gaimon, C. (1988). *Closed Versus Open Loop Dynamic Game Results on the Acquisition of New Technology*. Ohio: Academic Faculty of Management Sciences, College of Business, Ohio State University.
- Gerwin, D. (1982). Do's and Don'ts of Computerized Manufacturing . *Harvard Business Review*, Vol. 60, pp. 107-116.
- Gerwin, D., & Tarondeau, J. (1989). International Comparisons of Manufacturing Flexibility. En *In Managing International Manufacturing* (págs. 169-185). Amsterdam.
- Hallgren, M., & Olhager, J. (2009). Flexibility configurations: Empirical analysis of volume and product mix flexibility. *Omega*, 37(4), 746-756.
- Hart, A. (1940). *Anticipations, Uncertainty and Dynamic Planning*. New York.
- Harvey, O., Hunt, D., & Schroder, H. (1961). *Conceptual Systems and Personality Organization*. New York: Wiley.
- He, H. a. (1989). *Investment in Flexible Production Capacity*. Massachusetts: Center for Energy Policy Research, MIT.
- Hedrich, P. (1983). Flexibilitaet in der Fertigungstechnik durch Computereinsatz . *CW-Publikationen Munchen*.
- Henry, C. (1974). Investment Decisions Under Uncertainty: The Irreversibility Effect. *American Economic Review.*, Vol. 64, pp. 1006-1012 .
- Hitomi, K. (2017). *Manufacturing Systems Engineering: A Unified Approach to Manufacturing Technology, Production Management and Industrial Economics*. London: Routledge.
- Jacob, H. (1974). Unsicherheit und Flexibilitaet--Zur Theorie der Planung bei Unsicherheit. *Zeitschrift fuer Betriebswirtschaft*, Vol. 44, pp. 299-326.
- Jaikumar, R. (1984). *Flexible manufacturing systems: A managerial perspective*. Cambridge: Division of Research, Graduate School of Business Administration, Harvard University.

- Jones, R. a. (1984). Flexibility and Uncertainty. *Rev/ew of Economic Studies*, Vol. 51, pp. 13-32.
- Kara, S., & Kayis, B. (2004). Manufacturing flexibility and variability: an overview. *ournal of Manufacturing Technology Management*, 15(6), 466-478.
- Kara, S., & Kayis, B. (2004). Manufacturing flexibility and variability: an overview. . *Journal of Manufacturing Technology Management*, 15(6), 466-478.
- Kegg, R. (1984). Flexible Manufacturing Trends and Data Base Requirements. *In Proceedings of the 5th International Conference on Production Engineering, ISPE*. Tokio.
- Klein, B., & Meckling, W. (1958). Application of Operations Research to Development Decisions. *Operations Research*, Vol. 6, pp. 352-363.
- Koopmans, T. (1964). On Flexibility of Future Preference. *In Human Judgements and Opportunity*, 243-254.
- Kozan, K. (1982). Work group flexibility: Development and construct validation of a measure. . *Human Relations*, 35(3) , 239-259.
- Kreps, D. (1979). A Representation Theorem for Preference for Flexibility. *Econometrica*, Vol. 47, pp. 565-577 .
- Kulatilaka, N. (1988). Valuing the Flexibility of Flexible Manufacturing Systems. *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 35, No. 4, pp. 250-257.
- Kusiak, A. (1986). *Parts and tools handling systems*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers BV.
- Kusiak, A. (1986). Parts and Tools Handling Systems. En A. Kusiak, *In Modeling and Design of Flexible Manufacturing Systems* (págs. pp. 99-109). Amsterdam.
- Lavington, P. (1921). *The English Capital Market*. London.
- Lim, S. (1987). Flexible manufacturing systems and manufacturing flexibility in the United Kingdom. *International Journal of Operations & Production Management*, 7(6), 44-54.

- Lindholm, R. (1975). *Job Reforms in Sweden*. . Stockholm, Sweden: Swedish Employers Confederation.
- Maier, K. (1982). *Die Flexibilitaet betrieblicher Leistungsprozesse*, . Frankfurt: Harri Deutsch.
- Mandelbaum, M. (1978). *Flexibility in Decision Making: An Exploration and Unification*. Toronto: Department of Industrial Engineering, University of Toronto.
- March, J. G., & Simon, H. A. (1958). *Organizations*.
- Marschak, T., & Nelson, R. (1962). Flexibility, Uncertainty and Economic Theory. *Metroeconomica*, Vol. 14, pp.42-58.
- Massé, P. (1968). *Le choix des investissements--criteres et mbthodes*. Paris.
- McCulloch, G. (2004). *Documentary research: In education, history and the social sciences*. London: Routledge.
- Melcher, A., & Booth, D. (1987). *Advanced Manufacturing Systems: Characteristics and Strategic Implications*. St. Louis.
- Merkhofer, M. (1977). The Value of Information Given Decision Flexibility. *Management Science*, Vol. 23, No.7, pp 716-721.
- Milgrom, P., & Roberts, J. (1988). Communication and Inventory as Substitutes in Organizing Production. *Scandinavian Journal of Economics*, Vol. 90, No. 3, pp. 275-289.
- Miller, B. (1986). Scart's State Reduction Method, Flexibility, and A Dependent Demand Inventory Model. *Operations Research*, Vol. 34, No. 1, pp. 83-90.
- Morris, R. A., & Sember, B. M. (2008). *Project management that works: real-world advice on communicating, problem-solving, and everything else you need to know to get the job done*. AMACOM Div American Mgmt Assn.
- Newman, W. J. (1986). "Models to Evaluate the Benefits of FMS Pallet Flexibility. *In Proceedings of the Second ORSA/TIMS Conference on Flexible Manufacturing Systems*, (págs. 209-220). Amsterdam.

- Ollus, M., & Mieskonen, J. (1989). Bases for Flexibility in a Small Company: Some Issues of the Finnish TES-Programme. En *In Trends and Impacts of Computer Integrated Manufacturing*. (págs. 355-373). Laxenburg.
- Peter, M. (1984). *Vorgehensweise zur systematischen Konzeption und Wirtschaftlichkeitsbeurteilung flexibler Fertigungssysteme*. Karlsruhe: Diplomarbeit, Universitaet Karlsruhe.
- Porter, M. E. (1980). *Competitive strategy: techniques for analyzing industries and competitors*.
- Preece, D. A. (1986). *Organizations, flexibility and new technology* (pp. 367-382). London: IFS Publications.
- Ranta, J., & Alabian, A. (1988). *Interactive Analysis of FMS Productivity and Flexibility*. Laxenburg.
- Reich, O. (1932). *"Maintaining a Flexible Organization for Changing Conditions."* . New York: American Management Assoc. .
- Rempp, H. (1982). Einsatz flexibler Fertigungssysteme--Technische, einfuehrungsorganisatorische, wirtschaftliche und arbeitsplatzbezogene Aspekte. *Werkstan und Betrieb*, Vol. 115, No. 3, pp. 175-182.
- Richard, A. (1989). Quelques applications financières de la valeur d'option: structure des taux d'intéret et actifs conditionnels. Paris: P. Cohendet and P. Llerena.
- Roeller, L.-H., & Tombak, M. (1989). *Competition and Investment in Flexible Technologies*. Fontainebleau: INSEAD.
- Rokeach, M. (1960). *The Open and Closed Mind*. New York: Basic Books.
- Rosenhead, J., Elton, M., & Gupta, S. (1972). Robustness and Optimality as Criteria for Strategic Decisions. *Operational Research Quarterly*, Vol. 23, pp. 413-431 .
- Sethi, A. K., & Sethi, S. P. (1990). Flexibility in manufacturing: a survey. *International journal of flexible manufacturing systems*, 2(4), 289-328.
- Shivanand, H. K. (2006). *Flexible manufacturing system*. New Delhi: New Age International.

- Simon, H. (1977). *The New Science of Management Decision*,. Prentice-Hall.
- Slack, N. (1987). The flexibility of manufacturing systems. *International Journal of Operations & Production Management*, 7(4), 35-45.
- Son, Y., & Park, C. (1987). Economic Measure of Productivity, Quality and Flexibility in Advanced Manufacturing Systems. *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 6, No. 3, pp. 193-207 .
- Stecke, K., & Browne, J. (1985). Variations in Flexible Manufacturing Systems According to the Relevant Types of Automated Materials Handling. *Material Flow*, Vol. 2, pp. 179-185 .
- Stevenson, M., & Spring, M. (2007). Flexibility from a supply chain perspective: definition and review. *International journal of operations & production management*, 27(7), 685-713.
- Stigler, G. (1939). Production and distribution in the short run. *Journal of Political Economy*, 47(3), 305-327.
- Swamidass, P. M., & Newell, W. T. (1987). Manufacturing strategy, environmental uncertainty and performance: a path analytic model. *Management science*, 33(4), 509-524.
- Tintner, G. (1941). The Theory of Choice under Subjective Risk and Uncertainty. *Econometrica*, Vol. 9, pp. 298-304.
- Tonelli, F. D. (2016). A Novel Methodology for Manufacturing Firms Value Modeling and Mapping to Improve Operational Performance in the Industry. *49th CIRP Conf. Manuf. Syst. (CIRP-CMS 2016)*.
- Triantis, A., & Hodder, J. (1989). *Valuing Production Flexibility When Demand Curves Are Downward Sloping*. Madison: Working Paper, University of Wisconsin.
- Vives, X. (1989). Technological Competition, Uncertainty and Oligopoly. *Journal of Economic Theory*, Vol. 48, pp. 386-415.
- Warnecke, H., & Steinhilper, R. (1982). Flexible Manufacturing Systems, EDP-Supported Planning; Application Examples. *In Proceedings of the First International*

- Conference on Flexible Manufacturing Systems* (págs. pp. 345-356). Brdford: Ltd., Kempston,.
- Xiao, W., Zheng, L., Huan, J., & Lei, P. (2015). A complete CAD/CAM/CNC solution for STEP-compliant manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 31, 1-10.
- Yamashina, H., Okamura, K., & Matsumoto, K. (1986). Flexible Manufacturing Systems in Japan--An Overview. *In Proceedings of the Fifth International Conference on Flexible Manufacturing Systems*, (págs. pp. 405-416). London.
- Yilmaz, O. a. (1987). Flexible Manufacturing Systems: Characteristics and Assessment. *Engineering Management International*, 209-221.
- Young, A., & Murray, J. (1986). Performance and Evaluation of FMS. En *In Managing Advanced Manufacturing Technology* (págs. 209-304). London: Voss.
- Zelenovic, D. (1982). Flexibility--A Condition for Effective Production Systems. *International Journal of Product Research*, Vol. 20, No. 3, pp. 319-337.

ANEXOS





REGISTRO DE ACOMPAÑAMIENTOS

Inicio: 10-07-2018 Fin 15-01-2019

FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA

CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL

Línea de investigación: PRODUCCIÓN Y MATERIALES INDUSTRIALES, GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN

TEMA: ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE MANUFACTURA FLEXIBLE

ACOMPAÑANTE: LEON BATALLAS ALBERTO ANDRES

DATOS DEL ESTUDIANTE			
Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	CÉDULA	CARRERA
1	CAMPUZANO BAZURTO JENIFFER STEFANIA	0925854143	INGENIERÍA INDUSTRIAL
2	CARDENAS ESTRADA LEONARDO ESTEFANO	0917927360	INGENIERÍA INDUSTRIAL

Nº	FECHA	HORA	Nº HORAS	DETALLE
1	2018-20-08	Inicio: 18:02 p.m., Fin: 20:02 p.m.	2	PLANTEAMIENTO DE LA TEMÁTICA
2	2018-29-08	Inicio: 17:00 p.m., Fin: 19:00 p.m.	2	ACTIVIDADES DE INICIO
3	2018-12-10	Inicio: 17:31 p.m., Fin: 19:31 p.m.	2	MEJORAR LA ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO, ORDENAR MARCO TEÓRICO Y DESARROLLO
4	2018-19-10	Inicio: 17:31 p.m., Fin: 19:31 p.m.	2	MEJORAR FIGURAS Y REDACCIÓN EN PUNTOS INDICADOS
5	2018-08-10	Inicio: 17:01 p.m., Fin: 19:01 p.m.	2	DOCUMENTO NO ESTA TERMINADO, LE FALTA EL RESUMEN, LAS FIGURAS NO ESTÁN ENUMERADAS, NO PRESENTA NINGÚN EJEMPLO O CASO EN EL DESARROLLO.


 LEON BATALLAS ALBERTO ANDRES
 PROFESOR(A)


 BUCHELI CARPIO LUIS ANGEL
 DIRECTOR(A)


 CAMPUZANO BAZURTO JENIFFER STEFANIA
 ESTUDIANTE


 CARDENAS ESTRADA LEONARDO ESTEFANO
 ESTUDIANTE