

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas

SECCION DE POSGRADO



**UN MÉTODO DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE
PRODUCCIÓN FLEXIBLE PARA INDUSTRIA MYPES
METAL MECÁNICA EN LA COSTA PERUANA**

TESIS

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN

INGENIERÍA INDUSTRIAL

ELABORADO POR:

MAG. LEONCIO LUIS ACUÑA PINAUD

ASESOR: DR. GONZALO GARCÍA NÚÑEZ

LIMA - PERÚ

2014

Digitalizado por:

**Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse**

DEDICATORIA

El esfuerzo de la presente tesis es dedicado a mi esposa Delia, mis hijos Larissa y Luis, por la insistencia y ayuda para terminarla; y en especial, a mi madre Celinda por los sanos consejos.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue realizado gracias a la asesoría de los docentes Dr. Gonzalo García Núñez, Dr. David Mauricio Sánchez, Dr. Pedro Espinoza Haro y los docentes Dr. Daniel Ortega Loayza representante del Decano FIIS y al Dr. Walter Barrutia Feijoo representante del Jefe Sección del Posgrado FIIS; cuyas preguntas dieron una luz al nuevo Proceso de la Industria Nacional en la Metalmecánica.

RECONOCIMIENTOS

A los colegas docentes y amigos que colaboraron en forma desinteresada en el desarrollo de la Investigación y poder culminarla.

ÍNDICE	Página
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RECONOCIMIENTOS	iv
ÍNDICE	v
DESCRIPTORES TEMATICOS	ix
RESUMEN	x
INTRODUCCIÓN	11
CAPITULO I.- PLANEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	13
1.1. Problemática	13
1.2. Definición y Formulación del Problema	13
1.3. Justificación de la Investigación	14
1.3.1. Teórica	15
1.3.2. Práctica	16
1.4. Delimitación del Problema	16
1.5. Objetivos	18
1.5.1. Objetivo General	18
1.5.2. Objetivos Específicos	18
CAPITULO II.- SISTEMA DE PRODUCCION FLEXIBLE	19
2.1. Antecedentes de la Investigación	20
2.2. Bases Teóricas	20
2.3. Marcos Conceptuales	21
2.3.1. De Fabricación	23
2.3.1.1. Módulo de Manufactura Flexible – MFM	23
2.3.1.2. Celda de Manufactura Flexible – CFM	23
2.3.1.3. Grupo de Manufactura Flexible – GFM	24
2.3.1.4. Sistema de Producción Flexible – SFP	24
2.3.2. De Ensamblaje	25
2.3.2.1. Sistema de Fabricación Especial	25

2.3.2.2. Orden Aleatorio	25
CAPITULO III.- DISEÑO DEL SISTEMA PRODUCCION FLEXIBLE	28
3.1. Especificación del diseño del sistema de fabricación las tareas del proceso	
3.1.1. Definición de las etapas de desarrollo del sistema	28
3.1.2. Uso de las propiedades del sistema y solución como una base	29
3.2. El rendimiento de los sistemas de fabricación	29
3.2.1. Rendimiento, productividad y rentabilidad	29
3.2.2. De medición de Rendimiento hacia los parámetros de fábrica	30
3.3. Guías para la selección de los conceptos de diseño	30
3.3.1. Guías generales	30
3.3.2. La decisión de una propiedad básica y conceptos	31
3.4. Propuesta y análisis conceptos	31
3.4.1. Proponer conceptos básicos y las dependencias	31
3.4.2. Análisis del concepto capacidad y la flexibilidad	32
3.4.3. Posicionamiento actual de la definición flexibilidad en el contexto	32
CAPITULO IV.- ESTADO DEL ARTE SISTEMA PRODUCCION FLEXIBLE	33
4.1. Sistemas de Ensamblaje Automático Flexible FAA	33
4.2. Sistemas de Control en Manufactura Flexible	38
4.3. Modelo del Plan de Proceso	40
CAPITULO V.- INDUSTRIA METALMECANICA PERUANA	43
5.1. Estructura Interna	44
5.2. Situación Actual de la Industria Metalmeccánica	46
5.3. Análisis de los Sub Sectores Metalmeccánicos	50
5.4. Empresas Mypes	51
5.5. Propuesta de Desarrollo de la Industria Metalmeccánica	53
CAPITULO VI.- DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE FABRICACIÓN	55
6.1. Antecedentes y descripción	55
6.2. Definiciones teóricas	55

6.3. Matriz de factores y áreas	56
6.4. Un ejemplo utilizando la definición Área Proceso Funcional-FPA	57
6.5. Empresas visitadas en Arequipa, La Libertad y Lima	57
CAPITULO VII: EL MÉTODO DISEÑADO PARA EL SISTEMA DE FABRICACIÓN	64
7.1. Método Johansson: Flujo de trabajo	64
7.2. Método Cederfeldt: Planeamiento de la Automatización del Diseño	66
7.3. Método Gairola: Desarrollo de un DFAA	68
7.4. Método Propuesto	70
7.5. Discutir el resultado del Método Propuesto	70
7.5.1. La descripción del método de fabricación	71
7.5.2. Conformidad al utilizar el método	71
7.5.3. El desarrollo del método	71
CAPITULO VIII: IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	75
8.1. Implementación del Método Propuesto	75
8.2. Implementación de los otros Métodos	76
8.2.1. Implementación Método Gairola	76
8.2.2. Implementación Método Johansson	77
8.2.3. Implementación Método Cederfeldt	77
8.3. Definición Aplicable de Flexibilidad	77
8.3.1. El mapa de Flexibilidad	78
8.3.2. Flexibilidad de la implementación	80
8.3.3. La flexibilidad y su prioridad	80
8.4. Sistema de Ensamblaje Modular	80
8.4.1. Flexibilidad Estática versus la Flexibilidad Dinámica	81
8.4.2. Reduciendo el costo de la Flexibilidad durante el período	81
8.4.3. Módulos estandarizados	82
8.4.4. Un sistema de educación	82
8.4.5. Capacidad de adaptación Tecnológica	82

8.4.6. Las empresas Medianas y pequeñas las mismas exigencias a nivel de módulo	82
8.4.7. Evitar invertir en caminos sin salida	83
8.4.8. Un sistema estandarizado versus sistemas optimizados	83
8.5. Proceso de Sistema Manual a Sistema Automatizado	83
CAPITULO IX: CRÍTICAS Y APORTES	85
9.1. Criticas	85
9.2. Aportes a la Industria Metalmeccánica peruana	85
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	87
GLOSARIO DE TERMINOS	89
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	90
ANEXOS	95

DESCRIPTORES TEMATICOS

ESTRUCTURA ECONOMICA INTERNACIONAL

MODULO FLEXIBLE DE MANUFACTURA

MAQUINAS FLEXIBLES

CELULAS FLEXIBLES

POLIVALENTE

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo proponer un Método para Implementar el Sistema de Producción Flexible a la Industria Peruana Metal Mecánica, especialmente a las Mypes en la Costa Peruana; cuyos productos manufacturados compitan en el mercado Nacional e Internacional. La propuesta de implementar un Método y disponer mediante un flujo de operaciones la distancia casi nula entre puestos de trabajo, el uso de células flexibles que facilita proceso de pocas unidades y mucha variedad. La capacidad de producción con operaciones y tiempo aplicada a máquinas flexibles y automatizadas, cumpliendo la demanda con una producción planeada. Las alternativas tecnológicas que se presentan para los productos de manufactura metalmecánica contribuye en la Calidad Internacional que debe exigir la demanda. A partir del trabajo de campo realizado mediante muestras representativas de tres Regiones de la Costa como: Lima, Arequipa y Trujillo; la propuesta de la mejor alternativa técnica en el Sistema de Producción Flexible se encuentran en las empresas medianas y pequeñas, de Distribución en Línea, basada en única línea de transferencia alrededor de la cual se sitúan las estaciones de trabajo. La investigación concluye que se aplique a las empresas en general cuya tecnología sea similar a las estudiadas en el presente trabajo.

Palabras Claves: *Producción Flexible, Polivalente, Mypes, Células Flexibles, Máquinas Flexibles.*

INTRODUCCIÓN

Los empresarios peruanos del sector aprovechan las rebajas arancelarias para que importen máquinas y así puedan elevar su nivel de producción, además de acortar la brecha tecnológica que existe entre el Perú y otros países.

Los empresarios del sector manufactura deben emplear las 5 S del principio empresarial japonés, que promueven el ordenamiento del taller de fabricación, realizar cursos de buenas prácticas de mercadeo y obtener certificaciones para la gestión de calidad. Y, son Seiri: Clasificación mediante ordenamiento o acomodo, Seiton: Organización dejar todo en su lugar, Seiso: Limpieza mediante el brillo en cada lugar, Seido: Estandarización aplicada para la certificación y Shitsuke: Disciplina para mantener comportamiento fiable del personal.

Un Sistema de Producción Flexible consiste en máquinas controladas por computadoras adicionado con sistemas automáticos de manejo, la carga y descarga de material, y es controlado por un computador supervisor.

En las últimas décadas hemos sido testigo de cambios enormes en el entorno empresarial. El paso de un mercado con exceso de demanda a otro donde el exceso de oferta es una realidad en todos los sectores. El aumento de la competitividad ha permitido a empresas desaparecer del mercado y nacer otras que en pocos años se conviertan en líderes en su segmento.

El modelo de especialización flexible se caracteriza por una amplia facilidad funcional, que se apoya en la cualificación, la polivalencia y la versatilidad de los trabajadores(as), lo que facilita una mejor utilización de éstos en las necesidades de producción y de los cambios rápidos en la fabricación de unos productos según sea la evolución de la demanda. El trabajo en equipo,

la aportación de sugerencias e ideas, la implicación de los trabajadores y trabajadoras facilitan la innovación permanente en la consecución de los objetivos de calidad y diferenciación que exige un mercado cada vez más competitivo.

La innovación tecnológica, las presiones económicas de la globalización y la desregulación del mercado de trabajo, entre otros factores, han reconfigurado drásticamente la naturaleza del trabajo en los países postindustriales. Para responder a estos factores, las empresas se han reestructurado, haciéndose más planas y pequeñas, se han adoptado nuevas prácticas de gestión que incluyen, por ejemplo, equipos autogestionados; y se han aplicado métodos de producción más austeros y racionalizados, como los sistemas Justo a Tiempo y la subcontratación.

CAPITULO I.- PLANEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Se presenta en el capítulo el proceso a desarrollar en la investigación sobre Producción Flexible en el Perú, se precisa en cada parte el raciocinio necesario desde la Problemática hasta los objetivos específicos requeridos. La importancia del capítulo está basada por la dirección requerida para conseguir los objetivos planteados.

1.1. Problemática

En la actualidad toda Empresa tiene como problemática la fabricación muy variada del producto para adaptarse a las necesidades del cliente, mayor calidad de los productos y a una competencia a nivel mundial. La flexibilidad del producto y de los procesos de fabricación juega un papel importante en la competitividad de las empresas. Una alternativa ha sido orientar la gestión de operaciones y la tecnología al enfoque de sistemas que ha permitido lograr ser líderes en poco tiempo y mantener sus crecimientos sostenibles en estos últimos años.

Una de las principales ideas en la problemática de la demanda cambiante es la especialización flexible, la organización tiene que ser lo suficientemente flexible como para enfrentar la variabilidad del mercado.

Los requerimientos sobre la fuerza de trabajo se centran en una mayor polivalencia (*el trabajador(a) dedica un mayor esfuerzo para aprender, formarse y adecuarse continuamente a funciones nuevas*) y aceptar una mayor movilidad de poder ser cambiados(as) del puesto de trabajo en función de las demandas de la producción.

1.2. Definición y Formulación del Problema

La *definición del problema* más relevante es:

“Dado una empresa X de Metalmecánica que trabaja con un Sistema de Producción NO Flexible y dado una empresa Y de Metalmecánica que trabaja con un Sistema de Producción Flexible, el problema consiste en encontrar una nueva secuencia de pasos que permita implantar el sistema de la empresa Y en la empresa X con el objetivo de optimizar el producto mediante la productividad y eficiencia del método”.

El desarrollo de la investigación se centrará en las Mypes de la Costa Peruana por la mayor oportunidad de las tecnologías importadas en cumplir con la demanda personalizada y en lotes correspondientes. Adicionamos algunos problemas:

- a. Las tecnologías empleadas en los sistemas de producción flexible existentes en la Empresa metalmecánica no están identificadas con un determinado método por lo que existen escasas referencias para presentar un método para implementar dicho sistema en un marco globalizado.
- b. La necesidad de una organización del trabajo como una disciplina en el campo de la salud laboral.
- c. Competencia con los productos importados de alta calidad;
- d. Estandarización de los productos importados a nivel mundial;
- e. Desarrollo de productos mediante los ensamblajes automatizados.

La *formulación del problema* que plantea la investigación en las Mypes es:

“La necesidad de un método del proceso de fabricación y su implementación en las Mypes especialmente en la metalmecánica para cumplir con la demanda en un mercado globalizado mediante la productividad y eficiencia”.

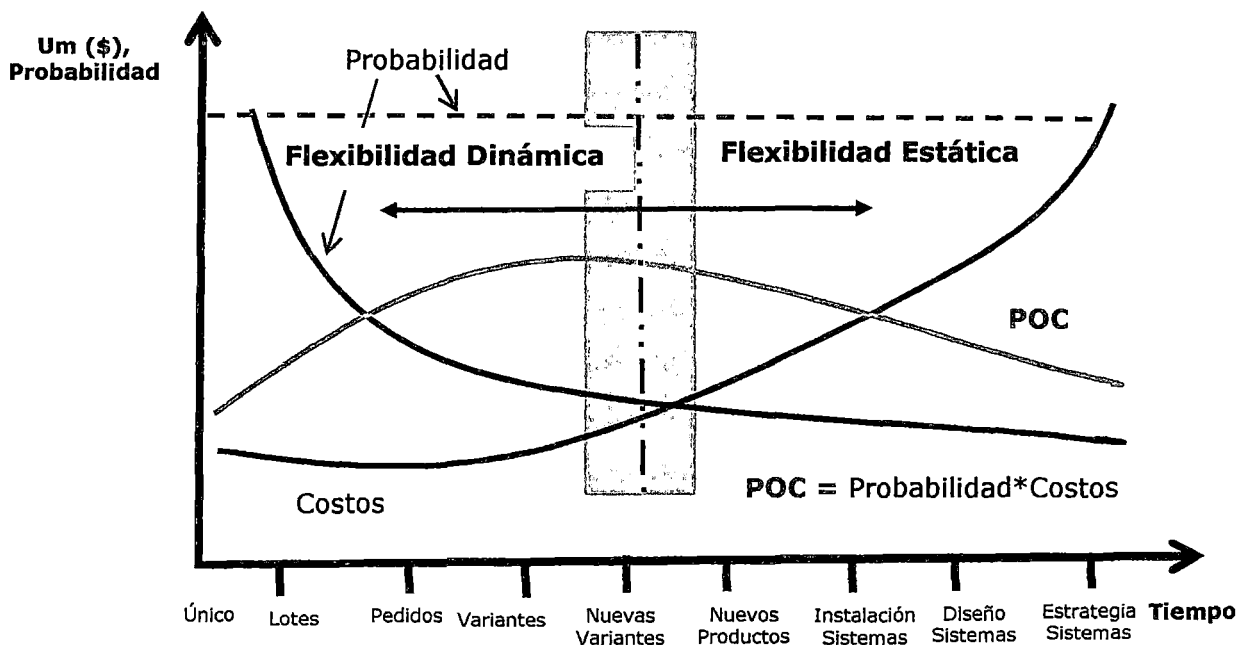
1.3. Justificación de la Investigación

La flexibilidad es importante, pero hay una necesidad de priorizar y seleccionar qué tipo de flexibilidad se incorpora a un sistema. Esto es especialmente cierto en las Mypes que, debido a razones financieras y de competencia, una mala decisión puede llevar al desastre. Esta decisión debe basarse en la relación:

1.3.1. Teórica.- El costo de lograr la flexibilidad y el costo de no tenerla se define como el costo de cambio mostrado en la Figura 1 y mediante:

- a. Estrategia: La fabricación es de ensamblaje, por las piezas prismáticas y piezas de estructura simétrica circular, de los productos.
- b. Tecnología: Máquinas de Control Numérico Computarizado – CNC, como principal centro de fabricación y permite desarrollar una fabricación flexible.
- c. Procesos: Los productos manufacturados están con estaciones de trabajo y en línea, con productos por unidad y lotes.

Figura N° 1.- Curva de POC en función de la probabilidad y escenarios de costos



Fuente. – Johansson¹⁶ R, Erixon G., "Assessing Flexibility– The Frequency and Horizon Approach", FAIM conference 16-18 July, Dublin Ireland, 2001

- d. Estructura: La principal actividad es la producción flexible cuya organización de la empresa dinamiza en forma vertical y horizontal su funcionamiento.
- e. Personal Intelectual: Las actividades profesionales que desarrollan el recurso humano son de universidades y centros tecnológicos de

reconocido prestigio, preparado para la competencia internacional en el país.

- f. Medio Ambiente: Las condiciones favorables de normas legales emitidas por el Gobierno ha permitido la flexibilidad en la competencia con países extranjeros cuyas Empresas se desarrollan en nuestro país. La defensa del medio ambiente se encuentra regulada por normas que son obligatorias, caso de las compañías mineras.

1.3.2. Práctica.- Es relevante conocer la Costa del Perú por las Regiones de Trujillo, Arequipa y Lima; la investigación es *motivada* por las empresas que puedan ser adaptadas al sistema de Producción Flexible y por la disponibilidad de tecnología que existe en cada Región.

Por tal motivo, *la justificación práctica de la investigación* en las Mypes son las siguientes:

- a. Los resultados de acuerdo a la Tabla N° 1 el Sistema de Producción Flexible – SPF.
- b. La Distribución en Línea, basada en la línea de transferencia alrededor de la cual se sitúan las estaciones de trabajo, Tipo I de acuerdo a la Figura N° 2.
- c. La aplicación del modelo de enfoque de sistemas de acuerdo a la Figura N° 3.

1.4. Delimitación de Problema

Las Regiones en donde se desarrolla la investigación son: Trujillo, Arequipa y Lima de la Costa Peruana con las medianas y pequeñas empresas metalmeccánicas de manufactura, y una muestra representativa de la Población existente.

Tabla N° 1.-Resultados de Empresas Estudiadas

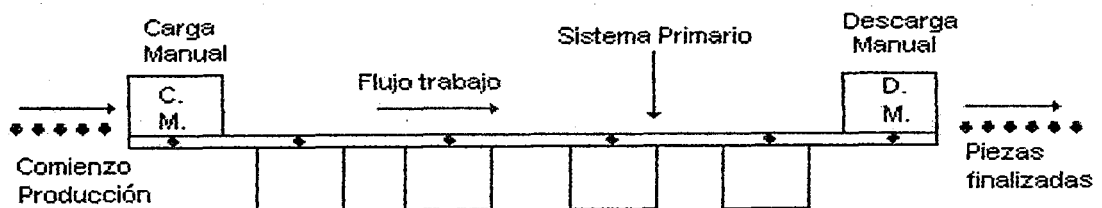
Factores	Empresas			
	FIMA SA	VAINSA	NOVA	PRODUCTOS METALICOS ESTAMPADOS SRL
Estrategia	SI	SI	SI	NO
Tecnología	SI	SI	SI	SI
Procesos	SI	SI	SI	SI
Estructura	SI	SI	SI	NO
Personal Intelectual	SI	SI	SI	SI
Medio Ambiente	SI	SI	SI	NO
Criterio Flexibilidad	SFP	SFP	GFP	CFM
Sistema Transporte y Distribución	SI	SI	NO	NO

Fuente: Acuña¹ Pinaud Leoncio Luis, Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, 2008

La delimitación del problema incide en la distribución de la población de las Pymes y son:

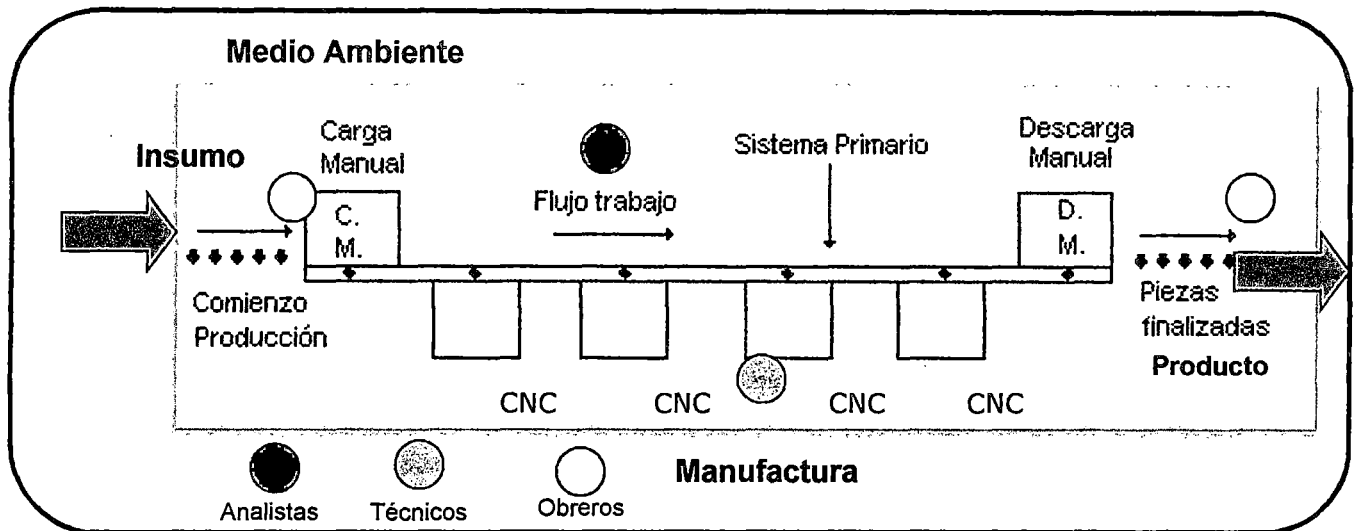
- Estructurales como: el mercado laboral, la inversión privada, pública y extranjera, la vocación industrial y el desarrollo empresarial de la región.
- Funcionales como: las políticas y orientaciones económicas, valores educativos y contexto cultural.
- El clima institucional que marca la propia re-estructuración económica y tipo de relaciones industriales, especialmente las relaciones entre el capital y el trabajo de empresarios-trabajadores(as).

Figura N° 2.- Distribución en línea Tipo I



Fuente: Acuña¹ Pinaud Leoncio Luis, Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, 2008

Figura N° 3.- Modelo Sistema Producción Flexible



Fuente: Acuña¹ Pinaud Leoncio Luis, Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, 2008

1.5. Objetivos

La empresa mediante una capacidad de producción debe cumplir con operaciones y tiempo la demanda con una producción planeada. Aplicando a máquinas flexibles y automatizadas las alternativas tecnológicas que se presentan para los productos de manufactura metalmecánica contribuyendo a la Calidad Internacional que debe exigir la demanda.

1.5.1. General.-

Proponer un método del proceso de producción flexible y su implementación en las Mypes especialmente en la metalmecánica para cumplir con la demanda en un mercado globalizado mediante la productividad y eficiencia.

1.5.2. Específicos.-

- a. Implementar un método de Producción Flexible en la Costa del Perú adaptándose a las necesidades del mercado globalizado.
- b. Adaptar a la Mypes de productos metalmecánicos un método adecuado de Producción Flexible con la tecnología CNC.

CAPITULO II.- SISTEMA DE PRODUCCIÓN FLEXIBLE

La innovación tecnológica, las presiones económicas de la globalización y la desregulación del mercado de trabajo, entre otros factores, han reconfigurado drásticamente la naturaleza del trabajo en los países postindustriales. Para responder a estos factores, las empresas se han reestructurado, haciéndose más planas y pequeñas, se han adoptado nuevas prácticas de gestión que incluyen, por ejemplo, equipos autogestionados; y se han aplicado métodos de producción más austeros y racionalizados, como los sistemas "justo a tiempo" y la subcontratación.

Se considera al ingeniero Taiichi²⁹ Ohno como el responsable de haber desarrollado los principios del sistema de producción flexible después de la Segunda Guerra Mundial. Su filosofía, centrada principalmente en eliminar el despilfarro y dar responsabilidad a los trabajadores, reducía el inventario y mejoraba la productividad. En lugar de guardar recursos en anticipación de las necesidades de fabricación futuras, como hacía Henry Ford con su línea de producción, el equipo directivo de Toyota forjó alianzas con sus proveedores. Así, bajo la batuta del Ingeniero Ohno, los vehículos Toyota se convirtieron en vehículos fabricados sobre pedido. Al potenciar el uso de empleados con múltiples capacidades, la compañía pudo adelgazar su estructura de gestión y utilizar los recursos de manera más flexible. El hecho de que la compañía era capaz de acometer cambios con rapidez le permitía responder a las demandas del mercado con más celeridad que sus competidores.

2.1. Antecedentes de la Investigación

Este proceso que toma especial peso a partir del periodo Fordista, que inicia a principios del siglo XX, se viene a expresar en forma más prominente hasta la actualidad.

Aparte del ascenso urbano, también se tiene que las economías nacionales abandonan el tradicional esquema primario agropecuario por el creciente sector terciario, especialmente en materia de servicios bancarios, seguros y los llamados servicios a la producción. La tercerización de las economías es patente durante el periodo de posguerra como fenómeno mundial y con las sugerencias keynesianas, los servicios públicos también vienen a tener significativa presencia.

Los principales supuestos sobre las nuevas relaciones post Fordista y su efecto en la localización de los negocios, la correspondiente localización de la población con su movilidad, residencia temporal y definitiva, obedece a factores que en mucho tienen que ver con las relaciones internacionales.

En el caso peruano se dispone de la tecnología CNC y las empresas deben tomar la decisión de adaptarse a un método de implementar los Sistemas de Producción Flexible e integrarse a la competencia internacional con los debidos estándares de competencia.

2.2. Bases Teóricas

Según los autores Joan Grillo Perelló¹ - Raúl García Jiménez¹, Sistemas de Fabricación Flexible, se llama así, al realizar distintas piezas o productos diferentes de forma simultánea en sus estaciones de trabajo. La demanda es capaz de hacer variar diferentes tipos productos y tasa de producción.

Un Sistema de Producción no es completamente Flexible, se podrá encontrar algunas restricciones. Ejemplo: la producción de una familia de productos, será variando tamaños, modelos y procesos, considerando unos límites.

Los requisitos que debe tener un Sistema de Producción Flexible son:

a. Identificar y distinguir productos a procesar por el sistema.

b. Facilitar de manera rápida la realización de cambios tanto físicos como lógicos.

El empresario debe tener el concepto de flexibilidad como sistemas automatizados y también como sistemas manuales. Un sistema automatizado es o no flexible realizando las siguientes pruebas:

a. Variedad de productos: El sistema procesa diferentes tipos de piezas en producción que no sea por lotes.

b. Cambio de programación o producción: El sistema realiza cambios en la producción programada y cambios en cualquier parte del producto.

c. Recuperación de errores: El sistema se recupera satisfactoriamente de errores de funcionamiento sin que esto conlleve la interrupción completa de la producción.

d. Ampliar la gama de fabricación de piezas o partes producidas: Se añade al sistema de fabricación nuevas piezas diseñadas.

El adaptarse a las cuatro pruebas, la empresa dispone de un Sistema de Producción Flexible. La Tabla N° 2 define los diferentes tipos de flexibilidad y los factores que dependen cada uno de ellos.

2.3. Marcos Conceptuales

Una vez citados los diferentes tipos de flexibilidad pasamos a los criterios de flexibilidad. En la Tabla N° 3 observamos que criterios de flexibilidad cumple un determinado tipo de selección.

Se definen dos tipos de operaciones dependiendo del tipo de trabajo:

a. De fabricación.

b. De ensamblaje

En la industria, las piezas prismáticas son más comunes que las piezas rotativas. Las piezas prismáticas deben tener una orientación determinada para operar, como ejemplo figuras cuadráticas. En el producto rotativo, las piezas tienen una estructura simétrica circular y no es necesaria una orientación determinada, por ejemplo: anillos.

El sistema de producción flexible se clasifica según sea el número de máquinas y el nivel de flexibilidad:

Tabla N° 2.- Tipos de Flexibilidad, Definición y Factores de los que depende

Tipos de Flexibilidad	Definición	Factores de los que depende
Maquinaria	Facilidad de una máquina para adaptarse a un sistema de producción.	-Tiempo de ejecución. -Facilidad para reprogramar la máquina. -Control y versatilidad del trabajador en el sistema.
Producción	Diferentes productos a ser fabricados por el sistema.	-Flexibilidad maquinaria en estaciones individuales. -Flexibilidad de las estaciones del sistema.
Mezcla de productos	Capacidad de variar diferentes productos a fabricar manteniendo la producción final.	-Similitud de productos en la producción final. -Trabajo relativo a las partes producidas.
Producto	Facilidad de introducir modificaciones en los diseños existentes. Y, de introducir nuevos productos.	-Preparación del programa de la pieza. -Flexibilidad de la máquina
Secuencia de fabricación	Modificar las secuencias de fabricación debido a fallas de maquinaria en general.	-Similitud de las partes en la mezcla. -Entrenamiento para los trabajadores.
Volumen	La inversión fija en la capacidad produce económicamente un rango de producción.	-Nivel de trabajo manual existente en la producción. -Cantidad invertida en equipamiento
Expansión	Facilidad con la que un sistema se puede expandir para incrementar la producción.	-Costo de añadir estaciones de trabajo. -Facilidad con la que el layout puede ser ampliado. -Tipo de sistema de transporte utilizado.

Fuente: Acuña¹ Pinaud Leoncio Luis, Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, 2008

Tabla N° 3.- Criterios de flexibilidad – Tipos de flexibilidad

Criterios de Flexibilidad	Tipo de Flexibilidad
El sistema procesa diferentes partes de un producto en un modo de producción.	Flexibilidad de maquinaria Flexibilidad en producción
El sistema realiza cambios en la producción programada y cambios en cualquier parte del producto.	Flexibilidad en mezcla de productos Flexibilidad en volumen Flexibilidad en expansión
El sistema se recupera satisfactoriamente de mal funcionamiento sin la paralización completa de la producción.	Flexibilidad en secuencia de fabricación
Se añade partes nuevas diseñadas al sistema de fabricación.	Flexibilidad en producto

Fuente: Acuña¹ Pinaud Leoncio Luis, Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, 2008

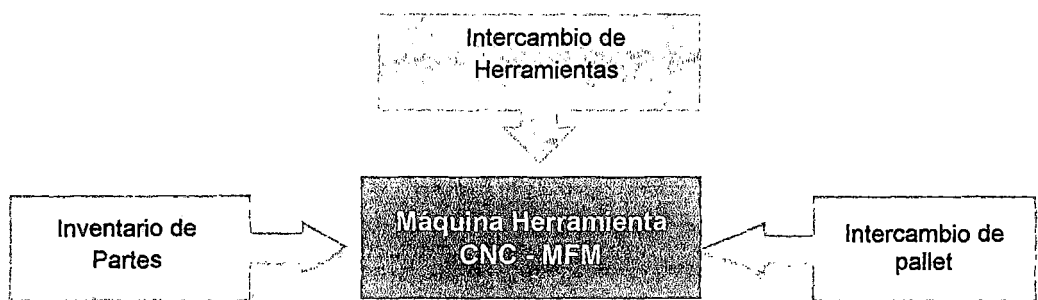
2.3.1. De Fabricación

Los tipos de maquinaria típica se describen a continuación:

2.3.1.1. Módulo de Manufactura Flexible – MFM

Este Módulo nos presenta la fabricación flexible. Realizamos lotes cuando fabricamos un producto y una vez alcanzada la producción deseada se cambia el tipo de producto y se realiza la misma. Figura N° 4

Figura N° 4.- Módulo de Manufactura Flexible – MFM

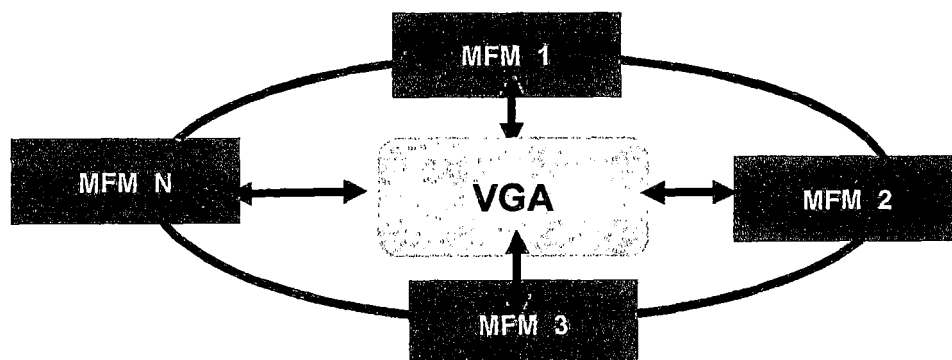


Fuente: Acuña¹ Pinaud Leoncio Luis, Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, 2008

2.3.1.2. Celda de Manufactura Flexible - CFM

Consiste en dos a más Módulos Flexibles Manufactura y un sistema de transporte guiados automáticamente conocidos como Vehículos Guiados Automáticamente - VGA. El sistema de transporte está conectado a una estación de carga y descarga, cuenta con una capacidad de almacenamiento limitada. Figura N° 5

Figura N°5.- Celda de Manufactura Flexible – CFM



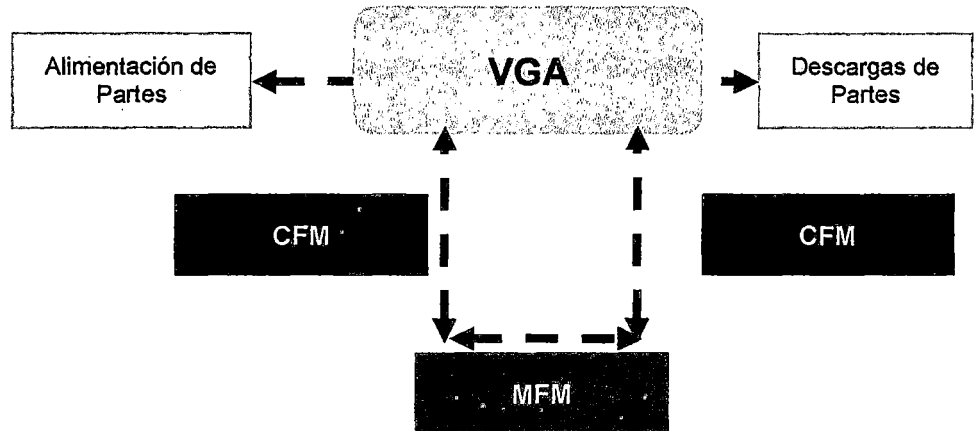
Fuente: Acuña¹ Pinaud Leoncio Luis, Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, 2008

2.3.1.3. Grupo de Manufactura Flexible – GFM

Es una combinación de MFM y CFM en la misma área de manufactura y unidos mediante un sistema de manejo de material, como los Vehículos Guiados Automáticamente - VGA.

Figura N° 6

Figura N° 6.- Grupo de Manufactura Flexible – GFM



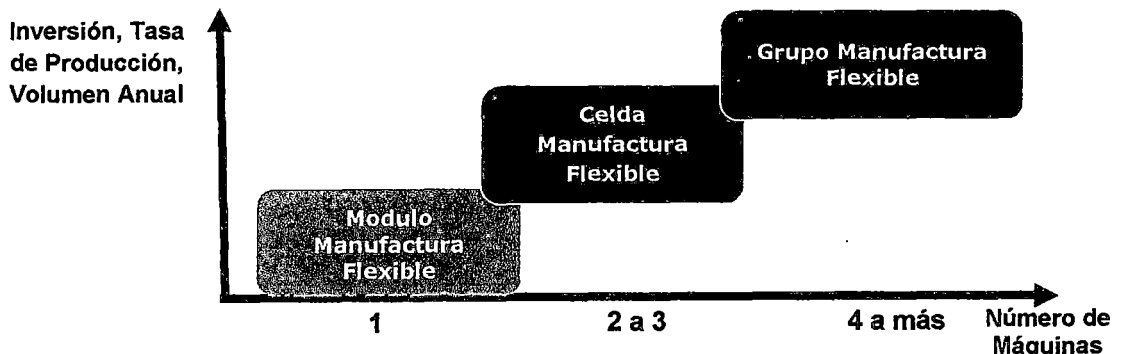
Fuente: Acuña¹ Pinaud Leoncio Luis, Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, 2008

2.3.1.4. Sistema de Producción Flexible – SFP

Formado por varios GFM conectadas en varias áreas de manufactura, tales como: manufactura, maquinado y ensamble.

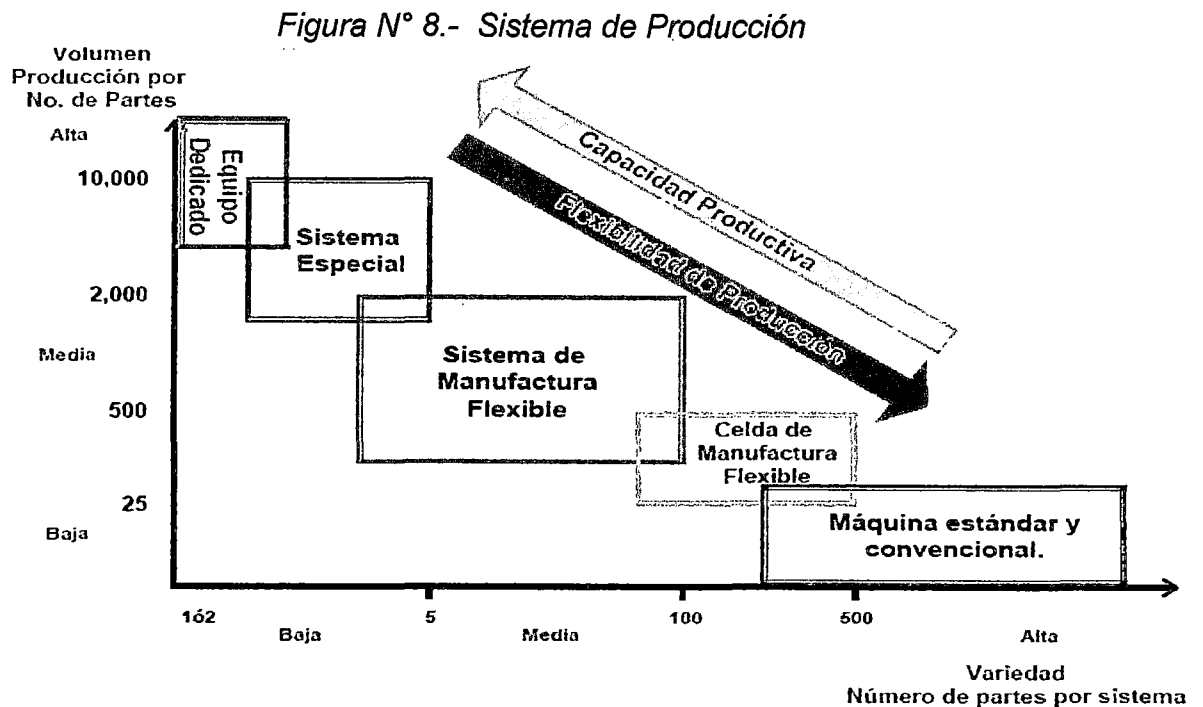
La Figura N° 7 nos conduce a la conclusión lógica de que a mayor número de máquinas, mayor inversión, tasa de producción y volumen anual.

Figura N° 7.- Relación entre el número de máquinas del sistema y la inversión, la tasa de producción y el volumen anual



Fuente: Acuña¹ Pinaud Leoncio Luis, Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, 2008

La Figura N° 8 indica que a mayor variedad existe mayor flexibilidad, las maquinas son estandarizadas y convencionales con un menor volumen de Producción. Y, un equipo dedicado tendrá menor variedad pero si alto volumen de Producción.



Fuente: Acuña¹ Pinaud Leoncio Luis, Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, 2008

2.3.2. De Ensamblaje

Distinguimos dos categorías:

2.3.2.1. Sistema de fabricación especial

La fabricación de una pequeña familia de productos implica que las máquinas utilizadas son muy similares, lo que proporciona facilidad para realizar un trabajo con otra máquina en caso de avería o no disponibilidad. Este grado de especialización produce un aumento en la productividad y flexibilidad del proceso.

2.3.2.2. Orden aleatorio

Se usa para realizar gran variedad de productos. Esta variedad implica el grado de complejidad de los procesos y la necesidad de tener el soporte de un sistema computarizado de control y maquinaria de propósito general. El

sistema computarizado de control, ayuda a realizar cambios en las configuraciones y gestión de la producción.

Ambos sistemas establecen una relación particular entre flexibilidad y productividad. El *sistema de fabricación especial*, es menos flexible pero posee un mayor margen de productividad. En el caso del sistema de producción de *orden aleatorio* presenta mayor flexibilidad pero menor margen de producción. Cada empresa optará por un sistema u otro teniendo en cuenta las cualidades de cada uno. Implementar un nuevo orden institucional, previo a la reorientación industrial ante una paulatina y cada día mayor apertura comercial, propicia la migración a puertos y ciudades, como en otras localidades que guarden nexos con los mercados en el exterior. La Tabla N° 4 precisa una relación de celdas y criterios de flexibilidad.

Tabla N° 4.- Relación entre los tipos de celdas y los criterios de flexibilidad

Sistema	Variedad Productos	Receptivo a cambios	Recuperación de errores	Ampliación de Máquinas
MFM	Sí, procesado secuencial	Si	Limitado	Si
CFM	Si, producción simultanea varios productos	Si	Limitado	Si
GFM	Si, producción simultanea varios productos	Si	Máquinas disponibles Minimizan errores	Si

Fuente: Acuña¹ Pinaud Leoncio Luis, Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, 2008

Se pueden resumir en grandes rasgos en los siguientes:

- a. Los procesos de apertura e integración económica no dejan de lado el efecto demográfico de la distribución territorial de la población en la geografía mundial.
- b. La movilidad del capital, aún con la importancia que adquiere la Inversión Extranjera Directa, y su relocalización en las geografías del subdesarrollo, no son fuerza suficiente para retener a la población en su creciente y cada vez más importante proceso migratorio a regiones del mundo industrializado.
- c. Las graves asimetrías entre las áreas industriales y las marginales, representan una abierta ventaja para la fuerza de trabajo, se observa una

movilidad que explica un fenómeno del capital que migra del centro a la periferia y la fuerza de trabajo lo hace de la periferia al centro.

Es evidente que la razón del cambio del esquema Fordista al post Fordista es el surgimiento de nuevas tecnologías de carácter más efímero, vienen a contrarrestar el efecto de la competencia de la obsolescencia prematura del capital, y suponen la polivalencia de esta a varios usos, como la flexibilización de los procesos productivos dentro de las funciones de producción de los talleres. Esquema que rompe la rigidez del esquema Fordista y que implementa un régimen de producción flexible, que no solo involucra la flexibilidad del proceso en sí, sino de la mano de obra: flexibilidad laboral. Un aspecto que apenas se observa de la oferta laboral peruana, pero al parecer la reforma en el marco institucional de la ley de trabajo, hace inminente que este es otro proceso que afecte los patrones migratorios y de la distribución territorial del país.

Los cambios tecnológicos son basados especialmente en las innovaciones de la electrónica (tecnología dura o hardware) y en la automatización de los procesos que permiten a los ingenieros o analistas soportar el manejo de la información como nuevo recurso de la tecnología a través de la informática (tecnología blanda o software). Con ello, el proceso es más flexible y el uso de los recursos más versátil, lo que supone la libre movilidad de los mismos. Implicación especial para el factor trabajo y su movilidad.

CAPITULO III.- EL DISEÑO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN FLEXIBLE

La tendencia más tradicional comienza por diseñar y desarrollar el producto para, luego abordar su industrialización, es decir, desarrollar los procesos correspondientes a partir del producto, sus características y su modularidad. La Ingeniería del Producto y la Ingeniería de Procesos con el aprovechamiento de las sinergias llegan al máximo rendimiento por medio de la ingeniería concurrente o simultánea. Permite reducir el tiempo de diseño, desarrollo e industrialización de los productos.

3.1. Especificación del diseño del sistema de fabricación las tareas del proceso

El proceso de diseño de fabricación y desarrollo del sistema consta de cuatro etapas diferentes, la división en etapas es útil al colocar el método en el proceso de diseño del sistema de fabricación, que muestra el uso previsto. El uso previsto indica que podría esperarse del método, sino un proyecto de sistema en primer lugar. La división en etapas es seguido por la introducción y la definición de los conceptos básicos que se van a utilizar para describir las propiedades de soluciones de sistemas de fabricación y los requisitos.

3.1.1. Definición en el desarrollo del sistema

Los datos de entrada en los primeros diseños podrían proceder de un proyecto totalmente nuevo o se basan en un sistema anterior existente. Después de haber establecido requisitos generales del sistema se ingresa al diseño real; el proyecto como sistema se junta, es en esta etapa es donde se destina el método propuesto a ser utilizado; un concepto de sistema importante es evaluar en virtual o muestras para un diseño de primera, aquí uno puede encontrar fácilmente los métodos para evaluar el diseño y

mejorarlo y finalmente el proceso de la implementación para el funcionamiento.

3.1.2. *Uso de las propiedades del sistema y solución como una base*

Durante la etapa de investigación previa al estudio, las demandas fueron identificadas por un método de diseño del sistema, proporcionando una solución de orden de trabajo en lotes. Durante las reuniones del estudio inicial, una opinión fue: hay una gran cantidad de métodos, filosofías y estrategias disponibles, útiles en diferentes situaciones, como medio para llevar a cabo la fabricación competitiva. Por ejemplo: Justo a Tiempo, el método Kanban de control y celdas de fabricación. Es bueno, eficaz y eficiente, pero pocos son los enfoques metodológicos sobre cuándo y cómo usarlos.

3.2. El rendimiento de los sistemas de fabricación

En esta sección, los temas comunes relacionados con la evaluación del desempeño del sistema de fabricación, existen numerosos artículos escritos sobre la medición del desempeño y Sistemas de Medición del Rendimiento - SMR. La razón de sacar el tema es hacer que las medidas utilizadas en el método, sea compatible con los sistemas disponibles de medición del desempeño y a niveles mayores de planificación en una empresa manufacturera.

3.2.1. Rendimiento, productividad y rentabilidad

El rendimiento es declarado por muchos como un tema con amplia gama de definiciones diferentes. Una parte central del proceso es el costo, pero hay muchos otros componentes involucrados, estos componentes son a menudo relacionados con el comportamiento de un sistema de fabricación. Anexo 3

$$Eficiencia = \frac{Recursos Esperados a Consumir}{Recursos Actualmente Consumidos}$$

$$Eficacia = \frac{Salida Actual}{Salida Esperada}$$

Las medidas de rendimiento están estrechamente relacionadas con lo que se denomina medidas de productividad, rentabilidad y ratios. La medición del rendimiento se puede definir como el proceso de cuantificación de la Eficiencia y la Eficacia de la acción.

Un Sistema de Medición del Rendimiento – SMR, puede ser definida como el conjunto de parámetros utilizados para cuantificar la eficiencia y la eficacia de las acciones.

$$Productividad = \frac{Resultado}{Ingreso}$$

3.2.2. De medición de Rendimiento hacia los parámetros de fábrica

El objetivo de calidad es hacer bien las cosas. Ejemplo de buena calidad es producir piezas con las especificaciones, el producto confiable y atractivo. Lo que se necesita para hacer bien las cosas cumplir con lo mencionado según el tipo de operación.

El objetivo de velocidad es hacer las cosas con rapidez, la velocidad es importante dentro y fuera de la operación, en el exterior el cliente tiene que esperar el producto y en el interior, la velocidad es esencial para mantener los inventarios, simplificando el planeamiento.

El objetivo de funcionamiento es hacer las cosas a tiempo, esto da prevención, por Ejemplo simplificar el planeamiento.

3.3. Guías para la selección de los conceptos de diseño

Los conceptos que se van a utilizar para describir las propiedades del sistema son de suma importancia en los aspectos de la elección y el diseño. Por lo tanto, es importante investigar, aclarar factores a tener en cuenta para elegir los conceptos del diseño. Son considerados pautas generales, aplicables a situaciones con objetivo de obtener resultados precisos.

3.3.1. Guías generales

La elección de los parámetros adecuados para medir los resultados, de preferencia debe basarse en medidas directamente relacionadas con los objetivos de las operaciones y no los medios para alcanzar los objetivos. Los

medios de medición podrían dar valores menos precisos que los objetivos de medición, podría estar relacionado con cuestiones técnicas, problemas de comportamiento, la física y otros. Es posible que las medidas adoptadas para lograr un objetivo, afecta a otras áreas destinadas a la mejora.

3.3.2. La decisión de una propiedad básica y conceptos

La exploración a través de trabajos de investigación, es común encontrar soluciones generales de desarrollo o métodos, recomendar métodos específicos de menor nivel es parte de una solución general. En la investigación de fabricación estratégica, un ejemplo notable son las recomendaciones para implementar directamente un determinado tipo de distribución en la fábrica es el método Kanban. En los estudios de *Sistema de Producción Toyota* (SPT) puede poner en relieve soluciones específicas y los detalles acerca de la situación estudiada en el SPT implementado. Si utilizamos el sistema de control Kanban como ejemplo, muchos investigadores indican que es una forma de mejorar la eficiencia de fabricación y la reducción de residuos. Si uno falla, en arreglar los requisitos previos a la puesta en práctica Kanban, el método podría ser inútil para los demás al ejecutarlo, dejando la impresión de que las actividades relacionadas con SPT son inútiles en general.

3.4. Propuesta y análisis conceptos

En el esquema de métodos desarrollados y necesarios, se utilizan conceptos y unidades para especificar requisitos del sistema de fabricación. Por lo tanto, las soluciones técnicas han sido estudiadas en forma amplia que incluye muestras de Mypes. Los resultados de los casos se utilizan para seleccionar los conceptos y unidades. La razón principal para establecer el tipo de mediciones se utilizan en diferentes situaciones como en planta de producción pequeña o el nivel técnico en la empresa.

3.4.1. Proponer conceptos básicos y las dependencias

En el campo de la investigación de fabricación, hay una necesidad de cantidades físicas básicas y las unidades podrían ser utilizadas para describir las propiedades de un sistema de fabricación. Conceptos y

unidades, son definiciones en algunos casos son contradictorias a las definiciones realizadas por otros investigadores, pero la necesidad de unidades definidas se argumentan a favor.

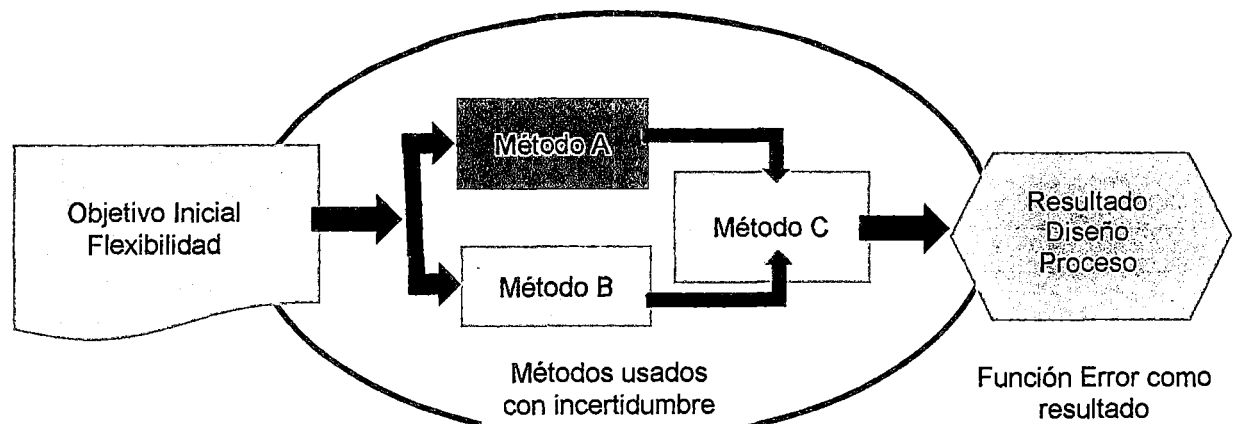
3.4.2. Análisis del concepto capacidad y la flexibilidad

La definición de capacidad, está unido al número de operaciones previstas que se realizarán en un plazo de tiempo especificado. El número de productos que se fabrican se traducen a las operaciones, es parte de un proceso de fabricación grande. La capacidad se mide en unidades fabricadas por unidad de tiempo, por Ejemplo: productos / hora, es importante recordar esta medición. Esta es la razón principal por la que el diseño del producto afecta a la capacidad máxima teórica. Anexo 3

3.4.3. Posicionamiento actual de la definición flexibilidad en el contexto

La flexibilidad es un tema controvertido con muchas definiciones disponibles, las definiciones se presentan aquí y en relación con las definiciones ya existentes. El objetivo de la flexibilidad en un sistema de fabricación consiste en medir la variabilidad del sistema, se muestra en la Figura N° 9. Hay muchas definiciones diferentes de la flexibilidad, muchas de ellas relacionadas con factores diferentes a sistemas relacionados que afectan a la flexibilidad global del sistema.

Figura N° 9.- El objetivo inicial de dar flexibilidad a los tipos y niveles de flexibilidad del sistema distintos que necesitaba, incluyendo las incertidumbres



Fuente: Anders Karlsson¹⁸, October 2002

CAPITULO IV. - ESTADO DEL ARTE SISTEMA DE PRODUCCION FLEXIBLE

El estado del arte es una modalidad de la investigación documental que permite el estudio del conocimiento acumulado mediante escritos en textos dentro de un área en Producción Flexible. Hoy en día se considera en general que su realización implica el desarrollo de una metodología resumida; de esta manera se observa que la realización de estados del arte permite la circulación de la información, genera una demanda de conocimiento y establece comparaciones con otros conocimientos paralelos a este, ofreciendo diferentes posibilidades de comprensión del problema tratado; pues brinda más de una alternativa de estudio los cuales son complementados al estado del arte de manera estructural, es decir, hacer el análisis mediante la investigación.

4.1. Sistemas de Ensamblaje Automático Flexible²⁴ - FAA

a. Mark I

El sistema fue construido para investigación y no para uso industrial, el estudio fue de dos celdas de FAA y una conexión entre ellas; una se define como celda FAA y otra como celda línea FAA, Mark I es un sistema intermedio. Es aquí donde se considera que una celda línea FAA tiene la importancia en el proceso de transferencia y de operaciones, son relativamente pocas las partes ensambladas por Robots - IRb. Ver en Anexo 1.

Para poder alcanzar estos objetivos, el sistema fue diseñado para tener productos en diferentes formas geométricas, una línea de proceso y en lotes diferentes por la flexibilidad. El sistema también fue diseñado para estar en:

Puesta en marcha entre los lotes, recuperación de los errores y manejo de materiales.

El montaje es realizado por cuatro ensambladores Robots – IRbs: dos de 6 grados de libertad y dos de tipo SCARA IRb IBM 7545, el IRb ASEA tiene tres puntos de trabajo a lo largo de la cinta transportadora mientras que IRb SCARA tiene dos cada uno. La IRb tiene herramientas con cabezas giratorias cambiables de sujeción, los dedos intercambiables o cambio completo de pinza con un titular electromagnético. El equipo de propósito especial puede ser acoplado a cada estación de la FAA.

La flexibilidad del sistema se lleva a cabo mediante el uso de pinzas cambiables y acoplables al equipo de propósitos especiales, por ejemplo: la estación de destornillador y la prensa.

La introducción de una nueva variante al sistema de ensamblaje mediante cambios, por ejemplo: piezas, número de piezas, pinzas, secuencia de montaje y fijación; la variante entenderá el manejo de estos cambios sin un castigo severo en costo y tiempo. Se entenderá sin embargo, que los cambios son más o menos previsto para la fase de diseño del sistema y los cambios tienen por lo tanto, a menudo bastante limitado impacto (o castigo).

b. Mark II

El sistema fue desarrollado como salida a las tendencias industriales que habían surgido durante esa década y las tendencias son todavía muy al día. El sistema fue desarrollado para adaptarse a la situación de producción de las industrias en Suecia y se fundamenta por: Los volúmenes de los productos fabricados y ensamblados son pequeñas. El capital en stock se debe reducirse al mínimo y es necesario para el ensamblaje de pequeños lotes. El ciclo de los productos se reducen y la variedad de productos se incrementa.

Los objetivos del sistema fueron los siguientes: La capacidad del sistema no debe ser acoplado a la cantidad de piezas del producto, el número de piezas del producto no debe decidir al número de Robots para montar el producto. El sistema es capaz de manejar pequeñas cantidades económicas, el tiempo

de preparación debe ser pequeño, se debe añadir y eliminar rápidamente equipos específicos del sistema. El ciclo de vida es corto en los nuevos productos, deben ser fácilmente introducidos en el sistema sin interrupción de ensambles permanentes; la preparación de programas y equipos, deben estar fuera de línea del sistema. El sistema debe ser económico, al procesar por largo tiempo en forma automática; la configuración debe ser automática para la recuperación de errores, la alimentación y de operaciones de ensamblaje. Ver en Anexo 1.

La flexibilidad en el sistema Mark II se lleva mediante el uso de pinzas y herramientas cambiables, pinzas y herramientas que necesitan el suministro de aire o electricidad se coloca en el área de trabajo del Robot. Las nuevas operaciones se pueden añadir mediante la adición de herramientas de forma permanente en la zona de trabajo.

Flexibilidad geométrica se logra mediante accesorios moldeados y pinzas cambiables, piezas presentadas en paletas y recogidos por el sistema como visión de aumentar la flexibilidad del sistema.

c. Mark III

Fue pensado para ser un complemento, y es una evolución del anterior sistema Mark II, una revisión de los requisitos se plantea en un sistema FAA con el fin de incrementar y facilitar el uso. El sistema debe: Facilitar la automatización gradual. Permitir la coexistencia de operaciones manuales y automáticas. Manejar tipos de productos y variantes. Permitir diferentes formas de alimentación. Tener período de gran capacidad como sea posible. Explotar solución a menor costo y fácil programación.

La manufactura de las piezas con diferentes formas es bastante alto debido a las muchas formas que las piezas se pueden presentar al Robot. La visión como sistema y los cambios de sujetadores aumenta la flexibilidad geométrica. Sin embargo, cuando se utiliza la visión como sistema gran parte de piezas inestables son fabricadas manualmente por el operador.

El costo de los cambios se reducen, la longitud del carril puede ser un factor limitante, para evitar pérdida de tiempo debido a recorridos largos, el

producto debe ser recogido en un área determinada a lo largo del carril. La pérdida de tiempo por recorrido depende del tamaño de los sub-lotes. Los nuevos equipos también se puede colocar a lo largo del carril. Ver en Anexo 1.

d: Concepto inteligente de Sony

El sistema tenía que ensamblar componentes de 8 mm de VCR de Sony, el objetivo era desarrollar un sistema de ensamblaje con un número limitado costo y una cantidad limitada de producción (60 mil / mes y 24 h de funcionamiento). Los siguientes requisitos fueron considerados durante el desarrollo: Inversión eficiente en producción a pequeña escala. Suministro de componentes eficientes. Alta flexibilidad. Menos restricciones para el diseño de productos.

En Japón, un producto que tiene la producción de 1 millón en seis meses se considera un pequeño volumen, mientras que en Suecia y otros países este sería considerado un producto de gran volumen.

El transporte de piezas se realiza en pallets de resina espumado con cinta transportadora en la parte trasera de la estación FAA. Un dispositivo diseñado llamado ATC-M se utiliza para cambiar partes de pallets sobre la cinta transportadora, es decir, recoge los pallets vacíos y agregar para llenar. En casos que las partes son demasiado grandes para manejar, parte del transportador se acopla a un dispositivo especial llamado ATC-L directamente a la estación.

Flexibilidad técnica es bastante limitada en este sistema, desde la estación FAA optimizado para montar seis partes; debido al espacio limitado, en la estación no hay lugar para las herramientas adicionales. La pinza revólver limita el número de pinzas posible de usar, las seis partes están diseñadas para manejar diferentes componentes con el fin de aumentar la flexibilidad geométrica interna a utilizar.

e. DIAC

El objetivo de la DIAC fue una celda inteligente de ensamblaje flexible demostrando su viabilidad mediante la demostración de ensamblaje de

varios productos industriales. Los productos tenían el perfil de producción siguientes: Hacer ensamblaje con orden de 10 000 a 100 000 unidades de volumen anual. Composición de aproximadamente 20 a 30 piezas y cada una no exceda del 1 Kg. Tamaño del producto encaje en un cubo de 200 mm de lado y peso menos de 5 Kg. Variación entre 10 a 100 para una familia de productos. Ver en Anexo 1.

Flexibilidad técnica depende de la disponibilidad de herramientas y otros equipos para el robot, el uso de dos robots aumenta la flexibilidad técnica, ya que son potencialmente buenos en diferentes aspectos. Flexibilidad geométrica depende de las herramientas disponibles y el grado de libertad del robot, debe ser alto si la herramienta avanzada funciona como está previsto.

Nuevas variantes de partes nuevas, nuevas herramientas y tal vez nuevos accesorios. Puesto que los accesorios, herramientas y piezas están previstas para encajar en el concepto de sistema existente. Los factores limitantes son el tamaño de las herramientas, las piezas de acuerdo a la especificación, y la estabilidad del conjunto.

f. El sistema de DRAS

El objetivo principal del Sistema Ensamblaje Reconfigurable Dinámicamente (DRAS) ha sido el de avanzar el ensamblaje flexible a través de la investigación aplicada y la creación de prototipos, para uso industrial. Ver en Anexo 1.

Son cuatro principios básicos utilizados: La arquitectura del sistema en diferentes niveles. El desarrollo del sistema es híbrido de arriba hacia abajo / de abajo hacia arriba. Las funciones de control separados. El software con estructura orientada a objetos.

La flexibilidad técnica depende de la capacidad del sistema para presentar las herramientas adecuadas (pinzas, efectos finales) en el robot, algunas herramientas se pueden colocar al alcance del robot en forma permanente pero rara vez es suficiente en los sistemas FAA y debe haber una posibilidad de cambiar las herramientas durante el montaje si el producto requiere más

herramientas. El sistema de DRAS tiene una flexibilidad técnica bastante bajo ya que el sistema tiene que ser detenido a fin de añadir herramientas útiles. Flexibilidad geométrica depende en gran medida de herramientas disponibles para el robot y sus grados de libertad, el sistema de DRAS se puede configurar con diferentes tipos de robots pero la herramienta es una limitación.

g. IBM Järfälla Sistema FAA

El sistema consta de 5 celdas de montaje automático y una estación manual. La estación manual es cargas de ensambles en paletas y reúne algunas piezas difíciles antes de cambiar la paleta sobre la cinta transportadora, que conecta las celdas de ensamblaje, este se divide entre las celdas de modo que el Sistema Ensamble Flexible - FAS es una línea formada por las estaciones del Ensamble Automático Flexible - FAA.

La manufactura se realiza mediante el uso de una cinta transportadora, los ensambles son colocados en paletas de 18 unidades; el ensamble obtenido de la paleta y puesto en un accesorio de cada Celda Manufactura Flexible - CMF antes del ensamble.

El proceso de ensamble hace uso del robot de tipo SCARA propia de IBM 7545 que utiliza, pinza de cambio gracias a sujetadores y otras herramientas como pinzas de par fijo montados en el robot. Ver en Anexo 1. La flexibilidad en la variante es bastante alta ya que el sistema es, de alguna manera, modular y un módulo puede utilizar para la fase transitoria probar nuevas variantes en paralelo con ensamblajes en curso.

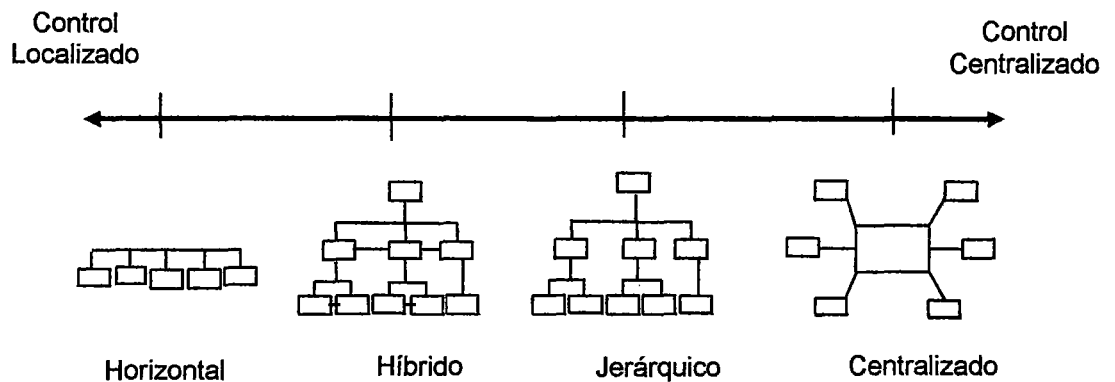
4.2. Sistemas de Control en Manufactura Flexible

Sistemas de control han sido organizados de acuerdo a cuatro modelos: control Centralizado, el control Jerárquico, control Híbrido y control Horizontal. Figura N° 10 muestra cómo el control se distribuye en los cuatro modelos. Una breve descripción y un ejemplo de cada modelo se presentará.

a. El control Centralizado

El control centralizado se llevó a cabo en el período inicial de las automatizaciones controladas por computadora. Todas las decisiones de control fueron hechas por un computador central. La principal desventaja de un control centralizado es el tamaño limitado de fabricación que pueden ser controlados. El aumento significativo en la capacidad de cálculo en las últimas décadas ha reducido la gravedad de esta desventaja.

Figura N° 10.- Sistemas de Control³⁰



Fuente. - Duffie, N.A., Chitturi, R. and Mou, J. Fault-tolerant, Heterarchical Control of Heterogeneous Manufacturing System Entities. *Journal of Manufacturing Systems*, 7(4), pp. 315-327

b. El control Jerárquico

Desarrollado para superar el sistema de manufactura límite de control Centralizado. Los comandos en la arquitectura jerárquica de control son emitidos por una autoridad central (computadora). Estos comandos son interpretados por el siguiente nivel inferior en jerarquía donde ejecutan o se agrega, y los comandos se pasan al siguiente nivel inferior en jerarquía, hasta llegar a un nivel donde la ejecución tiene lugar.

c. El control Horizontal

Las decisiones se distribuyen, no hay ninguna autoridad central; cada máquina determina sus operaciones basadas en información disponible a nivel local. Las ventajas que ofrece es reducir la complejidad del controlador, mayor modularidad y tolerancia a fallos. Estas ventajas se espera que

conduzca a la reducción de los costos de desarrollo de software y mantenimiento mejorado.

d. El control Híbrido

Control Híbrido es un intento de obtener las ventajas del control Jerárquico (optimización global potencial) y el control Horizontal (redundancia, flexibilidad) en un solo sistema.

4.2. Modelos del Plan de Proceso³⁰

El plan de proceso describe los pasos necesarios para dar valor agregado a la materia prima en un producto terminado. No existe un método estandarizado en representar un plan de proceso para uso con un sistema de control, los métodos que se han utilizado en la literatura incluyen: listas de las operaciones, diagramas y/o gráficos.

Se utiliza un gráfico que muestra las limitaciones precedentes y rutas alternativas de adaptación. Cada nodo en el gráfico representa una operación o conjunto de operaciones realizadas por una máquina. Cada arco representa el movimiento de la pieza en la máquina, el camino a través de la gráfica (de un nodo inicio a nodo fin) representa una vía factible para el procesamiento de la pieza. La construcción jerárquica de los gráficos muestran los diferentes niveles de detalle, se propone los niveles de asignación a la estructura de control jerárquico utilizado. Mediante la asignación de costos a los nodos y tiempo real a los arcos sobre la base de condiciones del taller, el camino más corto puede ser usado para encontrar una ruta óptima de procesamiento.

a. Redes de Petri

Las redes de Petri fueron descritos por primera vez en la tesis de Carl Adam Petri. Muchas variaciones se han propuesto a la teoría original. Las redes de Petri consta de 4 elementos primitivos: fichas, lugares, transiciones y arcos. Y, las normas que rigen su funcionamiento.

"Una Red de Petri es una representación matemática o gráfica un sistema de eventos discretos en el cual se puede describir la topología de un sistema distribuido, paralelo o concurrente."

Las reglas son: Los arcos conectan un lugar a una transición así como una transición a un lugar. No puede haber arcos entre lugares ni entre transiciones. Los lugares contienen un número finito o infinito contable de marcas. Las transiciones se disparan, es decir consumen marcas de una posición de inicio y producen marcas en una posición de llegada. Una transición está habilitada si tiene marcas en todas sus posiciones de entrada.

b. Redes Neuronales Artificiales

La premisa para el desarrollo de redes neuronales artificiales fue la observación de los seres humanos en hacer cosas simultáneas y que las computadoras tienen dificultades en hacerlo, ejemplo: reconocimiento de patrones. Esto llevó a un estudio de la estructura del cerebro humano, "El cerebro humano se compone de una amplia red de elementos de computación, llamadas neuronas, junto con los receptores sensoriales y los efectores". El cerebro contiene aproximadamente 10 mil millones de neuronas y 90 billones de células prestan apoyo a las neuronas. Las neuronas interactúan unas con otras a través de las sinapsis, las neuronas promedio reciben señales de miles de sinapsis. Los cuerpos celulares de las neuronas tienden a ocurrir en las capas con las salidas de una capa de suministro de insumos a otra capa.

c. Algoritmos Genéticos

Son llamados así porque se inspiran en la evolución biológica y su base genético-molecular. Estos algoritmos hacen evolucionar una población de individuos sometiéndola a acciones aleatorias semejantes a la evolución biológica (mutaciones y recombinaciones genéticas), función que decide cuáles son los individuos más adaptados, que sobreviven, y cuáles los menos aptos descartados. Es incluido dentro de los algoritmos evolutivos,

que consideran las estrategias evolutivas, la programación evolutiva y la programación genética.

Es importante la selección de un operador que realice la diferencia entre un algoritmo genético que funciona y uno que no lo hace. El problema con el uso de algoritmos genéticos para la programación es garantizar la viabilidad de un plan. La programación se utiliza como el cromosoma, entonces un operador de cruce simple, no va a generar un programa correcto. Considere las siguientes cuatro secuencias de trabajo: A, B, C, D y C, D, A, B. Si un cruce sencillo se realiza tomando la primera mitad de la primera secuencia y la segunda mitad de la segunda secuencia, la secuencia resultante es A, B, A, B. Esto claramente no es una secuencia válida ya que dos de las operaciones se realizan dos veces y dos no se llevan a cabo en absoluto.

d. Bloqueo

El Bloqueo es un problema significativo en el control del Sistema de Manufactura Flexible (FMS) ha sido ignorado por la mayoría en la investigación de programación y control. Una operación de bloqueo se ve como el estado que un recurso está en espera a ser descargado (transferir su carga a otro recurso). La definición de punto muerto es un estado bloqueado circular, se deduce que las operaciones de bloqueo son de relevancia para el fenómeno de estancamiento. Por lo tanto es suficiente para modelar las operaciones de bloqueo con Red Petri (PN).

Ellos utilizan un algoritmo de multiplicación de cadena para identificar los circuitos en el gráfico. El algoritmo requiere que las máquinas se identifiquen por un solo carácter. Una $M \times M$ (donde M es el número de máquinas) símbolo de la matriz que se crea y de la matriz que se apaga, se calculan para identificar los circuitos en las relaciones de espera.

CAPITULO V.- INDUSTRIA METALMECÁNICA PERUANA

El Perú es un país minero por excelencia. A mediados de los años cincuenta la aplicación de un modelo económico de Crecimiento hacia adentro o Sustitución de importaciones impulsó el crecimiento del sector Metalmeccánico, pero sin objetivos definidos. A inicios de los noventa, se pasa del modelo proteccionista a uno de corte liberal sin esperar un plan gradual preanunciado, que hubiese permitido a las empresas adaptarse a los cambios.

En este sentido, antes de la aplicación del programa de estabilización y reformas estructurales puestas en marcha en la década del noventa, el sector industrial se encontraba experimentando una crisis como resultado del agotamiento del modelo de desarrollo basado en la industrialización por sustitución de importaciones (ISI).

Lo que se produjo fue una drástica modificación en la estructura industrial, reducción en los niveles de capacidad instalada, con una participación marginal en algunos casos y desmantelamiento de la capacidad productiva y paralización en otros.

El sector Metalmeccánico no fue ajeno y también sufrió la crisis dejando de fabricar muchos productos desde automóviles hasta utensilios de cocina y cubiertos. Toda esta situación como consecuencia de la apertura de mercados y la rebaja arancelaria, pero sin política productiva que genere condiciones para las reinversiones, o nuevas inversiones para elevar el nivel de competitividad.

Sin embargo, el dinamismo de la economía peruana en los últimos años previo a la crisis financiera del año 2009, asimilando el Perú para luego superarlo con una mayor demanda externa y demanda interna, se tradujo en

un crecimiento importante de actividades como la minería, la manufactura no primaria y la construcción, tuvo un impacto directo en la industria metalmecánica, fuertemente vinculada a estos sectores y con un efecto multiplicador en el empleo técnico y en la economía.

5.1. Estructura Interna

La industria metalmecánica se encuentra agrupadas en la Clasificación Internacional Industrial Uniforme Revisión Cuatro¹² - CIIU Revisión 4, con los códigos 25, 26, 27, 28, 29 y 30; cubriendo los tres grandes grupos de la Manufactura No Primaria: la industria de *Bienes de Consumo* como por ejemplo artículos de cuchillería, pilas y baterías, bicicletas; *Bienes Intermedios* como productos metálicos de uso estructural, hilos y cables aislados o partes y pieza de vehículos y por supuesto los *Bienes de Capital*.

La industria metalmecánica produce y construye una serie de productos que son demandados por distintas ramas de la industria y sectores económicos (pesca, minería, construcción, electricidad), tanto como bienes de capital, bienes intermedios y como bienes de consumo.

El sector metalmecánico abarca seis divisiones:

a. *División 25 - Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo*

Esta división comprende la fabricación de productos de metal "puro" (como partes, recipientes y estructuras) que normalmente tienen una función estática, inamovible, mientras que las divisiones 26 a 30 siguientes abarcan combinaciones o ensamblajes de esos productos de metal (en ocasiones con otros materiales) para convertirlos en unidades más complejas que, salvo cuando son unidades meramente eléctricas, electrónicas u ópticas, funcionan con partes móviles. También se incluye la fabricación de armas y municiones.

b. *División 26 - Fabricación de productos de informática, de electrónica y de óptica*

Esta división comprende la fabricación de ordenadores, equipo periférico, equipo de comunicaciones y productos electrónicos similares, así como la

fabricación de componentes para esos productos. Los procesos de producción de la división se caracterizan por el diseño y la utilización de circuitos integrados y la aplicación de tecnologías de miniaturización altamente especializadas.

También se incluye la fabricación de aparatos electrónicos de consumo, equipo de medición, prueba, navegación y control, equipo de irradiación, equipo electrónico de uso médico y terapéutico, instrumentos y equipos ópticos y soportes magnéticos y ópticos.

c. *División 27 - Fabricación de equipo eléctrico*

Esta división comprende la fabricación de productos que se utilizan para generar, distribuir y utilizar energía eléctrica. También se incluye la fabricación de lámparas eléctricas, equipo de señales y aparatos eléctricos de uso doméstico.

d. *División 28 - Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.*

Esta división comprende la fabricación de maquinaria y equipo que actúan de manera independiente sobre los materiales ya sea mecánica o térmicamente, o que realizan operaciones sobre los materiales (como el manejo, el rociado, el pesado o el embalado), incluidos sus componentes mecánicos que producen y aplican fuerza, y cualquier parte primaria fabricada especialmente. Se incluye la fabricación de aparatos fijos y móviles o manuales, destinados a ser utilizados en actividades industriales, de construcción y de ingeniería civil, en la agricultura o en el hogar. Se incluye también la fabricación de equipo especial para el transporte de pasajeros o de carga en zonas delimitadas.

Se establece una distinción entre la fabricación de maquinaria de uso especial, es decir, maquinaria de uso exclusivo en una industria o en un pequeño grupo de industrias de la CIIU, y la de maquinaria de uso general, es decir, de maquinaria que se utiliza para una amplia gama de industrias de la CIIU.

Se incluye también la fabricación de otros tipos de maquinaria de uso especial no clasificados en otra parte, se utilicen o no en un proceso de

manufactura, como equipo para atracciones de feria, equipo automático para boleras, etcétera.

e. *División 29 - Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques*

Esta división comprende la fabricación de vehículos automotores para el transporte de pasajeros o de carga. Se incluye la fabricación de diversas partes, piezas y accesorios, así como la fabricación de remolques y semirremolques. El mantenimiento y la reparación de vehículos fabricados en esta división se clasifican en la clase 4520.

f. *División 30 - Fabricación de otros tipos de equipo de transporte*

Esta división comprende la fabricación de equipo de transporte, como la construcción de buques y otras embarcaciones, la fabricación de locomotoras y material rodante, aeronaves y naves espaciales y la fabricación de partes y piezas de los mismos.

5.2. Situación actual de la Industria Metalmeccánica

La industria metalmeccánica ha presentado un ritmo muy dinámico en los últimos años, sustentado en una mayor producción de artículos metálicos para el sector de la construcción (tubos, perfiles, planchas de metal, alambres y otros afines) y de envases metálicos (Envases para conservas, envases para productos agrícolas, tapas metálicas para cerveza y otros afines), maquinaria para la minería y obras de construcción, además de una mayor producción de aparatos de distribución y control de la energía eléctrica como transformadores, tableros, grupos electrógenos, interruptores y otros afines. Ligados al aumento en la demanda de energía por ampliaciones de capacidad instalada en las empresas industriales, el desarrollo de la actividad minera y los mayores proyectos en obras de generación y transmisión eléctrica desde el sector público como privado.

Este desarrollo de la actividad productiva motivó un crecimiento muy importante del sector, que registró en el año 2012 índice PBI manufactura tiene un incremento industrial de 1,5 y los 1,7 hasta Octubre 2013, respectivamente, y que se vio reflejado en incremento en los niveles de

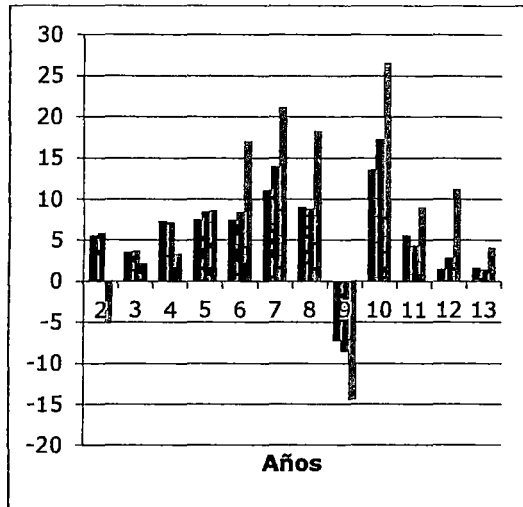
capacidad de las plantas, mayores inversiones en ampliaciones de infraestructura, renovación de maquinaria y equipo para atender no solo la demanda interna sino una mayor penetración en mercados externos, ver Figura N° 11.

Sin embargo durante los meses hasta Octubre del año 2013, PBI productos metálicos y equipos, registra un decremento de 4,2 respecto al periodo del año anterior, como resultado de menores pedidos en el mercado interno ligado a una menor actividad industrial y de sectores como la minería y la construcción que sintieron los efectos de la crisis. Esto se ha reflejado en menor producción de accesorios y repuestos para vehículos, transformadores, acumuladores, baterías y cables eléctricos, entre otros productos, por menores exportaciones y ventas en el mercado interno.

Según BCR⁶ estadísticas semanales de Diciembre 2013, el empleo en Lima Metropolitana presentó una evolución positiva. La población ocupada creció 2,5 por ciento de Noviembre 2012 a Noviembre 2013, pasando de 4,584 millones en 2012 a 4,588 millones de habitantes en 2013, impulsada por la mayor actividad del sector servicios y de la industria manufacturera. Como resultado, se registró una caída del desempleo: la tasa de desempleo pasó de 5,7 por ciento en 2012 a 5,2 por ciento en 2013.

La manufactura no primaria decreció de 2,9 por ciento en 2012 a 1,5 en 2013, comportamientos diferenciados a lo largo del año. Al interior, destaca la producción de productos metálicos, maquinaria y equipo con 4,2; Minerales no metálicos con 6,5; productos químicos, caucho y plásticos con 2,6; Industria del hierro y acero con 16,6 y Textiles, cuero y calzado decreció 13,4. Esta desaceleración se debió al menor ritmo de crecimiento de la economía mundial que impactó de manera negativa en ramas orientadas a la exportación con excepción de la Industria del hierro y acero que incremento.

Figura N° 11.- Producción Manufacturera - Variación Porcentual



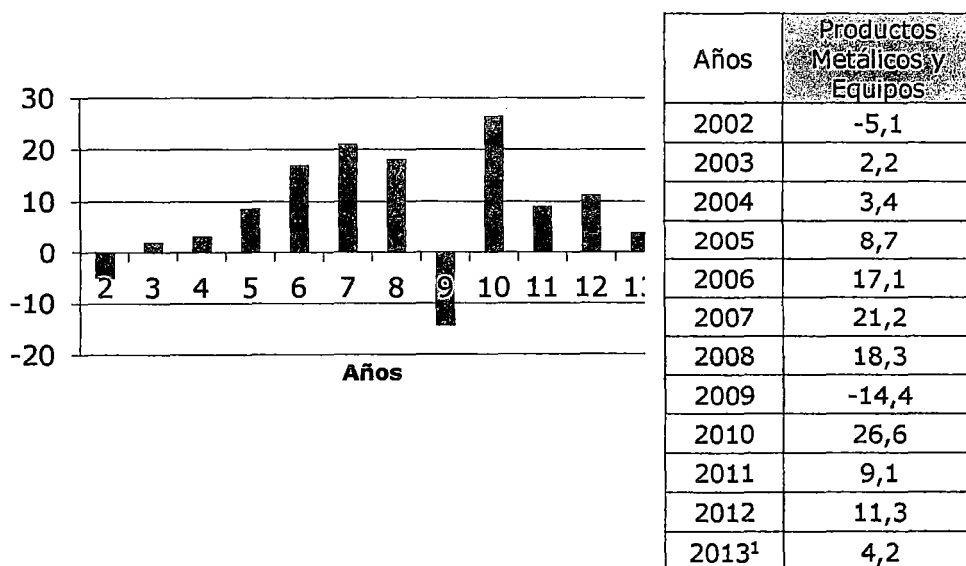
Año	PBI Manufactura Total	Manufactura No Primaria	Productos Metálicos y Equipo
2002	5,6	5,9	-5,1
2003	3,6	3,7	2,2
2004	7,4	7,2	3,4
2005	7,5	8,5	8,7
2006	7,5	8,5	17,1
2007	11,1	14,0	21,2
2008	9,1	8,9	18,3
2009	-7,2	-8,5	-14,4
2010	13,6	17,3	26,6
2011	5,6	4,4	9,1
2012	1,5	2,9	11,3
2013 ¹	1,7	1,5	4,2

1/ Información hasta Octubre 2013

Fuente: Nota Semanal a Diciembre 2013 BCRP ⁴

En la Figura N° 12 se observa los productos metálicos y equipos producidos en diferentes años mediante su variación en porcentajes con números favorables en el sector metalmeccánico.

Figura N° 12.- Productos Metálicos y Equipos - Variaciones Porcentuales



Fuente: Nota Semanal a Diciembre 2013 BCRP ⁴

La industria de bienes de capital registró una expansión de 3,6 por ciento hasta tercer trimestre 2013, impulsada por la mayor producción de

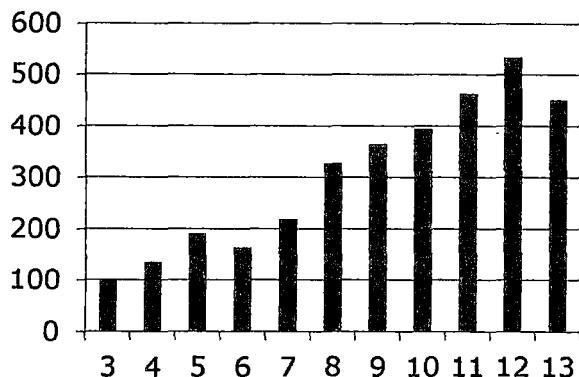
maquinaria y equipo proveniente de la minería, de bombas centrífugas para el mercado local y externo, de productos metálicos por una mayor demanda de envases para el sector pesquero, así como de equipo de transporte por mayores pedidos de repuestos y accesorios para vehículos, en línea con el crecimiento del parque automotor. En contraste, disminuyó 1,73% los materiales de construcción.

En la última década se observó un crecimiento significativo del valor de nuestras exportaciones acompañado de una mayor diversificación de las mismas, principalmente de las exportaciones no tradicionales.

En el año 2012 el 12,3% del total de las Exportaciones nacional fue a países de América Latina como México, Colombia, Argentina, Ecuador, Brasil y Chile, además de Estados Unidos con 13,7%, China con 17,0% y Suiza con 11,2%. La industria metalmecánica peruana provee desde alambres de cobre y productos de zinc hasta vehículos, artefactos, estructuras metálicas y completas plantas para la minería. En la Figura N° 13 se muestra las exportaciones FOB como productos metalmecánicos y en Tabla N° 5 en forma detallada.

Ante la entrada en vigencia de varios acuerdos comerciales, las empresas metalmecánicas están preparadas para la competencia con un alto índice de capacidad ociosa (alrededor del 40%). Estas pueden aumentar su producción, con costos reducidos, lo cual reduce costos fijos, los mismos que bajan al acercarse a una mayor capacidad de planta utilizada.

Figura N° 13.- Productos Metalmecánicos Exportaciones FOB



Año	Exportaciones FOB Productos Metal Mecánicos Millones \$
2003	99
2004	136
2005	191
2006	164
2007	220
2008	328
2009	366
2010	394
2011	464
2012	535
2013 ¹	452

1/Información hasta Octubre 2013

Fuente: Nota Semanal a Diciembre 2013 BCRP⁴

Tabla N°5.- Exportaciones de Productos Metalmecánicos – Valor FOB en millones

Productos	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013 ¹
Artículos Manufacturados Hierro o Acero	11	27	20	23	30	25	31	29	35	22
Equipo de uso doméstico	4	7	11	13	18	7	6	7	2	1
Maquinaria y equipo Industrial, y sus partes	17	23	23	29	51	74	62	56	64	49
Maquinas Oficina y procesar datos	9	5	5	6	7	8	9	10	13	9
Maquinaria y equipo generadores de fuerza	4	10	12	16	26	31	57	50	43	44
Enseres domésticos de metales comunes	5	7	7	8	23	10	10	15	13	8
Máquinas y Aparatos Eléctricos, y sus partes	15	22	21	41	53	45	34	52	66	46
Maquinarias y equipo de Ing. Civil, y sus partes	8	12	10	10	27	39	51	54	60	59
Vehículos de carretera	5	5	6	7	9	16	21	37	28	61
Resto	58	72	49	68	84	112	114	154	211	153
TOTAL	136	191	164	220	328	366	394	464	535	452

1/Información hasta Oct. 2013

Fuente: Nota Semanal a Diciembre 2013 BCRP⁴

5.3. Análisis de los Sub Sectores Metalmecánicos

Si bien es cierto, producto de la crisis internacional sectores económicos que habían mantenido un dinamismo importante como minería, pesca, construcción, industria no primaria redujeron sus inversiones; creemos que el sector se está recomponiendo frente a las nuevas oportunidades que se presentan. Sin embargo pese al receso de las inversiones en este año 2009,

las expectativas para el 2014 son alentadoras debido a propuestas de proyectos en minería, energía, electrificación, pesca e industria, que proyecta una recuperación del sector metalmecánico.

Estamos viendo un precio moderado de algunos metales y esto reactivará las inversiones en el sector minero, el cual adquiere maquinarias y equipos. Del mismo modo el sector construcción continua su recuperación, mejorando la demanda de fierros para las columnas, bobinas de acero, planchas de fierro y otros, así como la demanda de cables y conductores eléctrico, transformadores, grupos electrógenos, tableros de distribución para ampliaciones de plantas industriales y obras de electrificación, además de envases de hojalata para productos pesqueros y de alimentos.

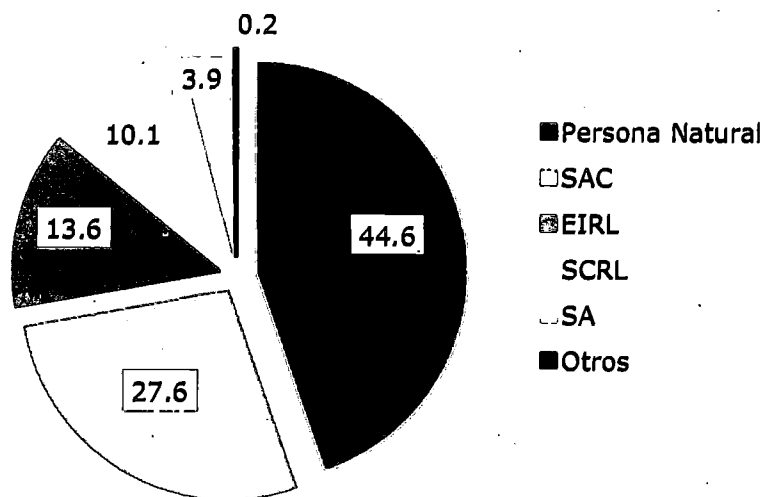
5.4. Empresas Mypes

En diferentes ciudades del Perú se tuvo la oportunidad de realizar las visitas técnicas para conocimiento de la situación técnica de las empresas y la infraestructura disponible para realizar cambios que se requiere en referencia a métodos e implementación. En el año 2012 el INEI encuestó a 5164 empresas Mypes con ventas netas entre 20 y 1000 Unidades Impositivas Tributarias – UIT, representando a S/. 3 100 valor de UIT está entre 62 000 a 3 100 000 nuevos soles al año. Un 41,7% de las MYPES accedieron a sistema financiero con la siguiente participación Lima – Callao 44%, Trujillo con 46.4% y Arequipa con el 36,5%; según el INEI en la encuesta de 2012.

El INEI con una muestra de 5 164 de Micro y Pequeña Empresas – Mypes, algunas cifras en tablas mostramos:

- a. En la Figura N° 14 como tipos de Organización Jurídica de las Mypes muestra los diferentes porcentajes.

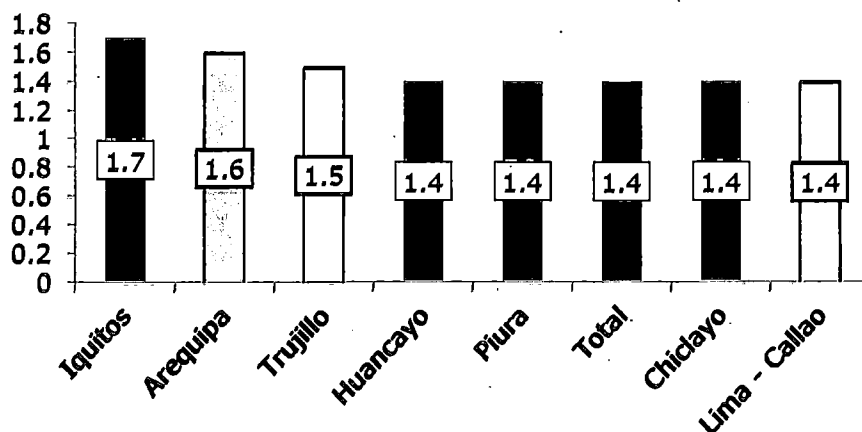
Figura N° 14.- Organización Jurídica - MYPES %



Fuente: INEI¹⁹ Encuesta de MYPES 2012

b. La productividad, definida como la relación de Unidades de Producción / Unidades de Consumo Intermedio, de las empresas visitadas la mayor es Arequipa con 1.6 y quiere decir por cada 160 unidades de producción se necesita 100 unidades de consumo intermedio, Trujillo con 1.5 y Lima – Callao con 1.4. Se observa en la Figura N° 15.

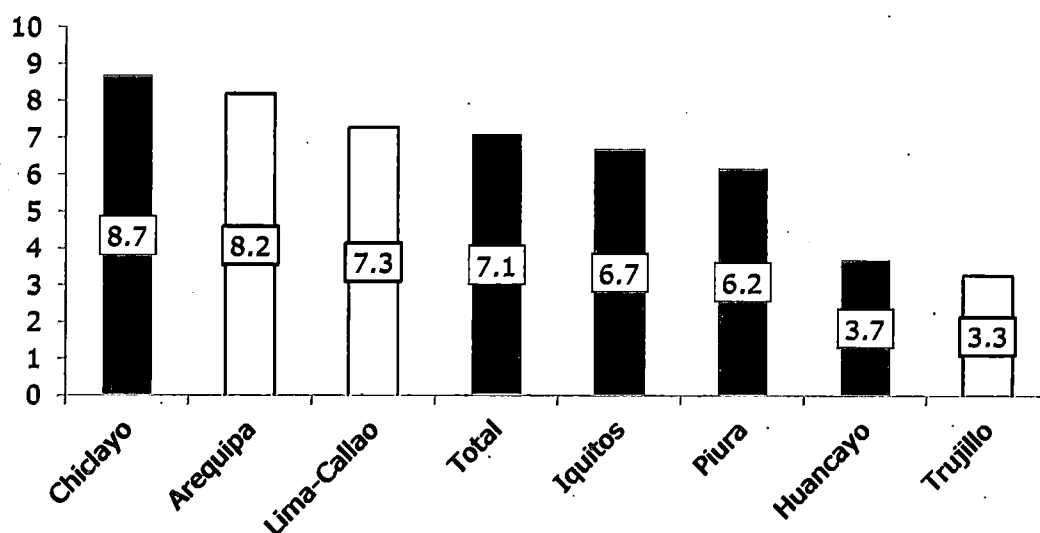
Figura N° 15.- Productividad MYPES capital Departamento 2011



Fuente: INEI¹⁹ Encuesta de MYPES 2012

c. Mypes que accedieron a Transferencia Tecnológica para la gestión en la capital del departamento en el año 2011, siendo un acumulado de 51.2 % del total de Mypes. Se observa en Figura N° 16.

Figura N° 16.- MYPES accedieron a Transferencia Tecnológica para Gestión capital Departamental 2011 - (%)



Fuente: INEI¹³ Encuesta de MYPES 2012

5.5. Propuesta de Desarrollo de la Industria Metalmeccánica

Los indicadores macroeconómicos reflejan que la industria metal mecánica es muy sensible en la economía nacional, los últimos años tienen una tendencia positiva y con posibilidades de dar aportes al PBI a ritmo del 5% para el año 2014.

El conglomerado de las pequeñas y medianas empresas en lugares geográficos del país, organizados y en agremiados oficiales de las entidades privadas; han permitidos ser actualizados con la tecnología de punta y de preferencia la automatización.

Los sistemas pequeños, más rápidos y dinámicos, son más capaces de hacer frente a los continuos cambios del entorno. Para ello se requiere que sus componentes se encuentren perfectamente conectados de forma que puedan reaccionar mejor adaptándose unos a los nuevos requerimientos de otros. Igual que grandes manadas de pequeños mamíferos rápidos e

inteligentes reemplazaron a los grandes dinosaurios, las grandes empresas con elevada producción tienden a estructurarse en pequeños elementos con un alto nivel de autogestión.

Estas son las propuestas de Desarrollo en la Industria Metalmeccánica:

- a. La Mypes en la especialidad de metalmeccánica debe ingresar al Sistema Flexible de Producción para el servicio personalizado en lotes de productos variados y demanda solicitada.
- b. El uso de la tecnología de servicios mediante las 5 S de la filosofía japonesa y debe ser la dirección principal en todas las empresas, demostrando a los clientes la imagen de la Empresa con la pulcritud necesaria en su atención cuando soliciten servicio.
- c. Las entidades Financieras deben ser promotoras con cada Empresario Mediano y Pequeño, con el objetivo de adquirir Capital de Trabajo y Bienes de Capital con el objetivo de modernizarlas.

CAPITULO VI.- DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN

El Sistema de Producción multiproductos pretenden ser eficientes, equilibrada y flexible, obtener productos que se ajusten en variedad y volumen a la Demanda; con pleno uso de los medios disponibles y la adecuada duración del ciclo y equilibrado de todos los puestos de trabajo. Exigiendo un flujo regular de producción, una secuencia adecuada de operaciones y una programación ordenada de productos a obtener, finalmente un equipo humano fijo destinado a la línea.

6.1. Antecedentes y descripción

La necesidad de un método estructurado para diseñar, analizar y mejorar los sistemas de Producción se ha identificado en este capítulo, una estructura de trabajo dispone medios para:

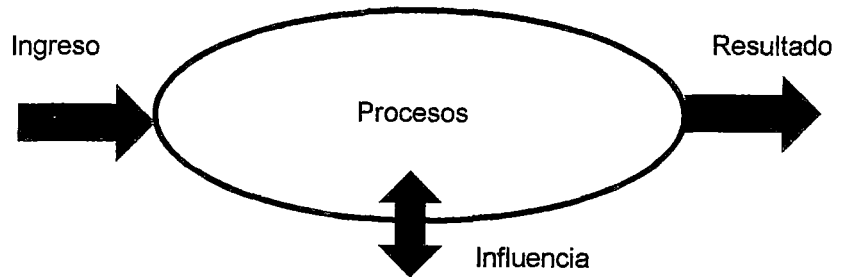
- a. Descripción de un diseño de sistema de fabricación.
- b. Propiedades del sistema de producción previsto.
- c. Imagen más concreta del sistema de fabricaciones emergentes.

6.2. Definiciones teóricas

La base de la metodología del proceso está basada en el pensamiento recursivo o la recursividad, la recursividad es un concepto fundamental en matemáticas y ciencias de la computación. La definición simple es, un programa recursivo es aquel que se llama a sí mismo y una función recursiva es aquella que se define en términos de sí misma. Un programa recursivo no puede llamarse a sí mismo siempre porque nunca se detendría, por lo tanto una condición de terminación es cuando el programa puede dejar de llamarse a sí mismo y es cuando se necesita. Un ejemplo

matemático recursivo es Factorial de N y se define como: $N! = N \times (N - 1)!$;
Donde $N \geq 1$ con $0! = 1$

Figura N° 17.- Área de Procesos Funcionales - FPA



Fuente: Anders Karlsson¹⁸, Octubre 2002

La producción se puede dividir por etapas en forma recursiva Figura N° 17, el proceso como elemento recursivo. Uno comienza con el nivel más alto deseado para ser analizado, es decir, la fabricación. Luego se divide en sub-FPA, que a su vez se divide en varias ocasiones, las áreas consideradas son: almacenamiento, sistemas de información, recursos humanos, rendimientos del proceso de manufactura y producto final que incluye diseño y materiales.

La influencia FPA considera: la flexibilidad por los productos nuevos y variados, con diferentes capacidades de acuerdo a la demanda. Rápida respuesta en la entrega. Robustez por confianza del producto y calidad comprobada. Recursos financieros para ser sostenible.

6.3. Matriz de factores y áreas

La matriz fue sugerida por la estrategia Producción Inicio de Ensamble – AIP, como una forma de ayudar a decidir las relaciones entre los distintos factores de rendimiento y decidir las áreas de fabricación diferente. La forma de la matriz lleva a cabo la tarea de presentar y explicar cómo el proceso de mapeo de las áreas de producción y la realización de los factores de decisión debe llevarse a cabo. Ver Anexo 2.

Los encabezados de columna son las áreas de fabricación y los encabezados de fila son los factores de rendimiento de decisión. Los factores se identifican como importantes pero no se presentan como los

únicos, las filas se podrían agregar o retirar y las líneas se pueden cambiar si se encuentran otros factores que son importantes. Ellos son los que se utilizan como elementos de diseño final.

Una vez definidos los conceptos y unidades, la estructura de FPA y la matriz de combinación los resultados son:

- a. Una herramienta para la estructuración de los requisitos básicos para un sistema de fabricación.
- b. Una herramienta para conocer los requisitos de asignación a las áreas de fabricación que se utiliza como una ayuda al decidir la influencia en cada uno de FPA al resto del sistema fabricación.
- c. La posibilidad de romper las mediciones de rendimiento del sistema hacia secciones de operaciones en términos básicos.

Para explicar cómo es toda la teoría presentada para ser utilizado, un ejemplo muy sencillo se proporciona en la siguiente sección.

6.4. Un ejemplo utilizando la definición Área Proceso Funcional-FPA

A modo de ejemplo Figura N° 18, el diseño de una fábrica ficticia, que fabricará modelos de autos controlado por radio. El producto se divide en tres familias de productos totalmente diferentes.

- a. Autos de uso general. Los componentes electrónicos del interior son los mismos. El equipo mecatrónico difiere un poco desde diferentes tamaños en carreteras requieren diferentes momentos de inercia en el equipo de manejo.
- b. Autos con motor gas. La propulsión es eléctrica, así como la combustión mix con gasolina. Diferentes componentes electrónicos y mecatrónicos, así como los cascos distintos.
- c. Autos con energía eléctrica, que son parte más o menos hecho trabajos personalizados.

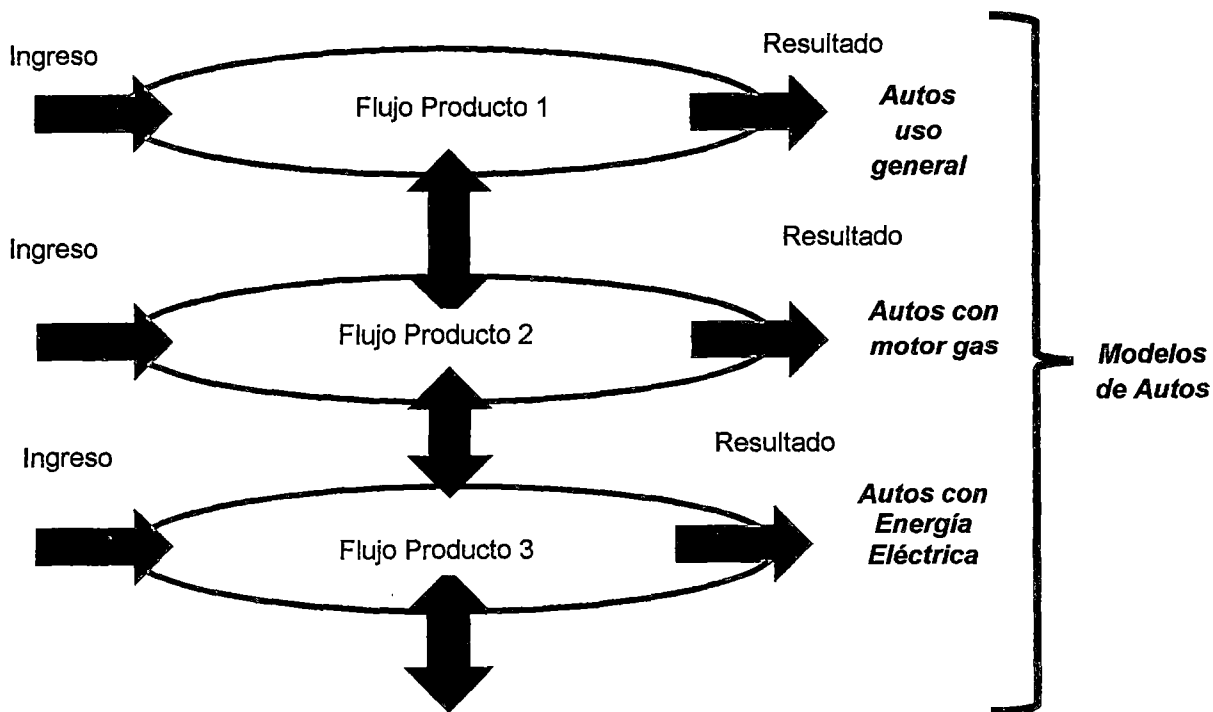
6.5. Empresas visitadas en Arequipa, La Libertad y Lima

Las visitas se desarrollaron con permiso a cada empresa y sus Gerentes fueron personas directamente a la entrevista informando en líneas generales la Empresa y posteriormente los detalles necesarios en el proceso del valor

agregado a sus diferentes productos que desarrollan. En resumen mencionamos detalles de las empresas que amablemente nos asistieron:

a. *IMCO SERVICIOS SAC en Arequipa*: Empresa Metalmecánica que presta servicios a los sectores Minero e Industrial, desarrollando y ejecutando proyectos llave en mano, servicios de mantenimiento, fabricación y recuperación de elementos de máquinas, cumpliendo los estándares internacionales. Reconocida en el ámbito Nacional e Internacional, gracias al apoyo y compromiso del Capital Humano con profesionalismo y Excelencia que demuestra en cada labor que desempeña. Nace como pequeña empresa denominada Factoría Cabanillas, luego Técnico Unidos, Maquí industrias San Lorenzo y Empresa Grúas y Transporte San Lorenzo SA. Se adiciona empresa de Obras Civiles y SISPRODE en la especialidad de Electricidad Industrial.

Figura N° 18.- La FPA de fábrica, dividido en tres acuerdos FPA, que son los principales grupos de productos.



Fuente: Ejemplo propio

La empresa con resultado de trabajo efectivo, eficiente y eficaz; se involucra con el negocio de sus clientes, se alinea a su estrategia, cumple

todos y cada uno de los requerimientos específicos. Por tal motivo ha implantado un sistema de calidad Norma ISO 9001 en 2008, junto con el trabajador que participa calidad y éxito de su trabajo y su comportamiento responde en todo momento a las exigencias y expectativas de los clientes. Y, la Dirección comprometiéndose proporcionar a su personal a la capacitación, motivación, información, equipamiento e infraestructura que permita alcanzar los Objetivos de calidad. Los proyectos que desarrolla son: a) Sociedad Minera Cerro Verde – SMCV, reubicación de relaves de su actual ubicación hacia una mayor altitud debido al crecimiento de la presa de relaves. b) SMCV - 2011, Instalaciones de un sistema de pórticos que soportan tuberías con bajo contenido de sólidos (Overflow O/F) y las arenas (Underflow U/F) de la estación de Ciclones de relaves. c) SMCV – 2009, Fabricación e instalación del tanque de ácido sulfúrico 20 000 TM. D) Cemento YURA SA – 2009, Planta de molienda de crudo. e) XSTRATA TINTAYA – 2011, Línea de bombeo de Rio Salado a Estación de Bombeo N° 2.

- b. *MAQUINSA – INGENIERIA DE LA INDUSTRIA METALMECANICA en Arequipa:* desarrolla proyectos e ingeniería en Ingeniería Básica y de detalle, Diseño y desarrollo de planos de fabricación y montaje en estructura metálica; equipo para minería, agricultura, pesquería y otras. Fabrican estructura metálicas livianas, medianas y pesadas; equipos de transporte a granel como fajas transportadoras, transportadoras helicoidales y elevadores de cangilones; tanques estacionarios. Mantiene la Calidad y Seguridad por las certificaciones de la SGS del Perú SAC en fabricación de estructuras metálicas, partes piezas, máquinas y equipo de uso minero e industrial. Y, mantenimiento y reparación de estructuras metálicas, partes y piezas. Ha desarrollado proyectos para YURA SA, SMCV SA, SOTHERN PERU COPPER CORPORATION – Toquepala, Cía. Minera MILPO Pampa de Cobre – CHAPI.
- c. *FACTORIA BRUCE SA en Trujillo:* líder en fabricaciones, reparaciones y re-potenciaciones en carrocerías de buses, minibuses y vehículos

industriales como construcciones y reparaciones de furgones, cámaras isotérmicas y tolvas, en diferentes modelos. Fabrica bus de doble piso full equipo, bus de piso y medio buses de 50 a 55 pasajeros y microbuses de 30 pasajeros. Trabajan sobre chasis de marcas como: Mercedes Benz, SCANIA, IVECO, Hyundai, Volvo, HINO, Mitsubishi y otros. El cliente es lo primero en cada área de operaciones de la empresa, factor importante en el éxito de la compañía y de clientes a quienes prestan múltiples servicios. Disponen de un área de 10 900 m² para tres locales y una oficina de venta de repuestos con atención directa al público.

- d. *FIMA S.A. de Lima*: Servicios que ofrecen al mercado: Tecnología de proceso, diseño y aplicación con profesionales nacionales, extranjeros y especialistas, así como, la cooperación de compañías extranjeras con tecnología de punta, manufactura de calidad y buen servicio al cliente con soluciones integrales. Tiene personal profesional de la UNI, Universidad Católica y además personal técnico de SENATI, los cuales reciben capacitación continua, su producción de manufactura es a pedido, los desechos se reciclan en la planta. Las maquinas CNC son japonesas y americanas, la producción es parcialmente automatizada en algunos procesos. Sus Procesos están certificados.
- e. *VAINSA de Lima*: Siguiendo la trayectoria de perfección en la fabricación de grifería, ha creado la línea especializada, que constituye la respuesta a los requerimientos de una grifería especial para las más variadas necesidades del trabajo y de la vida. Ideal para colegios, clubes, hoteles, restaurantes, centros de esparcimientos, aeropuertos, hospitales. VAINSA ofrece modelos para evitar el desperdicio del agua, garantizar la máxima higiene y finalmente, facilitar el empleo de la grifería por personas con impedimentos físicos. Además de la capacidad de adaptarse a cualquier solución estética, de tipo clásico o moderno en la decoración del baño, la línea especializada está compuesta por: llaves electrónicas, llaves temporizadas, llaves a presión, llaves y mezcladoras para hospital. La línea especializada ha sido cuidadosamente realizada y que exige

acabados y mecanismos de alta duración. La Línea cuenta con garantía de por vida, por defectos de fabricación que provengan de los materiales, maquinado, mano de obra y/o acabados. El exclusivo Sistema de Cierre al paso del agua "larga vida" y/o "eterno", está garantizado de por vida, contra fugas y/o goteras. Utiliza máquinas CNC, dispone personal en su mayoría del SENATI, los cuales reciben capacitación continua, su producción de manufactura es a pedido, los desechos se reciclan en la planta. Las maquinas CNC son japonesas, americanas y españolas, la producción es parcialmente automatizada en algunos procesos. Sus procesos están certificados. Actualmente, VAINSA es el líder en el mercado de griferías en el Perú y se ha esforzado a lo largo de su existencia por optimizar los procesos de producción de sus productos, esfuerzo que ha sido reconocido con el Certificado de Calidad ISO 9001-2000. Por ello, VAINSA sigue siendo la primera opción de grifería con calidad y respaldo, que lo convierte en líderes en el mercado nacional. De este modo, los productos VAINSA se exportan a países como: Ecuador, Colombia, Costa Rica, Panamá, Trinidad y Tobago y Florida (EEUU). También está presente en: Puerto Rico, Venezuela, República Dominicana.

- f. *NOVA de Lima*: Los productos que produce son: hornos, divisora, licuadoras, amasadoras, rebanadoras, cámaras de fermentación y batidoras. Su planta de fabricación de hornos y equipos para la industria de la panificación, cuyas instalaciones se desarrollan en un área aproximadamente 2000 mt²; más una planta piloto de apoyo para el desarrollo de nuevos productos para industria alimentaria, área aproximadamente de 1000 mt², en Ate. Con el objetivo de siempre mejorar nuestra tecnología adquirimos una máquina de corte de rayo láser para acelerar nuestros procesos productivos y con fines de obtener la calidad ISO 9000. Nova presenta su nuevo producto que es de Servicio de corte con Rayo Láser especialmente para planchas de acero

inoxidable y acero de carbono. Proporcionan soporte técnico. Tienen personal profesional y técnico. Teniendo varios clientes internacionales.

Tabla N° 6.- Empresas Visitadas y Estudiadas

Factores	LIMA				AREQUIPA		TRUJILLO
	FIMA SA	VAINSA	NOVA	PRODUCTOS METALICOS ESTAMPADOS SRL	IMCO SERVICIOS SAC	MAQUINSA	FACTORIA BRUCE SA
Estrategia	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI
Tecnología	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Procesos	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Estructura	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI
Personal Intelectual	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Medio Ambiente	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI
Criterio Flexibilidad	SFP	SFP	GFP	CFM	SFP	SFP	SFP
Sistema Transporte y Distribución	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI

Fuente: Empresas Visitadas en las tres Regiones durante el año 2013 y 2008

VII.- EL MÉTODO DISEÑADO PARA EL SISTEMA DE FABRICACIÓN

Un proceso diseñado en forma robusta alcanza la eficiencia y competencia, reduciendo el nivel de stock que paulatinamente eliminará actividades ineficientes y residuos en la manufactura.

7.1. Método Johansson¹⁶: Flujo de trabajo

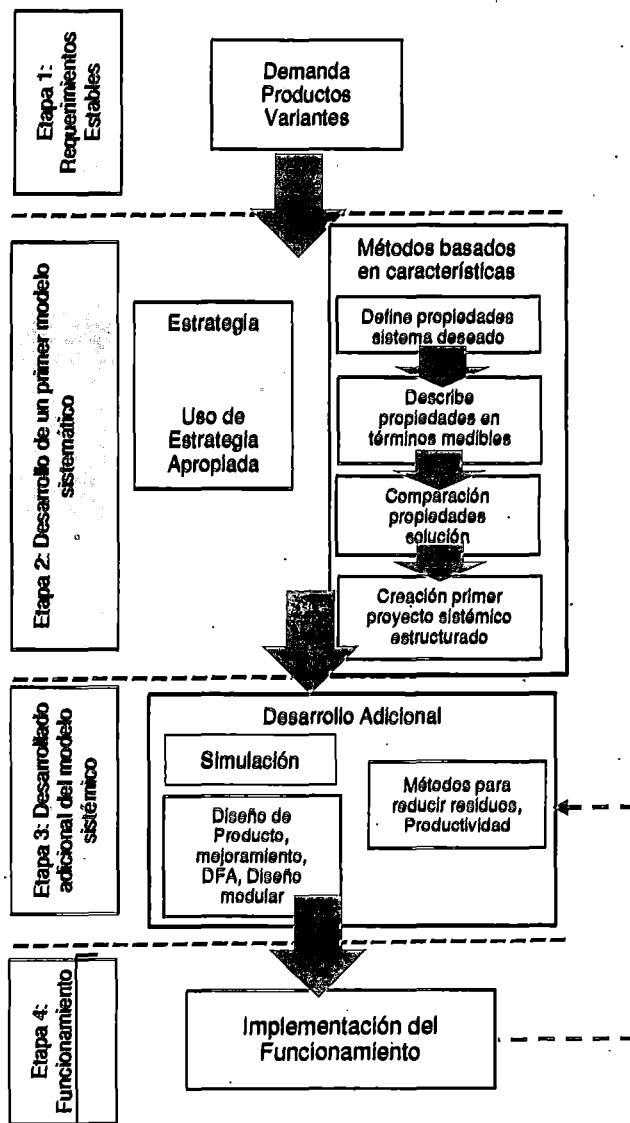
Una descripción del método está hecha para aclarar el uso se explica a continuación:

- a. En base a los requisitos especificados en la Etapa 1, los requisitos de fabricación se divide en etapas de nivel inferior como los departamentos, grupos y otros. Esto se hace hasta llegar a un conjunto de operaciones, realizadas por las distintas máquinas u operarios, condición de terminación en la descomposición del proceso. Cuando se hace esto, la estructura de fabricación se ha decidido.
- b. Al haber alcanzado el nivel más bajo, se evalúa el desempeño de estos niveles bajos de operaciones mediante el uso de los indicadores identificadas como importantes.
- c. En la Etapa 2, existe la posibilidad de adjuntar soluciones reales de fabricación para cada Área de Proceso Funcional - FPA, familia de módulos, maquinarias de Control Numérico y otros lugares de trabajo manual, en función del rendimiento necesario. Luego se suman y se observa la influencia del conjunto evaluado tiene en el nivel siguiente que va hacia arriba.
- d. Este proceso continúa hasta que se alcanza el nivel deseado en la Etapa III mediante la Simulación e Indicadores de rendimiento.

e. Revisar el desempeño del más Etapa IV, para ver si el funcionamiento total coincide con el rendimiento necesario de los requisitos iniciales y posterior implementación.

El proceso se muestra en la Figura N° 19.

Figura N° 19.- Distintas Etapas de diseño tal como se define y se utiliza, incluyendo la operación y desarrollo continuo.



Fuente: Johansson R, Erixon G., "Assessing Flexibility- The Frequency and Horizon Approach", FAIM conference 16-18 July, Dublin Ireland, 2001

7.2. MÉTODO CEDERFELDT⁷: PLANEAMIENTO DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL DISEÑO

El proceso de planificación y especificación de los sistemas de automatización de diseño debe dividirse en tres fases principales: la definición del problema, la estrategia de solución, y la estrategia de realización. La primera fase, la definición del problema, es el proceso de identificación de la necesidad y las posibilidades de una implementación del sistema, rompiendo y la identificación de la tarea y el conocimiento dentro del proceso que se va a apoyar. La segunda fase, la estrategia de solución, se trata de encontrar los métodos adecuados que apoyan la definición del problema.

La tercera fase, la estrategia de realización, es el proceso de ponerse de acuerdo sobre las características del sistema, así como los medios de aplicación específica. Todas estas fases tienen el propósito de guiar la especificación del sistema para lograr un acuerdo sobre la aplicación que cumpla con los objetivos establecidos por las destinadas a beneficiarse del sistema. Al mismo tiempo, el sistema también debe ser especificado de manera que su realización es sencilla y fácil de usar. Figura N° 21 ilustra estas fases y los instrumentos de apoyo para progresar a través de ellos, resultando finalmente en una especificación de implementación.

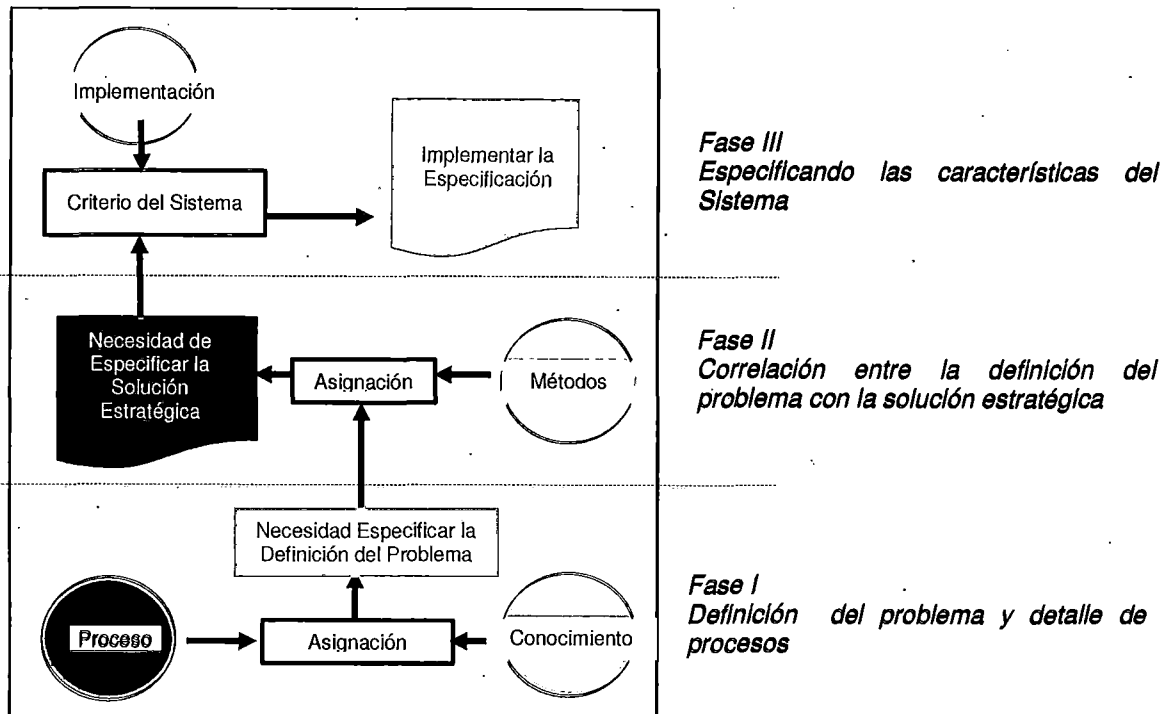
a. Fase I - Apertura del Proceso y Definición del Problema

El primer paso en el proceso de planificación es el proceso en detalle y la fase de definición del problema. En esta fase, los planificadores del sistema se centran en el proceso a ser apoyados o automatizados. El proceso tiene que ser detallado en tareas por el diseño que se pueden vincular a operarios, los conocimientos y recursos necesarios para llevarlas a cabo.

Para apoyar el proceso en detalles, la planificación da herramientas para identificar las necesidades del sistema y las posibilidades que se disponen. Estos identificadores abordan temas relacionados con procesos y tareas, así como el dominio de los conocimientos necesarios para llevar

a cabo estas tareas de diseño. Los identificadores se enumeran en la Figura N° 20 (Fase I).

Figura N° 20.- Los sub-dominios de desarrollo de automatización de diseño, basadas en un fundamento de la estructura organizativa y los aspectos del ciclo de vida



Fuente: Cederfeldt⁷ 2006, Eligh y Cederfeldt 2006.

b. Fase II - Asignación de Definición del Problema a la Solución Estratégica

En la segunda fase, la definición del problema, las tareas y los conocimientos identificados y especificados necesarios para resolverlos deben ser asignadas a la solución estratégica. Después de la selección de un método apropiado, una estrategia de solución debe ser descrita, esto se logra mediante la creación de una especificación refinada de necesidad y seguir completando la hoja de especificaciones.

c. Fase III - Especificación de las Características del Sistema

En esta fase final de planificación, las características del sistema deseados tienen que ser definidas, esto implica la implementación del sistema a satisfacer las necesidades de los sistemas específicos y

detalles de objetivos identificados. Para este propósito, se necesita un conjunto de criterios de valoración de las dos características del sistema y aspectos reales de implementación. La lista de elementos a evaluar la relación costo-valor de un sistema de automatización sigue siendo muy pertinente y es una base sólida para formular este conjunto de criterios.

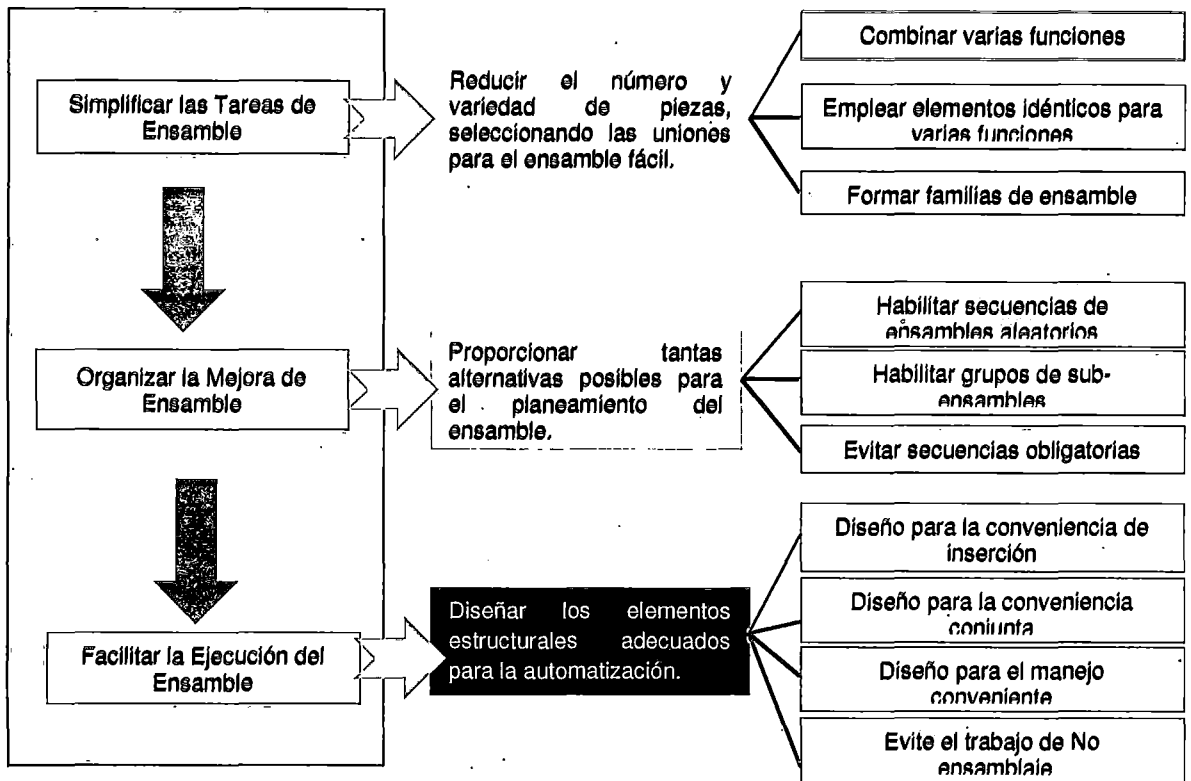
A los efectos de evaluar el cumplimiento de los sistemas implementados, se añaden cuatro criterios de evaluación adicionales a los criterios de las características del sistema y aplicación:

- a. Rendimiento - Es una medida que el sistema lleva a cabo tareas destinos y se cumplen los efectos iniciales y declaraciones objetivos identificados del sistema. Estas mediciones pueden utilizarse para guiar las actualizaciones y revisiones del sistema futuro para cumplir mejor con los efectos indicados.
- b. Fiabilidad – Es la confiabilidad como medida del sistema que lleva a cabo las tareas y se pretende hacer en términos de resultado veraz y exacta.
- c. Estabilidad - Es la medición de la fiabilidad del sistema en términos de subida y bajada del funcionamiento durante un periodo de tiempo, se centra en las operaciones actuales y de aplicaciones.
- d. Costo-beneficio - Es una medida global de la tasa de retorno en la inversión y el rendimiento del sistema.

7.2. MÉTODO GAIROLA¹⁴: DESARROLLO DE UN DFAA

Para visualizar los requisitos para el Diseño de productos para el Ensamblaje Automatizado Flexibles – DFAA, Gairola muestra las relaciones entre las características de diseño y características del proceso de montaje, Figura N° 21.

Figura N° 21.- Requisitos para el diseño para el montaje automático flexible - DFAA



Fuente: Galrola¹⁴, 2001

Los requisitos de transferencia de conocimientos y sugerencias de diseño dan a entender que una aplicación realizada por el método eficiente DFAA se aplicaría en forma de reglas de diseño.

Los resultados del pre-estudio de cinco empresas sugirieron nueve requisitos en una herramienta Ensamble Automático Flexible - DFA aplicable por Eskilander¹⁴ y Byron Carlsson. Los criterios se presentan según orden relativo:

- a. Aseguramiento de la calidad
- b. El análisis de costo
- c. Equipos funcionales cruzados Soporte
- d. Fácil de usar
- e. La evaluación del producto geométrica

- f. Prohibir variación innecesaria
- g. Software
- h. Sugerencias de proyecto
- i. Transferencia de conocimientos

Tabla N° 7 Resumen de los tres Métodos y Propuesto

MÉTODO Gairola - 2001	MÉTODO Johansson - 2001	MÉTODO Cederfeldt - 2006	MÉTODO PROPUESTO - 2013
El análisis de costo	Costos	Costo-beneficio	Costos
Fácil de usar	Flexibilidad	Fiabilidad	Flexibilidad
La evaluación del producto geométrica	Rapidez	Rendimiento	Rendimiento
Aseguramiento de la calidad	Calidad	Estabilidad	Calidad
Transferencia de conocimientos	Innovación		Transferencia Conocimiento
Prohibir variación innecesaria	Confianza		
Software			
Equipos funcionales cruzados Soporte			
Sugerencias de proyecto			

Fuente: Elaboración propia 2014

7.4. Método Propuesto

La propuesta mostrada en la Tabla N° 7 es un resultado de la empresas visitadas en las tres Regiones en sus diferentes actividades en la metalmecánica a diferencia de las demás, los criterios mencionados están orientados a costos estandarizados, con mayor flexibilidad en el mercado, rendimiento de acuerdo a la motivación en el común de las empresas, calidad a un estándar nacional e internacional y finalmente una transferencia de conocimientos en ferias nacionales e internacionales, conferencias universitarias y empresariales; útil para la empresa con la información y experiencias presentadas.

7.5. Discutir el resultado del Método Propuesto

Las observaciones que se tiene con los métodos disponibles pueden utilizarse con enfoques sugeridos o relacionadas con el método propuesto, de acuerdo a la Tabla N° 7 se da una comparación donde se observa la tendencia a menos criterios de aplicación.

7.5.1. La descripción del método de fabricación

Uno de los más conocidos es el tipo de descripción en diagramas de procesos, este es un estándar para el modelado de procesos, utiliza una estructura horizontal como representación estructurada. El Área del Proceso Funcional, haría necesaria una adaptación del método o redefinir ciertas partes como: el uso de medidas de rendimiento y su utilización a través de la jerarquía de procesos.

7.5.2. Conformidad al utilizar el método

Para responder a las preguntas, hay que recordar una estructura utilizando conceptos como: Crear una disposición de fabricación, mostrar cómo las diferentes áreas interactúan y se afectan mutuamente. Ayudar a evaluar el rendimiento en cada etapa de la producción.

El aspecto más importante del método es el uso de conceptos generales, que describe propiedades de solución en el sistema de manufactura. Este es el núcleo del método, la definición y es diferente con los métodos anteriores. La otra parte central del método es la estructuración del sistema de fabricación para revelar la relación entre los procesos de fabricación.

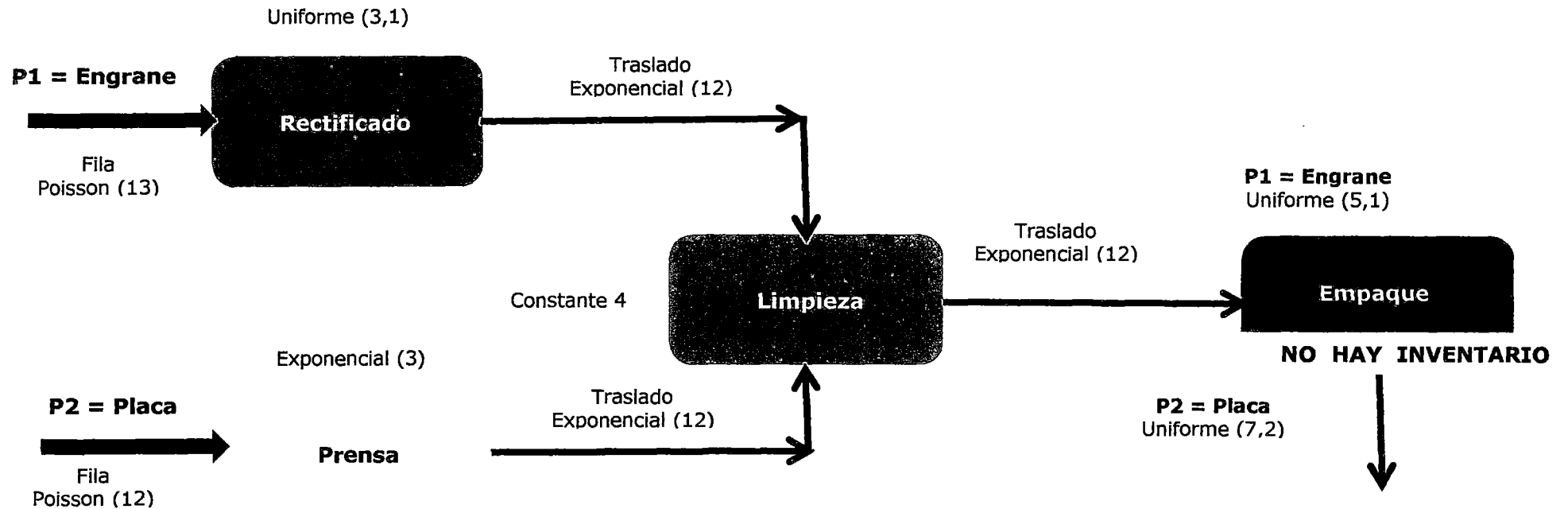
7.5.3. El desarrollo del método

La estructura de la red de procesos tiene la forma de proceder cuando se tiene procesos lineales, paralelos o procesos compartidos, situación común en una Empresa. Durante la investigación, cuando la estructura de red se introdujo primero se utilizó como una parte en realizar estudios de casos con diferentes variantes y fueron probados.

Un proceso conjunto ha sido representado en diferentes lugares en una red pero se ha etiquetado en paralelo, la capacidad se ha reducido y podrá ser necesario completar cada tipo de producto manufacturado. Procesos paralelos son más difíciles de representar, la primera versión utilizada se realiza mediante operaciones paralelas que se representa como una sola Área de Proceso Funcional, que a su vez se descompone en cada operación. La Figura N° 22 muestra un ejemplo del método a desarrollar donde se describe a dos productos y son procesados por máquinas

necesarias para el valor agregado y resultados finales en Tabla N° 7 y N° 8. Los resultados mostrados han sido simulados mediante un software de aplicación Pro Model y se muestran en dichas Tablas y otros resultados en el Anexo 3 donde incluye la programación y resultados adicionales. Y, en el Anexo 4 se muestra el diseño con planos de manufactura, hoja de proceso y necesidades del lote de producción. Y, en Anexo 5 se realiza una simulación en ARENA referente a fabricación de una pieza metalmecánica con el objetivo de reducir tiempo.

Figura N°22.- Ejemplo de Sistema de Celda



El Proceso de Manufactura es el siguiente:

1. El P1 (Engrane) llega a la **Fila** con curva de Distribución Poisson (13), el **Rectificado** se procesa con Distribución Uniforme (3,1), el traslado a Limpieza (Lavadora) es con Distribución Exponencial (12), el proceso de **Limpieza** es Constante (4), el traslado a Empaque es con Distribución Exponencial (12) y finaliza con el **Empaque** con Distribución Uniforme (5,1).
2. El P2 (Placa) llega a la **Fila** con curva de Distribución Poisson (12), la **Prensa** se procesa con Distribución Exponencial(3), el traslado a Limpieza (Lavadora) es con Distribución Exponencial(12), el proceso de **Limpieza** es Constante (4), el traslado a Empaque es con Distribución Exponencial(12) y finaliza con el **Empaque** con Distribución Uniforme(7,2).
3. La simulación se realiza para 40 días de 8 horas/día, en total es de 320 horas y todos los datos del Sistema Celda están dados en minutos, **NO HAY INVENTARIO**.

Tabla N° 8.- Resultados de la Producción

<i>Productos</i>	<i>Total (uni)</i>	<i>Unidades Sistema Actual</i>	<i>Tiempo Promedio Sistema (min)</i>	<i>Tiempo Promedio de Traslado (min)</i>	<i>Tiempo Promedio Espera (min)</i>	<i>Tiempo Promedio Operación (min)</i>	<i>Tiempo Promedio Bloqueado (min)</i>
Engrane	1361	10	135	6	0	104	25
Placa	1300	31	437	6	390	14	27
TOTAL	2661						

Fuente: Simulación en Pro Model Resultados 2014

Tabla N° 9.- Resultados de los Equipos de la Celda de Manufactura

<i>Equipos</i>	<i>Tiempo Programado (HR)</i>	<i>Capacidad</i>	<i>Ingreso Total (uni)</i>	<i>Tiempo Promedio por Ingreso (min)</i>	<i>Promedio en Sistema (uni)</i>	<i>Máximo Contenido (uni)</i>	<i>Contenido Actual (uni)</i>	<i>% Utilización</i>
Fila prensa	320	30	1331	401	28	30	29	92.7
Fila rectificadora	320	30	1371	106	8	9	9	81.7
Rectificadora	320	1	1362	14	1	1	1	99.7
Prensa	320	1	1302	15	1	1	1	99.9
Lavadora	320	1	2662	4	1	1	1	58.3
Empaque.1	320	1	1744	6	1	1	0	55.5
Empaque.2	320	1	917	6	0	1	0	27.3
Empaque	640	2	2661	6	0	2	0	41.4

Fuente: Simulación en Pro Model Resultados 2014

CAPITULO VIII.- IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

La Implementación se debe ejecutar con un mínimo de actividades y desperdicio, precisando un flujo de unidad a unidad o en lotes pequeños. Y, la producción de una variedad elevada de productos en volumen bajos.

8.1. Implementación del Método Propuesto

Una estrategia exitosa de implementación corresponde a las características de la tecnología disponible. Algunos de los factores propuestos son importantes en el desarrollo de soluciones en estructura y máquinas para facilitar la puesta en práctica el sistema propuesto en Medianas y Pequeñas empresas:

- a. *Apoyo a la gestión general:* Se necesita gran cantidad de esfuerzo para el diseño y fabricación, para lograr el correcto funcionamiento y sistema confiable; la dirección debe apoyar para tal fin.
- b. *Dependencia proceso-producto:* los sistemas complejos se justifican cuando lanzan un nuevo producto, un producto es un objetivo en movimiento y el mayor porcentaje de componentes en movimiento debe estar en el sistema.
- c. *Relación de proveedor-usuario:* un sistema complejo tiene varios proveedores y cada uno con propio rendimiento, el usuario asimila el sistema.
- d. *Estrategia de implementación incremental:* se implementa una nueva tecnología con pasos incrementales, cada paso de instalación debe tener un retorno de inversión.
- e. *Tamaño, estructura y cultura organizacional de la empresa:* debe tener una correlación para adoptar una nueva tecnología, el tamaño de la empresa determina la cantidad de recursos a utilizar para la ejecución.

f. *Capacitación*: es importante el compromiso a la formación y a la educación, se debe aprender y comprender los principios de la tecnología utilizando las ventajas en todos los niveles de la empresa.

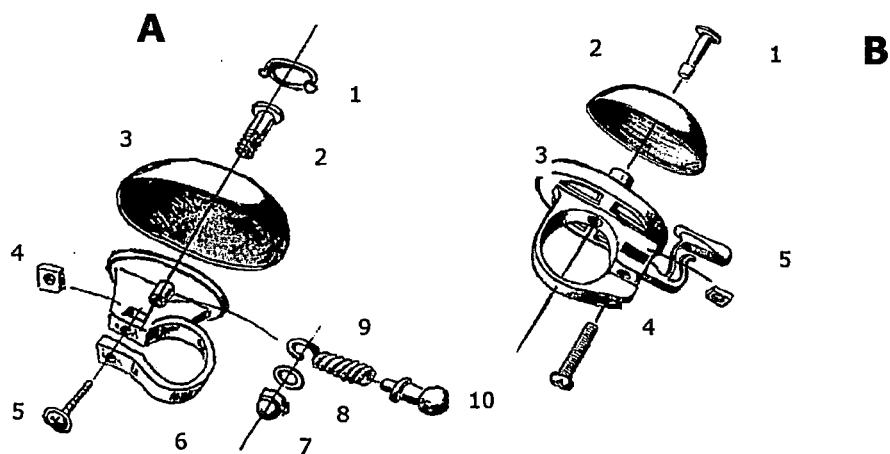
8.2. Implementación de los otros Métodos

Las Medianas y pequeñas empresas por falta inicial de competencia, inicio financiero y limitados recursos de personal; construirá el sistema de producción mediante etapas mientras perfeccione la tecnología. Si en caso exista la competencia, la empresa con equipo de operaciones demasiado ocupados y problemas diarios; dispone para estos casos información necesaria de implementación de métodos para mejorar su rendimiento en la producción.

8.2.1. Implementación del Método Gairola

La Figura N° 23 muestra el producto timbre de bicicleta cuyo ensamble A tiene 10 componentes y ensamble B tiene 5 componentes, la reducción de componentes se realiza mediante el método de Gairola desarrollado con el sistema DFAA automatizado. Los resultados cuantitativos de rendimiento pasa de 67% a 90% en ahorro de tiempo en ensamble.

Figura N° 23 Implementación del Método DFAA Gairola - 2001

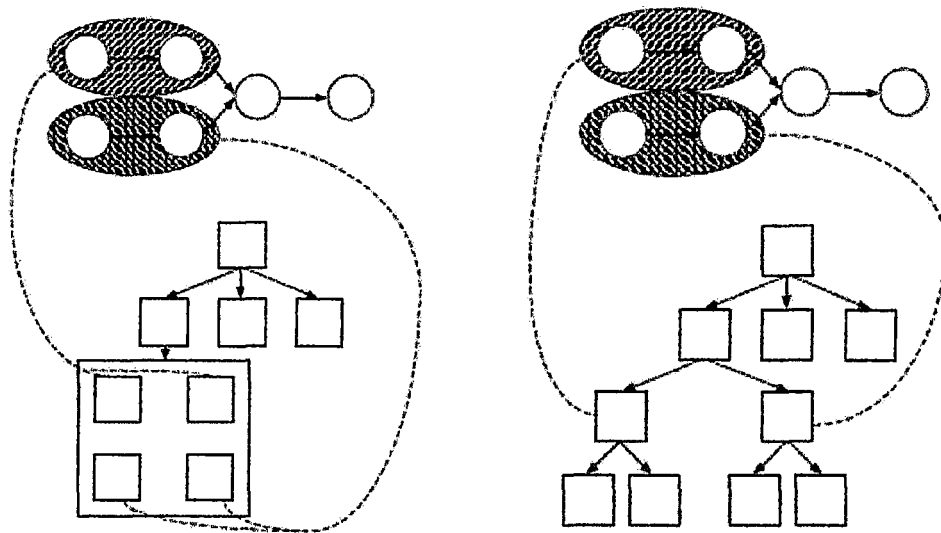


Fuente: Gairola 2001

8.2.2. Implementación del Método Johansson¹⁶

La figura N° 24 muestra la implementación del Método Johansson en línea de producción para procesos paralelos y permita una mejora con tiempo utilizado.

Figura N° 24.- Método implementado para sistemas paralelos de producción de Johansson - 2001



Fuente: Johansson¹⁶ - 2001

La aplicación de estas técnicas beneficia con un enfoque paso a paso, es decir producto y proceso deben cumplir en una dirección.

8.2.3. Implementación del Método Cederfeldt⁷

La Figura N° 25 la implementación de Cederfeldt utiliza una ficha que permite iniciar con la descripción del proceso y finalizar con el uso de software en la computadora por eficiencia.

8.3. Definición Aplicable de Flexibilidad

La investigación permite desarrollar un método para determinar que la flexibilidad es más importante en la empresa y por lo tanto será capaz de priorizar esfuerzos. Estructurar los conceptos de flexibilidad es hacer coincidir las diferentes flexibilidades en las diferentes fases de la vida de un producto o sistema de ensamblaje a que pertenecen.

Figura N° 25.- Hoja de especificación a llenar para la Implementación Cederfeldt⁷ 2006

1. Carácter del Proceso	2. Dominio del Conocimiento
Descripción del proceso y los objetivos generales del sistema. Orientar e identificar la necesidad y el potencial del producto	Conocimiento en describir las tareas involucradas en las operaciones identificadas. Identificar la dirección en la necesidad y el potencial del producto.
<p>Identificar Problema Principal: Identificar tareas a ser admitidas o automatizadas.</p> <p>Tareas admitidas o automatizadas: Selección, configuración, diseño paramétrico, optimización o razonamiento.</p> <p>Formalización de Tareas: Explícita, implícita o especial.</p>	<p>Formalizar Conocimiento: Estructurar y disponer los conocimientos necesarios para ser utilizados.</p> <p>Conocimiento necesario para solucionar tareas identificadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Explícita, implícita o tácita. • Individual o Colectiva. • Organizada o rutina. • Puramente empírica, reglas generales, Praxis, sentido común, o algoritmos numéricos y fórmulas matemáticas.
3. Métodos de Solución	4. Implementación mediante Computadora
Los métodos resuelven tareas identificadas con el uso del conocimiento necesario del nivel de formación.	Diferentes formas de implementar métodos mediante aplicaciones de Software en computadora.
<p>Identificar y seleccionar los métodos: Identificando y seleccionando los métodos.</p> <p>Tareas resueltas por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Razonamiento lógico • El razonamiento analógico (basado en casos). • Experiencia (reglas declarativas). • Software (algorítmico). 	<p>Realización hecha con el valor planeado adicionando características al sistema: Identifica e implementa el camino seleccionado.</p> <p>Implementación de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diseño asistido por computadora (CAD), ingeniería del conocimiento, Razonamiento Basado en Casos; el enfoque con algoritmos. <p>Implementado como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicaciones propias desarrolladas, software de aplicación acoplada (Excel vinculado al sistema de CAD), sistemas autónomos o sistemas integrados (CAD con Ingeniería del Conocimiento). <p>A nivel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas, familia de productos, nivel de ensamble (subsistemas), nivel de componentes o partes.

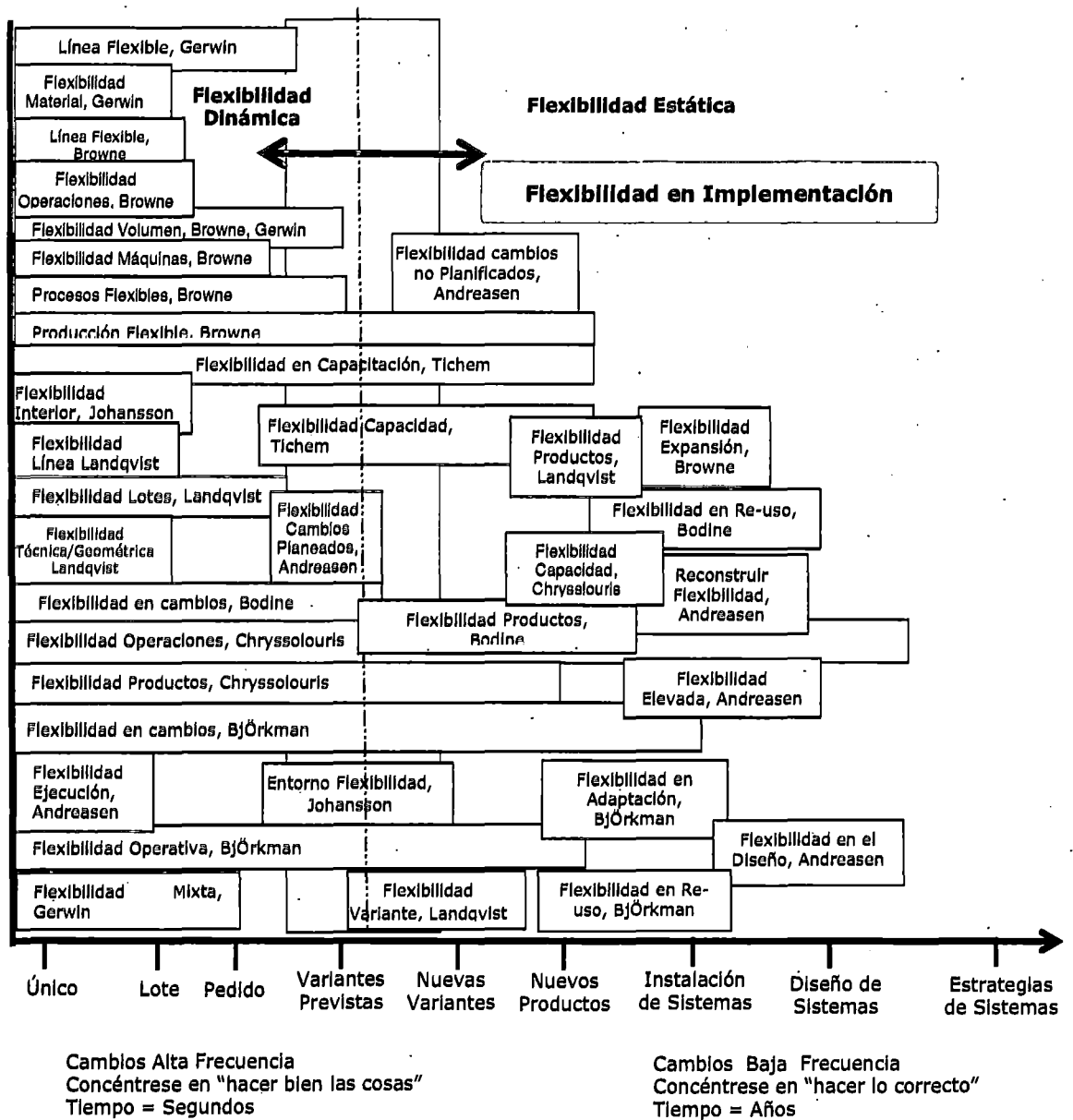
Fuente: Fuente: Cederfeldt 2006

8.3.1. El mapa de Flexibilidad

En la Figura N° 26 observamos los diferentes niveles de un proceso flexible, en la parte inferior donde se indica "hacer bien las cosas" con alta frecuencia y tiempo en segundos, en el otro extremo indica "hacer lo correcto" con baja frecuencia y tiempo en años. Cada proceso tiene la capacidad de reaccionar a cambios. Por ejemplo, una operación en el sistema el producto debe adaptarse a diferentes formas geométricas y tolerancias necesarias. En caso de un lote el sistema tiene la capacidad de cambiar entre lotes y secuencia de operaciones dentro del lote. En el caso de un pedido el

sistema tiene la capacidad de cambiar entre los diferentes pedidos y cambiar las prioridades para manejar una exclusividad. La zona amarilla en el centro del mapa representa la frontera entre la flexibilidad dinámica y estática, donde la flexibilidad dinámica se encuentra en línea y la flexibilidad estática se encuentra fuera de línea. Esta frontera depende de lo flexible que un sistema se adapte a una determinada situación.

Figura N° 26.- Los requisitos y el nuevo enfoque propuesto



8.3.2. *Flexibilidad de la implementación*

La implementación de un sistema flexible permite al usuario lograrlo en forma gradual centrándose en el paso más importante, uso de la tecnología, un equilibrio entre ensamble manual y ensamble automatizado en forma incremental. Los problemas que puedan ocurrir con el sistema flexible se superan hasta alcanzar el nivel de competencia que permite tener el control del producto y el desarrollo del sistema. Cuando se tenga la mentalidad de flexibilidad la preocupación será como implementar la instalación.

8.3.3. *La flexibilidad y su prioridad*

En las Medianas y pequeñas Empresas por razones económicas y de competencia, una mala decisión en priorizar y seleccionar el tipo de flexibilidad puede llevarla al receso. EL criterio para poder implementarlo es la relación del costo en lograr un sistema flexible y una penalidad al no tenerlo. Una medida de flexibilidad es POC (POC = Penalización x Probabilidad). Chryssoluoris¹².

Un sistema se considera estable cuando tiene una producción con tiempo permanente y el sistema es inestable cuando existe una penalidad para lograr un estado de equilibrio y este es una medida de flexibilidad.

El costo no sería muy difícil en determinar, por ejemplo: el costo de perder una orden por falta de flexibilidad. La idea es centrarse donde la pena de cambio es alta si la probabilidad de cambio fuera el mismo para el proceso del sistema. Cuando una decisión estratégica es mala su probabilidad es baja y POC aumenta, por ejemplo: las fallas de proceso de alta frecuencia de producción no debe afectar al proceso de menor frecuencia de producción.

8.4. Sistema de Ensamblaje Modular

Proceso de implementación orientado a puestos de trabajo mediante módulos por su flexibilidad en cumplir los planes de producción y posteriormente ensamblarlos en el lote demandado para cada cliente. El posventa es un complemento que garantiza la calidad de los lotes.

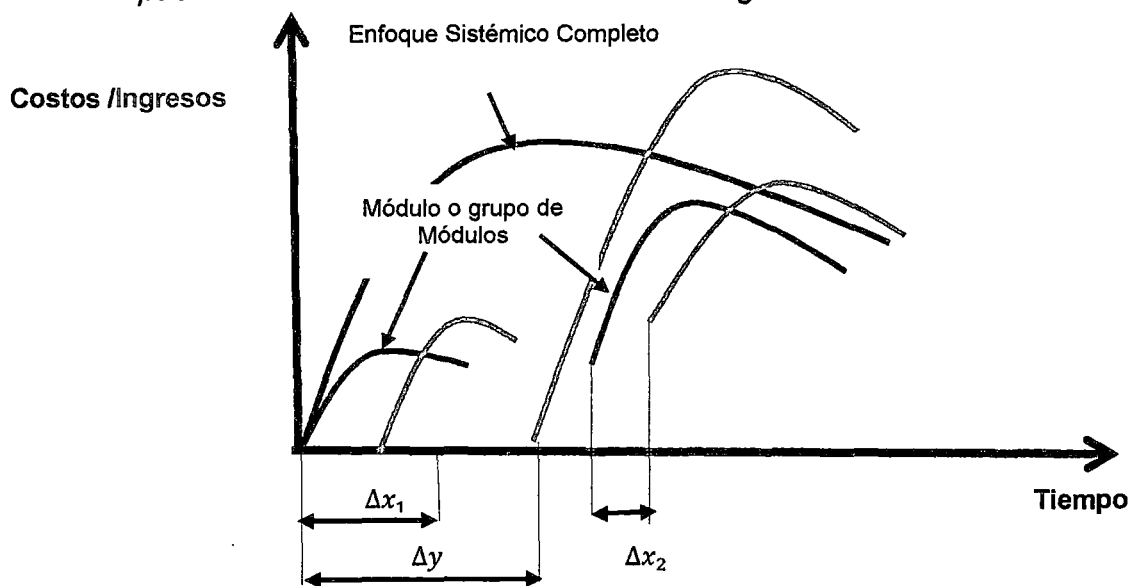
8.4.1. Flexibilidad Estática versus la Flexibilidad Dinámica

Tener un alto nivel de flexibilidad dinámica, los sistemas para nuevos productos e incluso las variantes no planeada disminuye; se debe al nivel de especialización y de productos con equipo especializado implicando una tendencia a la alta flexibilidad en los procesos de alta frecuencia. Este módulo puede ser diseñados por función específica, ejemplo: transporte o alimentador de ensamblaje. Y, unidad pequeña de producción con funciones de manipular un conjunto de una o más partes. Los costos deben ser razonables para facilitar pequeñas inversiones graduables y aumentar las competencias.

8.4.2. Reduciendo el costo de la Flexibilidad durante el período

Los costos de flexibilidad será una carga para el sistema desde el principio, el sistema debe ejecutar lo construido por razones económicas que por razones de producción. En el sistema modular los costos son menores justificando la precisión en el módulo y el tiempo de retardo entre el costo e ingreso es reducido. La Figura N° 27 expresa una estimación de los costos e ingresos viendo un diferencial para cada módulo y finalmente un diferencial del sistema.

Figura N° 27.- Un ejemplo de cómo un enfoque por etapas modulares pueden reducir la brecha entre costos e ingresos



Fuente: Johansson¹⁶ & Erixon, 2002

En el sistema modular uno aprende la instalación y este conocimiento permite disminuir los costos para un cambio y nuevas instalaciones. Y, si adicionamos módulos estandarizados la mayor parte de los costos caerá.

8.4.3. Módulos estandarizados

La normalización debe estar como modulo independiente en el sistema, facilitando la construcción de sistemas estandarizados desde abajo hacia arriba juntando módulos apropiados. Identificando las necesidades y eligiendo módulos apropiados, será la diferencia de otras empresas que tratan de tener ventajas de producción mediante desarrollo de sus propios sistemas.

8.4.4. Un sistema de educación

La implementación del sistema necesita al personal competente para poder sostener el módulo flexible, cuando el sistema está en marcha y el personal contratado es competente el sistema está dedicado a productos diseñados.

Para el caso de una empresa con poca competencia, la aplicación de módulos incorpora varias funciones estándar y tiene una interfase de uso fácil. Es recomendable automatizar el proceso de manufactura, luego el proceso de transporte, proceso de ensamblaje y proceso de alimentación de materia primas. En las pequeñas empresas el aprendizaje lo realiza simultáneamente con el proceso de producción.

8.4.5. Capacidad de adaptación Tecnológica

En la microeconomía el sistema modular es el de menor costo, por ser sencillo en las funciones del sistema y puede ser cambiado partes del sistema sin alterar el conjunto.

8.4.6. Las empresas Medianas y pequeñas, las mismas exigencias que a nivel de módulo

En el módulo existe necesidades comunes con el sistema y por lo tanto en el mercado los módulos estandarizados es amplio comparado con el sistema estandarizado. Adicionalmente en el mercado los costos de instalación se pueden encontrar variados y bajos, la diferencia entre las empresas medianas y pequeñas es la capacidad de producción.

8.4.7. Evitar invertir en caminos sin salida.-

Es importante para la implementación tiempo, mercado y producto, siendo este último con variados y dinámico porque los cambios inesperados ocurren durante el proyecto modular y surgen con las especificaciones.

Un enfoque modular aumentará las reacciones a los cambios durante las instalaciones, pero se adapta a ser ampliado fácilmente por ser una flexibilidad dinámica. Un enfoque modular que admite la instalación e implementación lleva a una corta planificación en el tiempo, seguras en la decisión y justificación fácil.

Cuando el mercado cambia muy rápidamente la respuesta del producto debe ser algo similar mediante su sistema de fabricación y se espera que el sistema de ensamble deba tener mayor tiempo como periodo de vida. La idea importante para esto es que la vida útil del producto es diferente a la vida útil del sistema de ensamble. En el caso modular la vida útil del producto es igual a la configuración del módulo del sistema de ensamble. Un módulo puede ser descartado y siendo no económico pero es posible que otros fabricantes lo asuman.

8.4.8. Un sistema estandarizados versus sistemas optimizados.-

La optimización es considerada como el menor costo de la relación costo – capacidad, otra forma adecuada es disponer de módulos con funciones asignadas. El sistema modular está optimizado para un conjunto cerrado de tareas, deben ser genéricos y para una tarea se tiene la fiabilidad de estar optimizado.

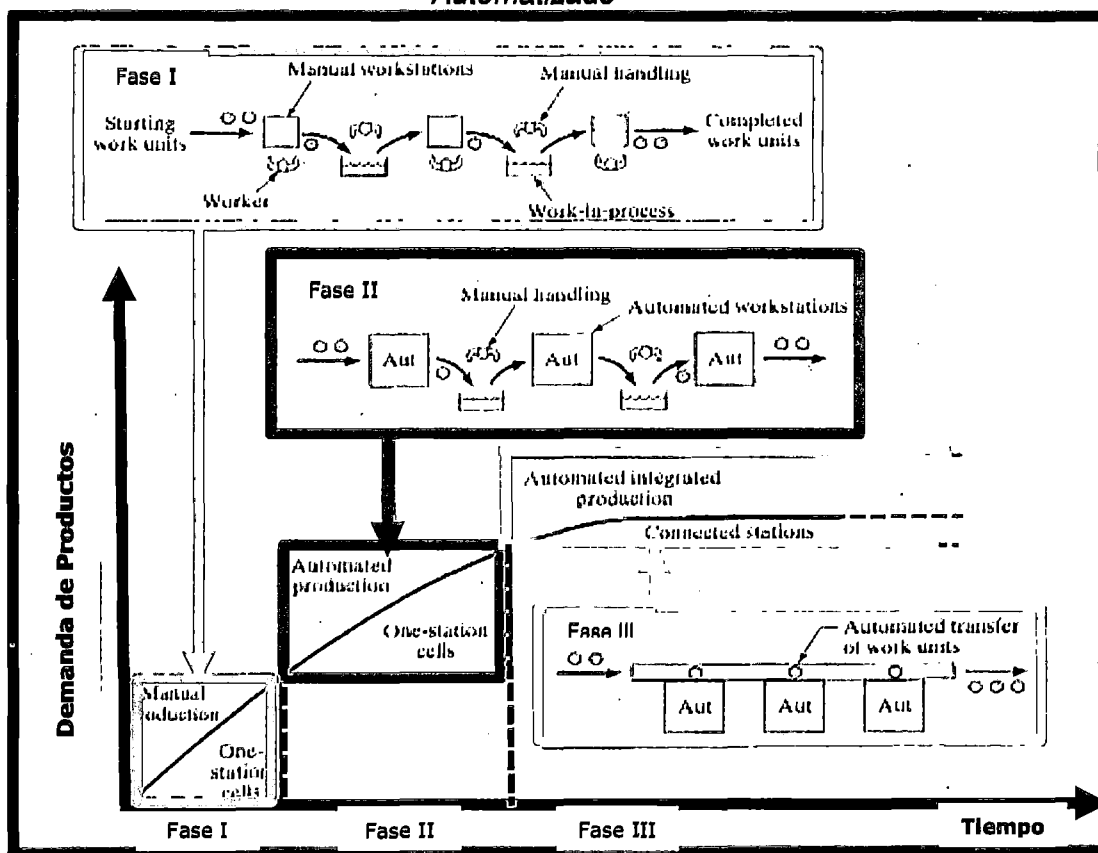
En mercados con cambios rápidos no es necesario optimizar porque el tiempo lo pondrá en menor prioridad y su costo no lo acompañara, en cambio lo mejor será un sistema con procesos estandarizados por ser robusto y con mayor capacidad para los plazos de entrega menores.

8.5. Proceso de Sistema Manual a Sistema Automatizado.-

El estudio de investigación llega finalmente a la toma de decisión frente al paso de llevar de un sistema manual a un sistema automatizado. En la Figura N° 28 muestra una alternativa de este proceso mediante fases en el

tiempo, se observa que durante este tiempo la demanda de la variedad de productos se incrementa es decir la empresa simultáneamente al adaptarse a la demanda de la variedad de productos se prepara al proceso semi-automatizado en fase II y finalmente cuando la empresa está a punto con la sensibilidad de la demanda en el mercado globalizado se encuentra en la fase III integrando la producción a un sistema automatizado.

Figura N° 28 Estrategia de Proceso de un Sistema Manual a un Sistema Automatizado



Fuente: Fabio Gómez-Estern Depto. De Ingeniería de Sistemas y Automática Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla. 2004-2005

CAPITULO IX.- CRÍTICAS Y APORTES

9.1. Críticas

La crítica que se debe realizar en la implementación del sistema en las Medianas y pequeñas Empresas es el capital de trabajo necesario para la mejora en la producción, para el caso de la pequeña empresa por su frágil economía, las Medianas Empresas mantienen un respaldo en la semi-automatización y se encuentra disponible posteriormente a la automatización. Los modelos presentados ayudan preferencialmente a las pequeñas empresas, por la certeza que debe tener el equipo de trabajo.

El recurso humano es difícil de mantenerlo en la empresa, a pesar de la capacitación toda implementación tiene el riesgo en nuevos productos y finanzas extranjeras. Buenas inversiones que llegan a comprar las empresas para luego realizar no transformación como valor agregado sino el cambio solo para la comercialización exclusiva.

El terreno en el Perú se ha convertido en un patrimonio de alto precio por las demandas de viviendas que está impidiendo tener zonas para las empresas dedicadas a la manufactura metalmeccánica, esto se menciona por el ruido, flujo de materiales y personal; que deben estar prohibidos en zona residencial, habitacionales o complejo de viviendas.

9.2. Aportes a la Industria Metalmeccánica peruana

La empresa peruana se viene adaptando a la tecnología del CNC, y en consecuencia el método de automatización en el tiempo será fácil el cambio al sistema flexible de manufactura. Se informa de la visita a siete empresas como muestra pero no es suficiente y se requiere adicional en muestras representativas en el Perú, especialmente la manufactura.

El sistema flexible de producción impide que los gremios sindicales de trabajadores(as) puedan paralizar sus labores por motivos económicos debido a la aptitud polivalente de cada trabajador en sus puestos de trabajo. Y, con actitud de colaborar en cada puesto de trabajo que por principio tiene el concepto de sistema para cumplir con los pedidos a cambio de los ingresos que la empresa recibe y posteriormente redistribuidos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

I. Conclusiones

Lo esperado son los resultados que permitirán algunas estimaciones como las siguientes:

1. La problemática creada por la transición social, la transición de los esquemas de producción rígida a la producción flexible en las empresas, significa un redimensionamiento de la operabilidad de ambos esquemas que se integran en un mismo momento pero en ámbitos empresariales distintos, de una esfera de las empresas pequeñas a la esfera de las medianas y grandes corporaciones.
2. La flexibilidad laboral lograda por un esquema industrial donde la maquila o tercerización se vuelve cada día una actividad relevante, implica otro tipo de relación industrial basada en un contrato laboral temporal y flexible. Un aspecto observado es la informatización de la industria tradicional que son intensivas en mano de obra en pequeñas y empresas familiares, manufactureras y de corte artesanal. Cuyo efecto inmediato es la precarización del empleo que ante políticas a los índices inflacionarios del país, implican un salario real cada día menos remunerativo.
3. Los principales factores que inciden en la distribución de la población son de dos tipos: estructurales como lo es el mercado laboral, la inversión privada, pública y extranjera, la vocación industrial y el desarrollo empresarial de la región. Y, funcionales como son las políticas y orientaciones de política económica, valores educativos, contexto cultural y valores, como los principales. Un punto novedoso es la consideración de los cambios en el clima institucional que marca la propia reestructuración económica y el tipo de relaciones industriales,

especialmente las relaciones entre el capital y el trabajo como relaciones obrero - empresarios.

II. Recomendaciones

1. El orden institucional mundial emprende radicales cambios en la estructura económica internacional, se reformula el concepto de desarrollo, de aquella anticuada acepción de la autosuficiencia y la independencia entre las naciones, ahora se procura la integración, es así como ante los esquemas de políticas de estado que intentan bastarse con sus propios recursos se impone el principio del comercio internacional como la vía a la cooperación entre las naciones para garantizar con él el carácter sostenible y sustentable del desarrollo.
2. Las regiones son fórmulas nuevas de bloques de zonas con afinidad geográfica, establecen como principal estrategia procurar un más eficiente aprovechamiento a las oportunidades y ventajas competitivas que diferentes factores productivos representan en las distintas geografías del país. Como casos más consolidados en el mundo se tienen a la Unión Europea, la Cuenca del Pacífico y el tratado de Libre Comercio con América del Norte.

GLOSARIO DE TERMINOS

Absentismo	Abstención deliberada de acudir al trabajo. Costumbre de abandonar el desempeño de funciones y deberes anejos a un cargo.
Antropométricas	Parte de la antropología que estudia las proporciones y medidas del cuerpo humano: la antropometría es una técnica auxiliar de la paleontología.
Concomitante	Asociado, compatible, relacionado, vinculado, concurrente, coordinado, coincidente, simultáneo.
Cualificación	Preparación para ejercer determinada actividad o profesión.
Desasosiego	Falta de quietud, tranquilidad, serenidad.
Encadenamiento	Acción y efecto de encadenar.
Externalización	Que obra o se manifiesta al exterior, en comparación o contraposición con lo interno.
Polimórfico	Que presenta polimorfismo. Cualidad de lo que tiene o puede tener distintas formas.
Polivalencia	Cualidad que vale para muchas cosas.
Sincretismo	Sistema filosófico que trata de conciliar doctrinas diferentes.
Sinergia	Acción de dos o más causas cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales.
Versatilidad	Cualidad de ser capaz de adaptarse con facilidad y rapidez a diversas funciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Acuña Pinaud Leoncio Luis, Sistema de Producción Flexible de productos manufacturados para un Mercado Globalizado, Tesis Maestro en Ciencias con mención en Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, **2008**.
2. Alain, Coutarel / Frodoric, Demanze / Jean, Hardy (Technip France), Method of manufacturing a flexible tubular structure, *United Kingdom Patent Application*, **Mar 2011**, patno:GB2473357
3. Alessandria, Eugenio / Giacosa, Massimo (soremartec s.a. ; ferrero s.p.a.; ferrero offene handelsgesellschaft m.b.h.), System for the Flexible Production of a Plurality of types of molded food products, particularly chocolate-based products and the like, Patent Cooperation Treaty Application, **Dec 2008**
4. Banco Central de Reserva, Reporte de Inflación elaborado III Trimestre, <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2013/diciembre/reporte-de-inflacion-diciembre-2013.pdf>
5. Banco Central Reserva Memoria Anual 2012, Directorio al 31 de **Diciembre 2012**, <http://www.bcrp.gob.pe/publicaciones/memoria-anual/memoria-2012.html>
6. Błażewicz, Jacek y Ecker, Klaus H., Handbook on Scheduling: From Theory to Applications, International Handbooks on Information Systems, Springer - Verlag, Berlin Heidelberg **2007**.
7. Cederfeldt Mikael, Planning Design Automation A Structured Method and Supporting Tools, Chalmers University of Technology, Thesis for the Degree of Doctor Of Philosophy in Product and Production Development, Göteborg, Sweden, **2007**
8. Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas - CIIU Revisión 4, Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, Dirección Nacional de Cuentas Nacionales, Lima, **Enero 2010**, 267 Páginas.

9. Eskilander Stephan, Design for Automatic Assembly- A Method for Product Design: DFA2, A **Doctoral Thesis**, Division of Assembly Systems Dept. of Production Engineering Royal Institute of Technology, Stockholm **2001**
10. Fatih Tüysüz, Cengiz Kahraman, Modeling a flexible manufacturing cell using stochastic Petri nets with fuzzy parameters, T.C. Beykent University, Department of Industrial Engineering, Ayazaga, Istanbul, Turkey, Istanbul Technical University, Department of Industrial Engineering, 34367 Macka, Istanbul, Turkey, Expert Systems with Applications, Volume 37, Issue 5, **May 2010**, Pages 3910-3920.
11. HANDBOOK OF COMPUTATIONAL INTELLIGENCE IN MANUFACTURING AND PRODUCTION MANAGEMENT, DIPAK LAHA (JADAVPUR UNIVERSITY, INDIA) AND PURNENDU MANDAL (LAMAR UNIVERSITY, USA), RELEASE DATE: **NOVEMBER, 2007**, 516 PAGES.
12. Instituto Nacional de Estadística e Informática, DNCN, CIU Revisión 4, **Enero 2010**,
http://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0883/Libro.pdf
13. Instituto Nacional de Estadística e Informática, Encuesta Micro y Pequeña Empresa **Abril 2012**,
http://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1093/Libro.pdf
14. Iraj Mahdavi^a, Babak Shirazi^a, Maghsud Solimanpur^b, Development of a simulation-based decision support system for controlling stochastic flexible job shop manufacturing systems, Simulation Modelling Practice and Theory, Volume 18, Issue 6, **June 2010**, Pages 768-786, ^a Mazandaran University of Science and Technology, Babol, Iran, ^bFaculty of Engineering, Urmia University, Urmia, West Azerbaijan Province, Iran
15. Jahromi, M.H.M.A. / Tavakkoli-Moghaddam, R., A novel 0-1 linear integer programming model for dynamic machine-tool selection and operation allocation in a flexible manufacturing system, Journal of Manufacturing

Systems, In Press, Corrected Proof, Aug 2011,
doi:10.1016/j.jmsy.2011.07.008

16. Johansson, Roger (KTH, Superseded Departments, Production Engineering), Implementation of Flexible Automatic Assembly in Small companies - Flexibility and process demands, **Doctoral thesis**, Division of Assembly Systems, Dept. of Production Engineering, Stockholm **2002**, Royal Institute of Technology, S-100 44 Stockholm, Sweden
17. Kai-Ying Chen, Chun-Jay Chen, Applying multi-agent technique in multi-section flexible manufacturing system, Department of Industrial Engineering and Management, National Taipei University of Technology, No. 1, Chunghsiao E. Rd., Sec. 3, Taipei 106, Taiwan, ROC, *Expert Systems with Applications*, Volume 37, Issue 11, **November 2010**, Pages 7310-7318
18. Karlsson Anders, Developing High Performance Manufacturing Systems. Utilizing manufacturing system design, strategy and control possibilities for competitiveness in changing environments, **Doctoral Thesis**, Division of Flexible Manufacturing, Department of Production Engineering, Royal Institute of Technology, S-100 44 Stockholm, SWEDEN, **October 2002**
19. Lee, Keon Jae / Lee, Sang Yong, Manufacturing method for flexible device, flexible device, solar cell, and light emitting device, (LG Siltron Inc. ; KAIST (Korea Advanced Institute of Science)), *EUROPEAN PATENT APPLICATION*, Jul **2011**, Patno:EP2348545
20. Necati Deniz Yücel, Simulation of a Flexible Manufacturing System: a Pilot Implementation, The degree of Master of Science in Mechanical Engineering, **September 2005**, The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University
21. Petri C. A. **Febrero 2011**, <http://www.petrinets.info> Febrero 2011
22. R. Venkata Rao, Flexible Manufacturing System selection using an improved compromise ranking method, Department of Mechanical Engineering, S.V. National Institute of Technology Ichchanath, Surat –

- 395 007, India, International Journal of Industrial and Systems Engineering 2009 - Vol. 4, No.2 pp. 198 – 215
23. Rezaie, K. / Ostadi, B., A mathematical model for optimal and phased implementation of flexible manufacturing systems, Applied Mathematics and Computation, 184 (2), p.729-736, Jan 2007, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Tehran, P.O. Box 11365/4563, Tehran, Iran
 24. Schwenke, Richard Clemens, A flexible assembly system for low volume and high diversity production, Massachusetts Institute of Technology. Dept. of Mechanical Engineering, USA, Thesis (M. Eng.), June 2009.
 25. Shirazi, Babak / Mahdavi, Iraj / Mahdavi-Amiri, Nezam, iCoSim-FMS: An intelligent co-simulator for the adaptive control of complex flexible manufacturing systems, , Simulation Modelling Practice and Theory, 19 (7), p.1668-1688, Aug 2011
 26. Siskin, A.V. / Somlo, J., Optimal distributed real-time scheduling of flexible manufacturing networks modeled as hybrid dynamical systems, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 25 (3), p.597-609, Jun 2009
 27. Soloman, Sabrie, Sensors Handbook, The McGraw-Hill Companies, Inc., Second Edition 2010, USA.
 28. Sterna, Malgorzata, Late work minimization in a small flexible manufacturing system, Computers & Industrial Engineering, 52 (2), p.210-228, Mar 2007, Poznan University of Technology, Institute of Computing Science, Piotrowo 2, 60-965 Poznan, Poland
 29. Taiichi Ohno,
http://www.ingenieria.unam.mx/industriales/historia/carrera_historia_ohno.html
 30. Wesley Dane Scott, A Flexible Control System for Flexible Manufacturing Systems, Doctor of Philosophy, Office of Graduate Studies of Texas A&M University, Industrial Engineering, May 2004

31. Zeballos, L.J., A constraint programming approach to tool allocation and production scheduling in flexible manufacturing systems, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 26 (6), p.725-743, **Dec 2010**, Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral, Santiago del Estero 2829, 3000 Santa Fe, Argentina, 19th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing.

ANEXO

LISTA DE FIGURAS

N°	TITULO	Página
1	Curva de POC en función de la probabilidad y escenarios de costos	15
2	Distribución en línea Tipo I	17
3	Modelo Sistema Producción Flexible	18
4	Módulo de Manufactura Flexible – MFM	23
5	Celda de Manufactura Flexible – CFM	23
6	Grupo de Manufactura Flexible – GFM	24
7	Relación entre el número de máquinas del sistema y la inversión, la tasa de producción y el volumen anual	24
8	Sistema de Producción	25
9	El objetivo inicial de dar flexibilidad a los tipos y niveles de flexibilidad del sistema distintos que necesitaba, incluyendo las incertidumbres	32
10	Sistemas de Control	39
11	Producción Manufacturera - Variación Porcentual	48
12	Productos Metálicos y Equipos – Variaciones Porcentuales	48
13	Productos Metalmecánicos - Exportaciones FOB	50
14	Organización Jurídica - MYPES %	52
15	Productividad MYPES capital Departamento 2011	52
16	MYPES accedieron a Transferencia Tecnológica para Gestión capital Departamental 2011 - (%)	53
17	Área de Procesos Funcionales – FPA	56
18	La FPA de fábrica, dividido en tres acuerdos FPA, que son los principales grupos de productos.	58
19	Distintas Etapas de diseño tal como se define y se utiliza, incluyendo la operación y desarrollo continuo	65
20	Los sub-dominios de desarrollo de automatización de diseño, basadas en un fundamento de la estructura organizativa y los aspectos del ciclo de vida	67
21	Requisitos para el diseño para el montaje automático flexible – DFAA	69
22	Ejemplo de Sistema de Celda	73
23	Implementación del Método DFAA Gairola – 2001	76
24	Método implementado para sistemas paralelos de producción de Johansson – 2001	77
25	Hoja de especificación a llenar para la Implementación Cederfeldt 2006	78
26	Los requisitos y el nuevo enfoque propuesto	79
27	Un ejemplo de cómo un enfoque por etapas modulares pueden reducir la brecha entre costos e ingresos	81

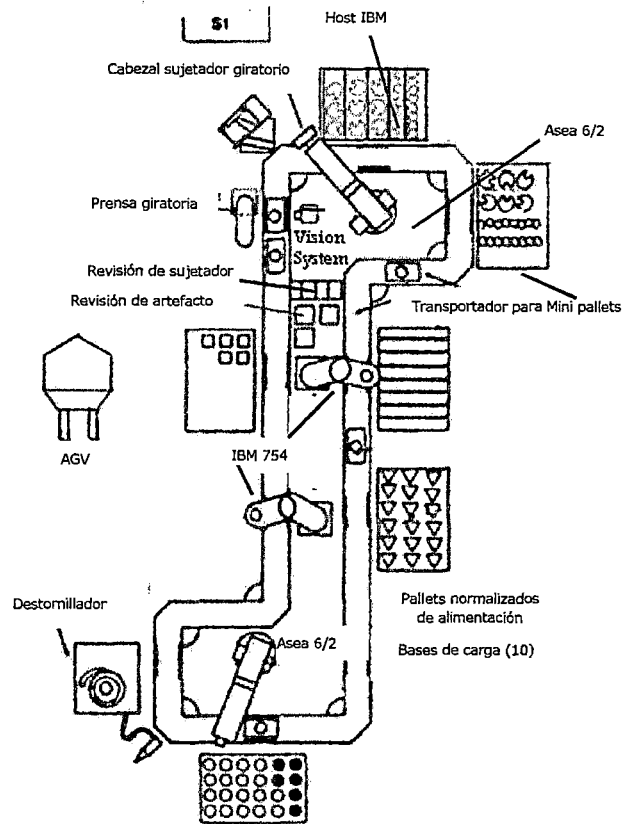
28	Estrategia de Proceso de un Sistema Manual a un Sistema Automatizado	84
29	El sistema de la FAA Mark I construido en el laboratorio de FIV / KTH	98
30	El sistema Mark II	99
31	Planta de bandejas de mesa una visión de partes seleccionados	99
32	El sistema de Sony SMART	100
33	El sistema de montaje DIAC	100
34	El sistema de DRAS	101
35	El sistema FAA de IBM	101
36	El sistema de HIFAS	102
37	Celda de Trabajo de Manufactura Ágil (AMW)	102
38	El sistema eXemplo de Ensamblaje Modular – MAX	103
39	Sistema móvil de Robot - DENSO	103
40	Definiciones generales de eficiencia y eficacia	104
41	La productividad se define generalmente como una relación de Resultado es a la Entrada del proceso de transformación en la manufactura	104
42	La rentabilidad está fuertemente influida por los precios que una empresa paga por su entrada y recibe por sus productos	104
43	La naturaleza de la flexibilidad, es una función de la agilidad y la adaptabilidad	105
44	Un FPA muestra un conjunto de FPA internamente	105

LISTA DE TABLAS

N°	TITULO	Página
1	Resultados de Empresas Estudiadas	17
2	Tipos de Flexibilidad, Definición y Factores de los que depende	22
3	Criterios de flexibilidad – Tipos de flexibilidad	22
4	Relación entre los tipos de celdas y los criterios de flexibilidad	26
5	Exportaciones de Productos Metalmecánicos – Valor FOB en millones	50
6	Empresas Visitadas y Estudiadas	63
7	Resumen de los tres Métodos y Propuesto	70
8	Resultados de la Producción	74
9	Resultados de los Equipos de la Celda de Manufactura	74
10	Resultados de la Simulación en Pro Model	108
11	Producción Resultados	108
12	Porcentajes de Actividades de la Celda Manufactura	109
13	Productos con Falla	109
14	Uso en la Fila de Ingreso de Productos	110
15	Porcentajes de los Productos en el Sistema	110

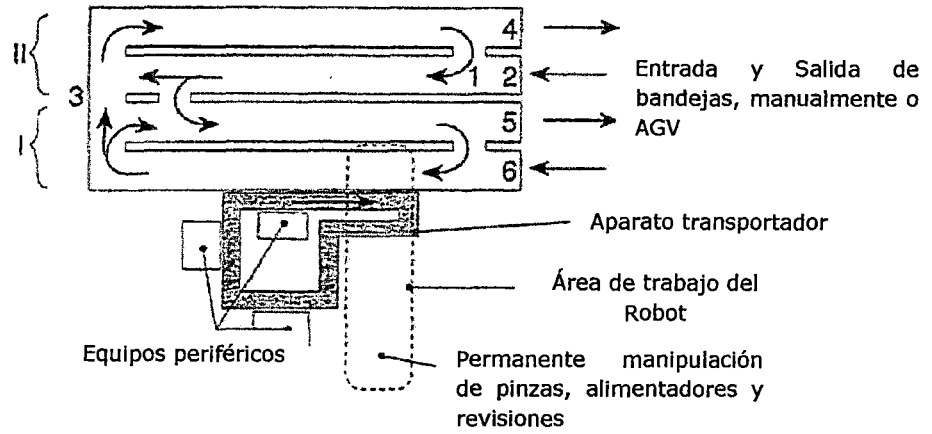
ANEXO 1

Figura N° 29.- El sistema de la FAA Mark I construido en el laboratorio de FIV / KTH.



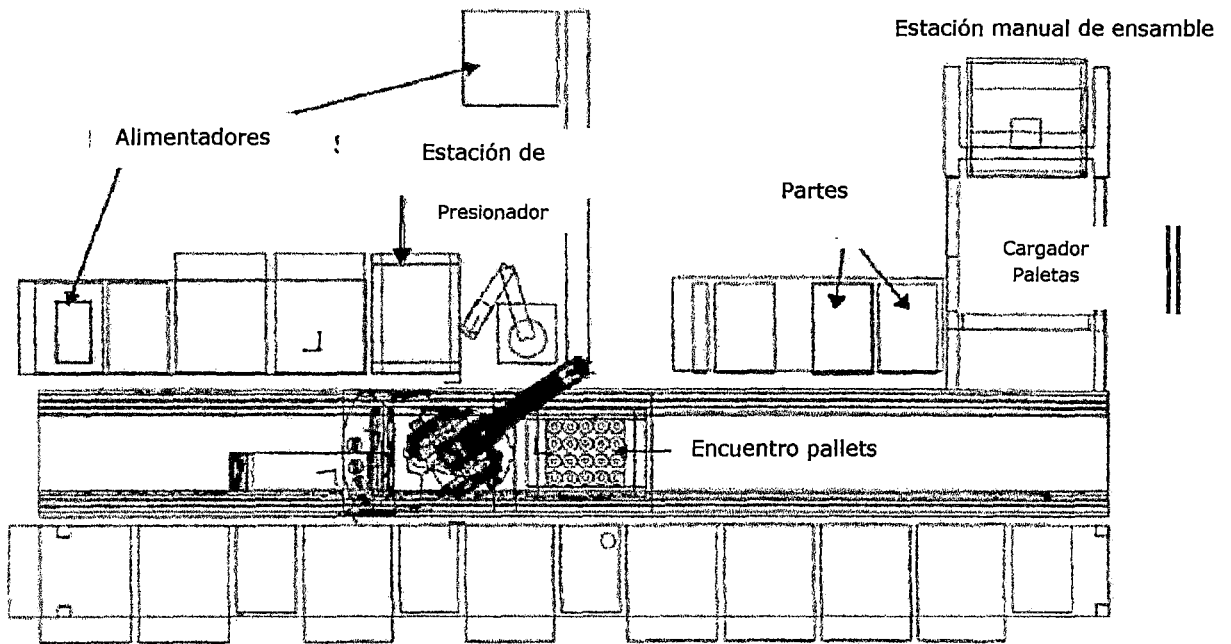
Fuente: Arnström y Grøndahl, 1985^{5A}. La imagen está tomada de una tesis de Licenciatura. Holmstedt 1989^{17A}.

Figura N° 30.- El sistema Mark II



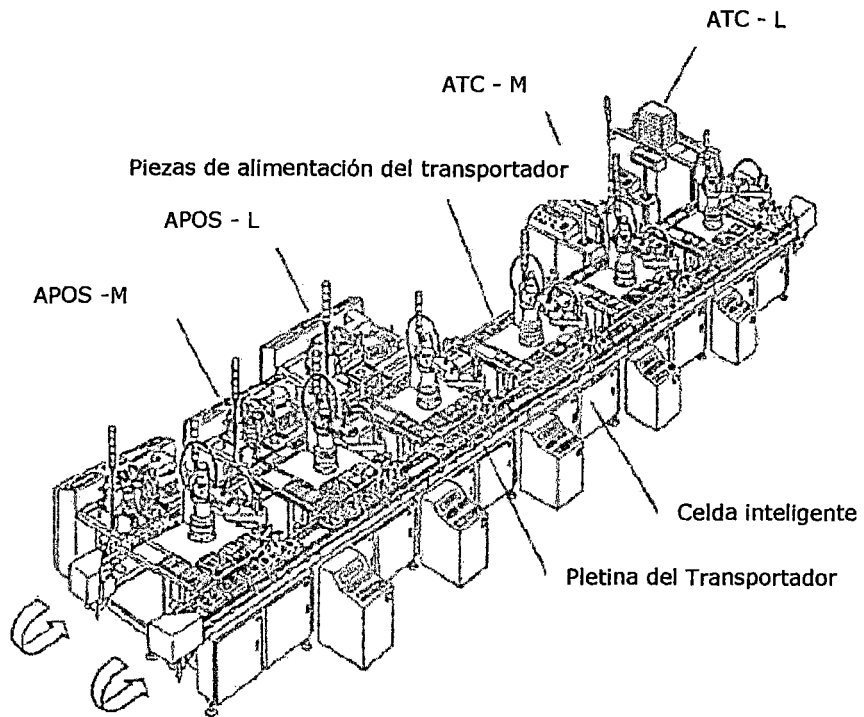
Fuente.- Construido en el laboratorio de FIV / KTH (Holmstedt, 1989)^{17A} (Armström y Gröndahl, 1988b)^{6A}

Figura N° 31.- Planta de bandejas de mesa una visión de partes seleccionados



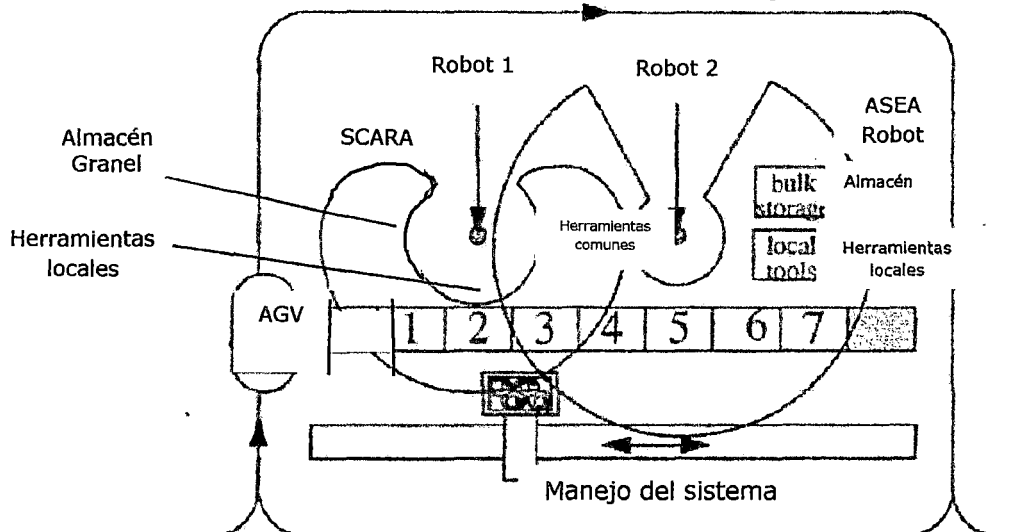
Fuente: Mark III an FAA system built in the laboratory at IVF/KTH. (Onori et al 1997)^{41A}.

Figura N° 32.- El sistema de Sony SMART



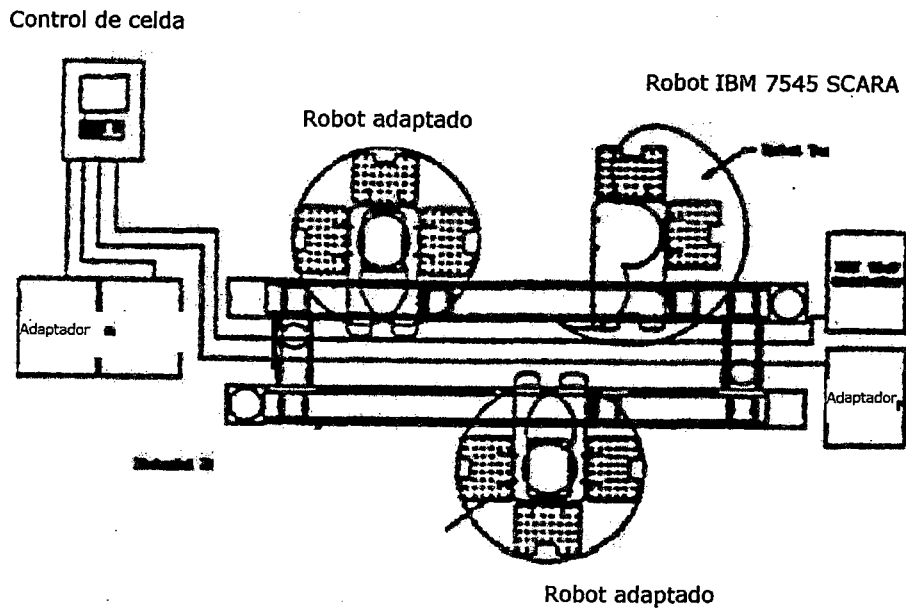
Fuente.- Kimura, 1991^{24A}.

Figura N° 33.- El sistema de montaje DIAC



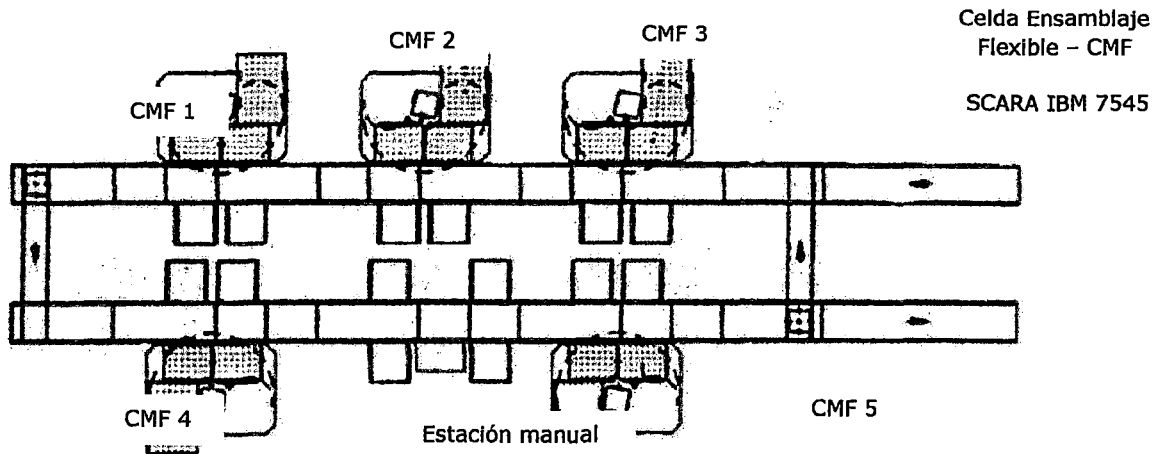
Fuente.- Universidad Tecnológica de Delft, Willemse, 1997^{60A}, la imagen es una renovación de la original (Meijer y Jonker, 1991)^{29A}.

Figura N° 34.- El sistema de DRAS



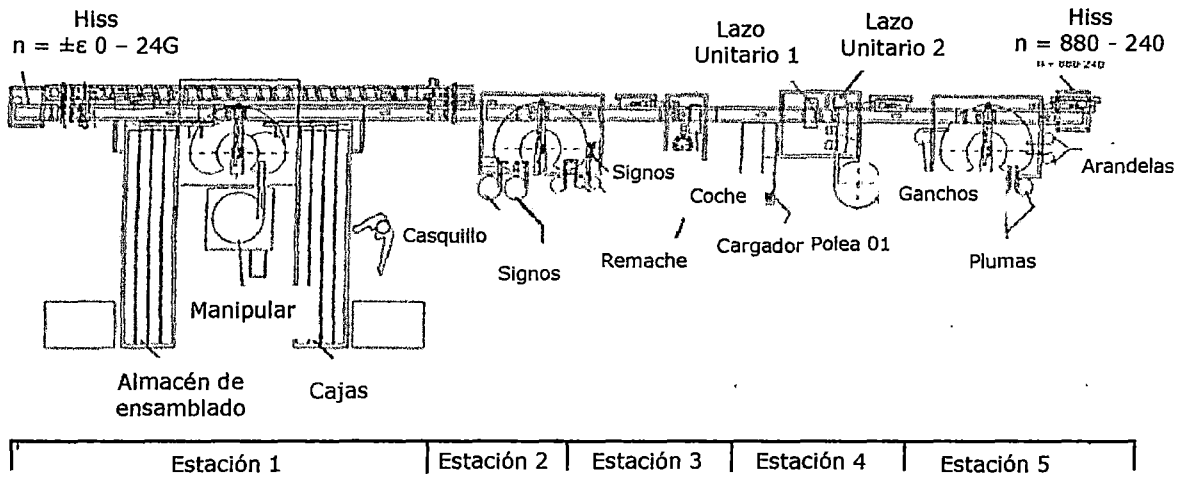
Fuente.- Universidad de Texas en Arlington. (Mills et al. 1993)^{29A}

Figura N° 35.- El sistema FAA de IBM



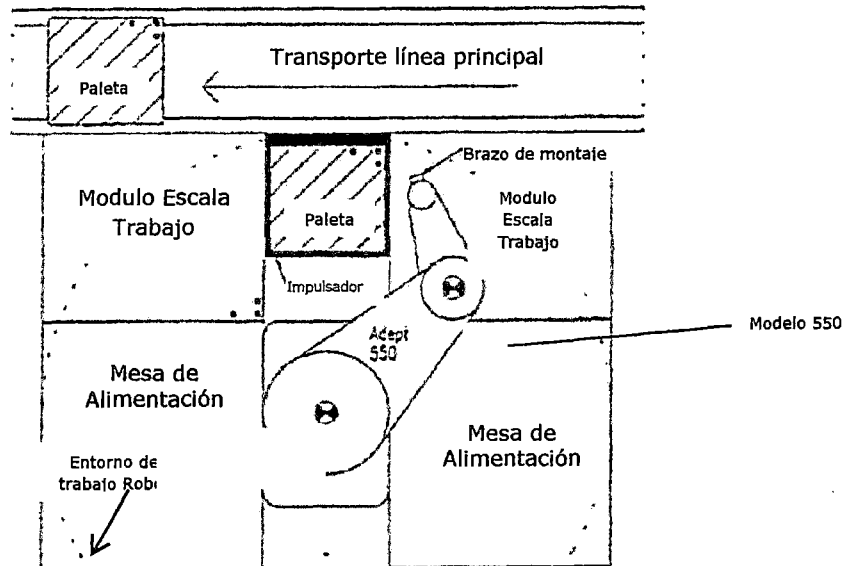
Fuente.- Sistema de Ensamblaje Flexible, Järfälla (Holmstedt, 1989)^{17A}

Figura N° 36.- El sistema de HIFAS.



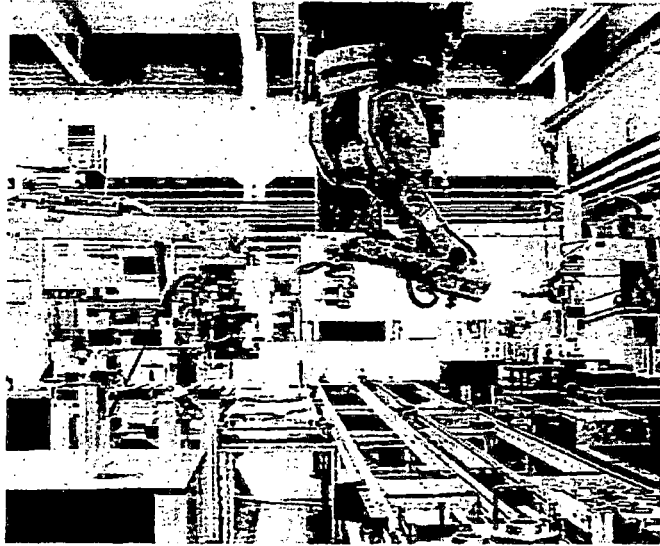
Fuente.- Sistema de Ensamblaje Flexible muy alto, Piaggio 1988

Figura N° 37.- Celda de Trabajo de Manufactura Ágil (AMW)



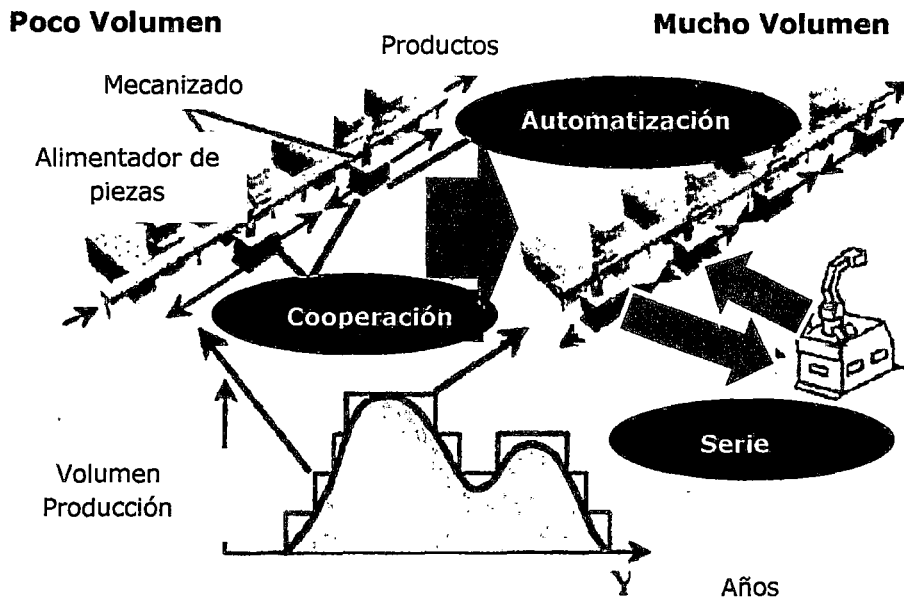
Fuente.- Sistema de Case Western Reserve University en Cleveland, Ohio, EE.UU.
(Quinn et al., 1996)^{46A} (Quinn et al., 1995)^{45A}

Figura N° 38 - El sistema eXemplo de Ensamblaje Modular - MAX



Fuente. - Schweizer^{50A} & Grau, 1993.

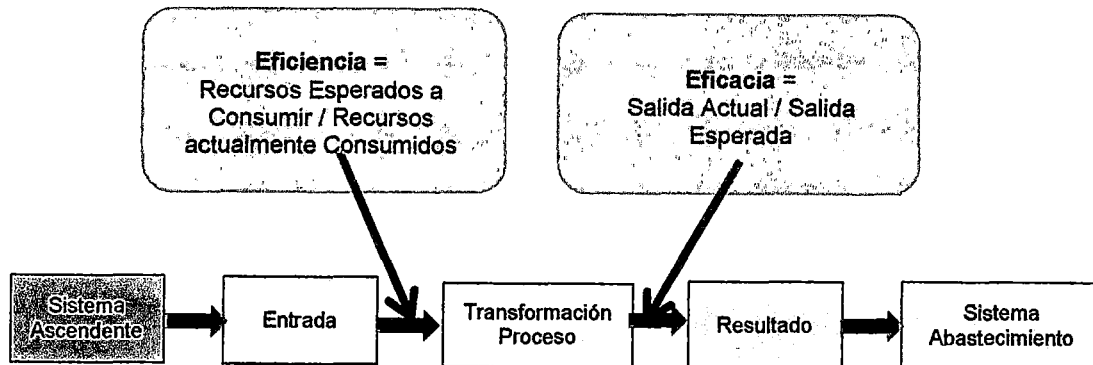
Figura N° 39. - Sistema móvil de Robot - DENSO



Fuente.- Hanai M., Hibi H., Nakasai T., Kawamura K., Inoue Y., "Development of Adaptive Production System to Market Uncertainty Autonomous Mobile Robot System" ISATP International symposium on Assembly and Task Planning, May 28 - 30, 2001 Fukuoka, Japan

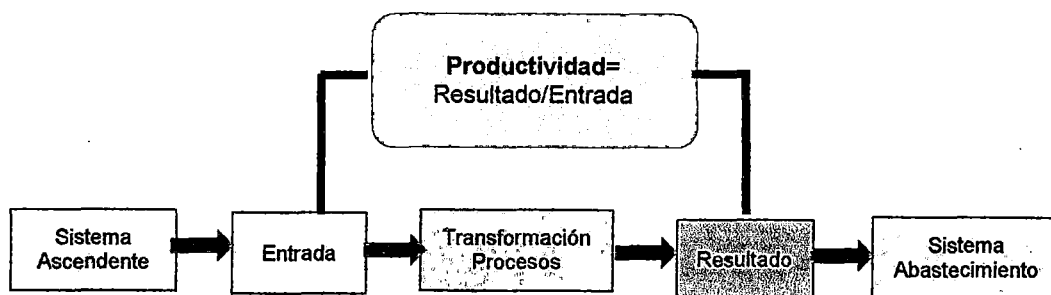
ANEXO 2

Figura N° 40.- Definiciones generales de eficiencia y eficacia



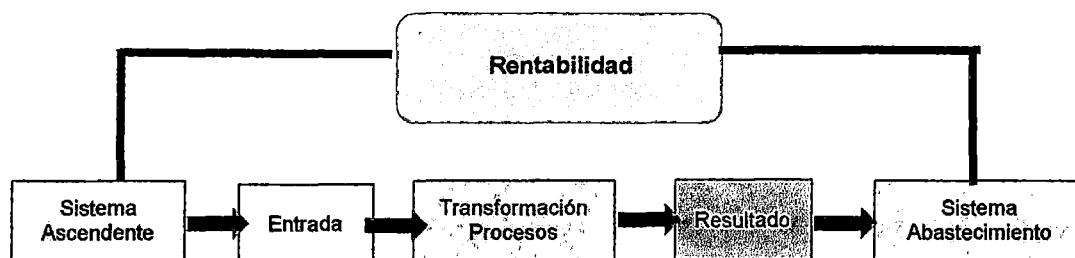
Fuente.- Tangen^{58A}, 2002

Figura N° 41.- La productividad se define generalmente como una relación de Resultado es a la Entrada del proceso de transformación en la manufactura



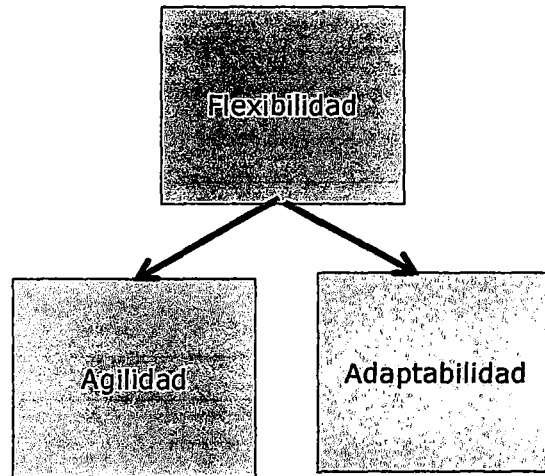
Fuente.- Tangen^{58A}, 2002

Figura N° 42.- La rentabilidad está fuertemente influida por los precios que una empresa paga por su entrada y recibe por sus productos



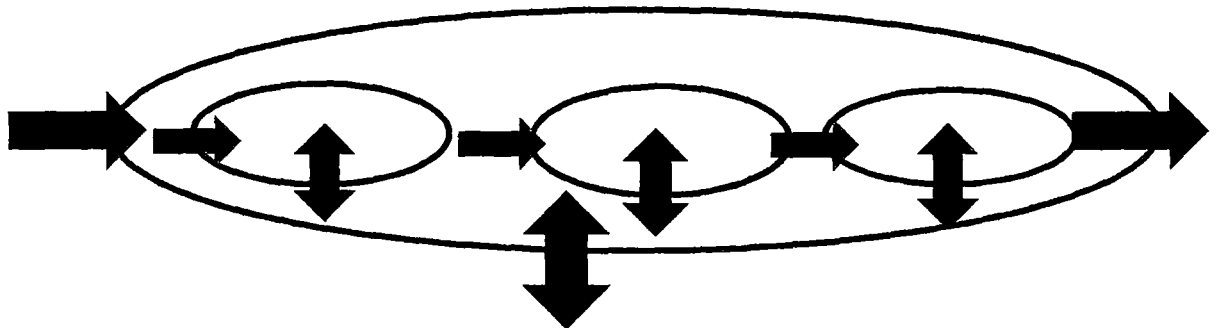
Fuente.- Tangen^{58A}, 2002

Figura N° 43.- La naturaleza de la flexibilidad, es una función de la agilidad y la adaptabilidad



Fuente: Anders Karlsson¹⁸, October 2002

Figura N° 44- Un FPA muestra un conjunto de FPA internamente



Fuente: Anders Karlsson¹⁸, Octubre 2002

Entity Rule	Location Move Logic	Operation	Blk	Output	Destination
Engrane FIRST 1	Fila_rectificadora		1	Engrane	Rectificadora
Engrane FIRST 1	Rectificadora	WAIT U (3,1) MOVE FOR E(3)	1	Engrane	Lavadora
Engrane FIRST 1	Lavadora	WAIT 4 MOVE FOR E(3)	1	Engrane	Empaque
Engrane FIRST 1	Empaque	WAIT U (5,1)	1	Engrane	EXIT
Placa FIRST 1	Fila_prensa		1	Placa	Prensa
Placa FIRST 1	Prensa	WAIT E (3) MOVE FOR E(3)	1	Placa	Lavadora
Placa FIRST 1	Lavadora	WAIT 4 MOVE FOR E(3)	1	Placa	Empaque
Placa FIRST 1	Empaque	WAIT U (7,2)	1	Placa	EXIT

 * Arrivals *

Entity Occurrences	Location Frequency Logic	Qty Each	First Time
Engrane	Fila_rectificadora	1	infinite
Placa	Fila_prensa	1	infinite

Tabla N° 10.- Resultados de la Simulación en Pro Model

<i>Equipos</i>	<i>Tiempo Programado (HR)</i>	<i>Capacidad</i>	<i>Ingreso Total (uni)</i>	<i>Tiempo Promedio por Ingreso (min)</i>	<i>Promedio en Sistema (uni)</i>	<i>Máximo Contenido (uni)</i>	<i>Contenido Actual (uni)</i>	<i>% Utilización</i>
Fila prensa	320	30	1331	401	28	30	29	92.7
Fila rectificadora	320	30	1371	106	8	9	9	81.7
Rectificadora	320	1	1362	14	1	1	1	99.7
Prensa	320	1	1302	15	1	1	1	99.9
Lavadora	320	1	2662	4	1	1	1	58.3
Empaque.1	320	1	1744	6	1	1	0	55.5
Empaque.2	320	1	917	6	0	1	0	27.3
Empaque	640	2	2661	6	0	2	0	41.4

Tabla N° 11.- Producción Resultados

Prueba 1 Sistema Celda.MOD (Normal Run - Rep. 1)							
<i>Productos</i>	<i>Total (uni)</i>	<i>Unidades Sistema Actual</i>	<i>Tiempo Promedio Sistema (min)</i>	<i>Tiempo Promedio de Traslado (min)</i>	<i>Tiempo Promedio Espera (min)</i>	<i>Tiempo Promedio Operación (min)</i>	<i>Tiempo Promedio Bloqueado (min)</i>
Engrane	1361	10	135	6	0	104	25
Placa	1300	31	437	6	390	14	27

Tabla N° 12.- Porcentajes de Actividades de la Celda Manufactura

<i>Equipos</i>	<i>Tiempo Programado (HR)</i>	<i>% Operaciones</i>	<i>% Disponible</i>	<i>% Inactivo</i>	<i>% Espera</i>	<i>% Bloqueado</i>	<i>% Hacia Abajo</i>
Rectificadora	320	21.16	0	0.26	0.01	78.57	0
Prensa	320	20.39	0	0.08	0.01	79.52	0
Lavadora	320	55.44	0	41.75	0	2.81	0
Empaque.1	320	55.52	0	44.48	0	0	0
Empaque.2	320	27.31	0	72.69	0	0	0
Empaque	640	41.41	0	58.59	0	0	0

Tabla N° 13.- Productos con Falla

<i>Productos</i>	<i>Localizados</i>	<i>Total Fallados (uni)</i>
Engrane	Fila rectificadora	104
Placa	Fila prensa	284

Tabla N° 14.- Uso en la Fila de Ingreso de Productos

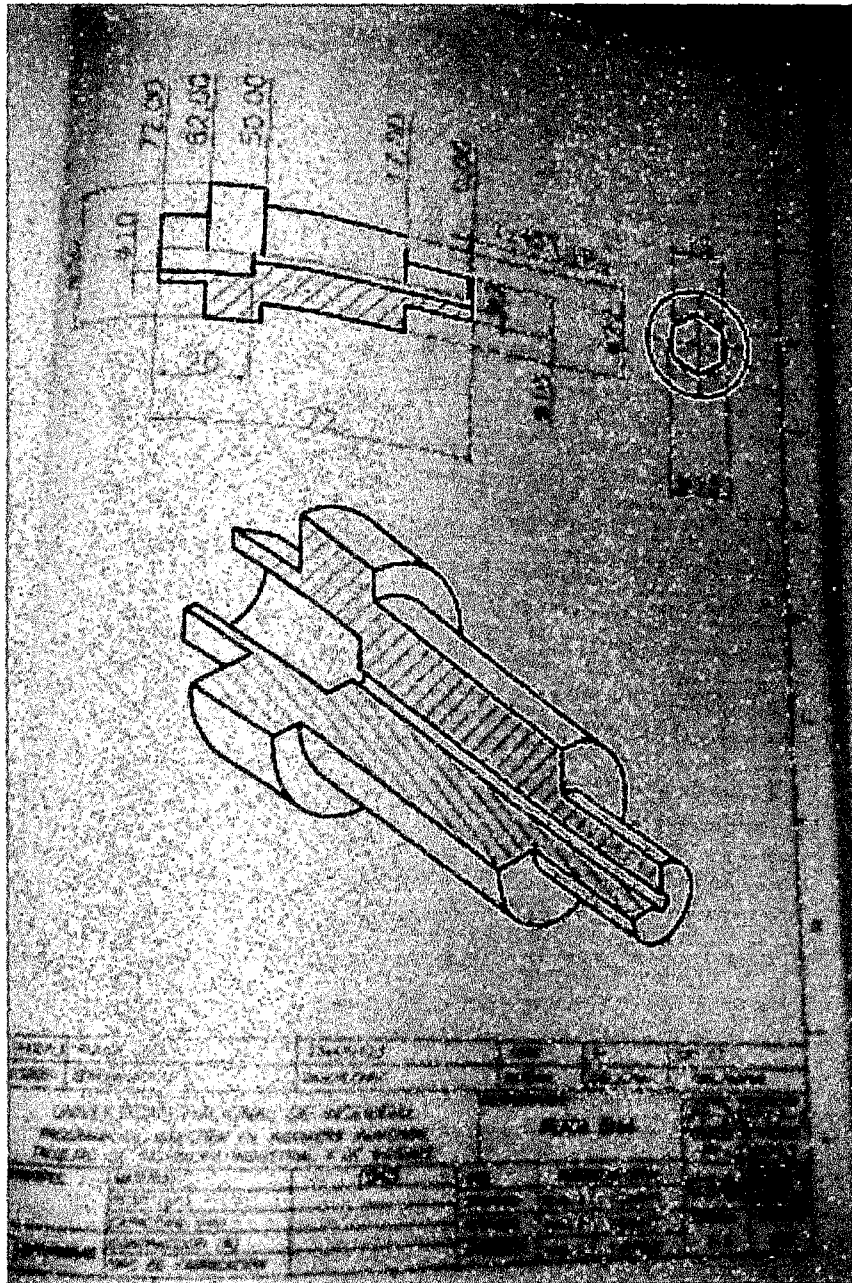
<i>Filas Ingreso</i>	<i>Tiempo Programado (HR)</i>	<i>% Vacío</i>	<i>% Ocupado</i>	<i>% Lleno</i>	<i>% Hacia Abajo</i>
Fila prensa	320	0.51	57.83	41.66	0
Fila rectificadora	320	0.80	99.2	0	0

Tabla N° 15.- Porcentajes de los Productos en el Sistema







<i>Productos</i>	<i>% En Traslado</i>	<i>% Espera</i>	<i>% Operación</i>	<i>% Bloqueados</i>
Engrane	4.39	0	76.99	18.62
Placa	1.36	89.33	3.22	6.09

ANEXO 4

DISEÑO DE UNA PIEZA METALMECÁNICA A PROCESAR



HOJA DE PROCESO DE LA PIEZA METALMECÁNICA

PROCESO	OPERACIÓN	SUB OPERACIONES	HOJA DE PROCESO		HOJA			1		
			PLANO	PY-232712	FECHA			23-300-10		
			MATERIAL	DIMENSIONES	CÓDIGO			PY-232712		
			1045	Ø36x76	MAD	HTA (UN)	Ø	n (rpm)	f (mm/rot)	
P	O	SP	DESIGNACION	CROQUIS						
1	1		REFRENTADO		TORNADO	T1	30			
1	2		CILINDRADO		TORNADO	T1	30			
1	3		PERFORADO		TORNADO	T2	2			
1	4		TRONZADO		TORNADO	T2	30			
2	5		PLANEADO		CENTRO	T3	16			
3	6	1	PERFORADO		TORNADO	T5	10			
TOTAL DE HERRAMIENTAS						5				
TIEMPO TOTAL DE MECANIZADO										
TOTAL DE MAQUINAS					2	TOTAL DE PROCESOS				3
TOTAL DE OPERACIONES					3					
TOTAL DE SUB OPERACIONES					2					

ANEXO 5

Simulación de los tiempos de fabricación de una pieza en un MFM

Un Sistema de Producción Flexible (SFP) es un sistema organizado de Módulos de Manufactura Flexible (MFM). Dentro de esta unidad, que se ejecutan generalmente mediante un CNC, existen más de 800 procesos normados, que muestra la complejidad de la tecnología mecánica. La pieza que se quiera fabricar es diseñada con la ayuda de un CAD, luego sigue la concatenación de los diversos procesos para la elaboración de la pieza. El orden en que estas deben hacerse pasa por métodos de optimización que las propias herramientas o lenguajes de programación de los CNC proporcionan al usuario (que desde luego no son absolutas puesto que no todas las variables reales están involucradas en los modelos de optimización). La optimización tiene como objetivo reducir los tiempos de fabricación y colateralmente los riesgos de fractura o deterioro de las herramientas. En una Empresa metalmeccánica se ha recopilado 50 registros, por motivos confidenciales solicito no indicar nombre de la empresa, de tiempos en manufactura de una pieza mecánica con la finalidad de minimizar los costos de fabricación, uno de los criterios válidos es lograr **la minimización de los tiempos de espera** entre los procesos de fabricación, donde las variables son:

TM= tiempo de montaje, que es el tiempo que requiere montar una pieza en la máquina herramienta, el ajuste respectivo de la pieza a fabricar mediante un torno, fresadora u otra. Representa en promedio 23%

TC= tiempo de centrar, que es el que se requiere para el centrar de la pieza. Representa en promedio 1%

TCM= tiempo de control de medida, que es el tiempo para el control dimensional de la pieza antes y durante el proceso de control. Representa en promedio 6%

TCI= tiempo de cambio de inserto, que es el tiempo necesario para el cambio de los insertos de las herramientas dentro del proceso de fabricación. Representa en promedio 3%

TD= tiempo de desmontaje, que es el tiempo necesario para el desmontaje de la pieza de la máquina herramienta, de la mesa de trabajo. Representa en promedio 7%

Los tiempos reales registrados en minutos, en la fabricación de una pieza, se muestran en la siguiente tabla:

Nº	TM	TC	TCI	TCM	TD	TO	TOTAL
1	4	0.16	0.5	0.5	1.2	10	16.36
2	4	0.14	0.45	0.52	1.3	10	16.41
3	4.2	0.12	0.48	0.4	1.25	10	16.45
4	4.1	0.12	0.52	0.45	1.25	10	16.44
5	3.9	0.3	0.56	1.15	1.22	10	17.13
6	3.8	0.16	0.45	1.2	1.15	10	16.76
7	3.9	0.18	0.48	1.3	1.3	10	17.16
8	4.1	0.2	0.52	1.25	1.28	10	17.35
9	3.9	0.12	0.51	1,1,	1.3	10	15.83
10	3.8	0.14	0.52	0.52	1.25	10	16.23
11	4	0.16	0.48	0.55	1.18	10	16.37
12	4.1	0.14	0.47	0.58	1.25	10	16.54
13	4.2	0.14	0.45	0.59	1.3	10	16.68
14	4.1	0.14	0.52	0.55	1.22	10	16.53
15	4.1	0.14	0.51	1.15	1.25	10	17.15
16	4	0.3	0.48	1.12	1.28	10	17.18
17	3.5	0.12	0.52	1.12	1.25	10	16.51
18	3.5	0.3	0.51	1.15	1.22	10	16.68
19	3.5	0.12	0.49	1.1	1.18	10	16.39
20	4	0.3	0.52	1.15	1.17	10	17.14
21	4	0.16	0.48	1.2	1.16	10	17
22	4.2	0.14	0.47	1.35	1.15	10	17.31
23	4.1	0.2	0.52	1.2	1.2	10	17.22
24	3.9	0.3	0.53	1.25	1.18	10	17.16
25	3.8	0.16	0.52	1.35	1.22	10	17.05
26	3.9	0.18	0.48	1.2	1.2	10	16.96

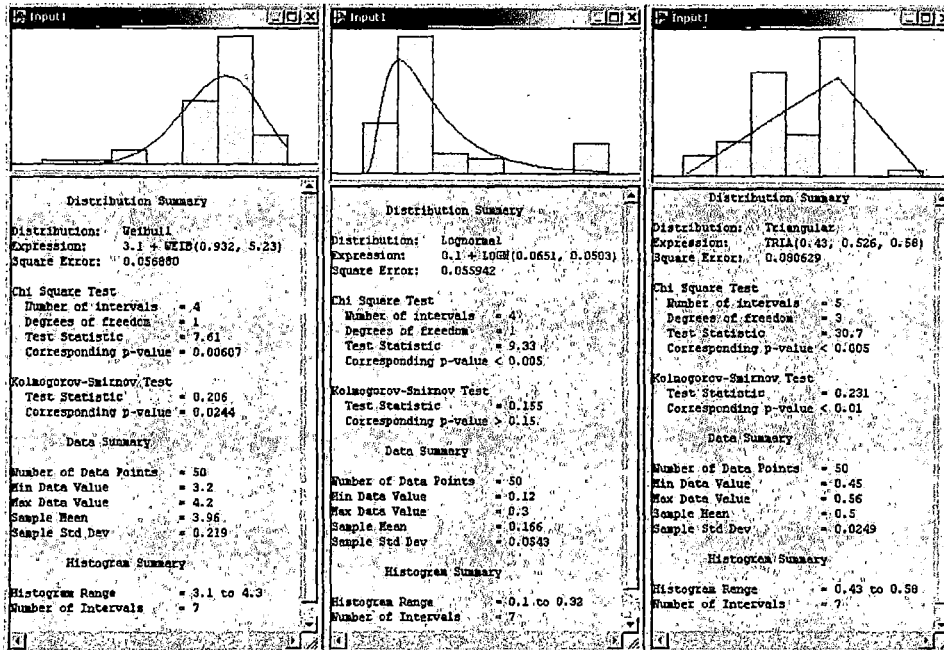
27	4.1	0.18	0.49	1.15	1.15	10	17.07
28	3.9	0.2	0.52	1.2	1.18	10	17
29	3.8	0.3	0.52	1.15	1.17	10	16.94
30	4	0.14	0.53	1.1	1.2	10	16.97
31	4.1	0.16	0.48	1.15	1.22	10	17.11
32	4.2	0.14	0.49	1	1.3	10	17.13
33	4.1	0.16	0.52	1.05	1.31	10	17.14
34	4.1	0.16	0.53	1	1.35	10	17.14
35	4	0.14	0.52	1.25	1.25	10	17.16
36	4	0.14	0.52	1.15	1.22	10	17.03
37	4	0.14	0.52	1.2	1.26	10	17.12
38	4.2	0.12	0.53	1.15	1.27	10	17.27
39	4.1	0.12	0.52	1.1	1.28	10	17.12
40	3.9	0.16	0.48	1.15	1.3	10	16.99
41	3.8	0.12	0.48	1.12	1.25	10	16.77
42	3.9	0.18	0.49	1.13	1.24	10	16.94
43	4.1	0.16	0.5	1.15	1.22	10	17.13
44	3.4	0.12	0.51	1.2	1.3	10	16.53
45	3.2	0.14	0.52	1.15	1.28	10	16.29
46	4	0.16	0.48	1.2	1.27	10	17.11
47	4.1	0.14	0.49	1.15	1.26	10	17.14
48	4.2	0.12	0.47	1.2	1.25	10	17.24
49	4.1	0.14	0.47	1.2	1.3	10	17.21
50	4.1	0.14	0.47	1.15	1.25	10	17.11

Haciendo el análisis de datos con la ayuda de Arena se obtienen las siguientes distribuciones, que son las mejores de acuerdo a los test del Chi Cuadrado y de Kolmogorov-Smirnov:

TM

TC

TCI



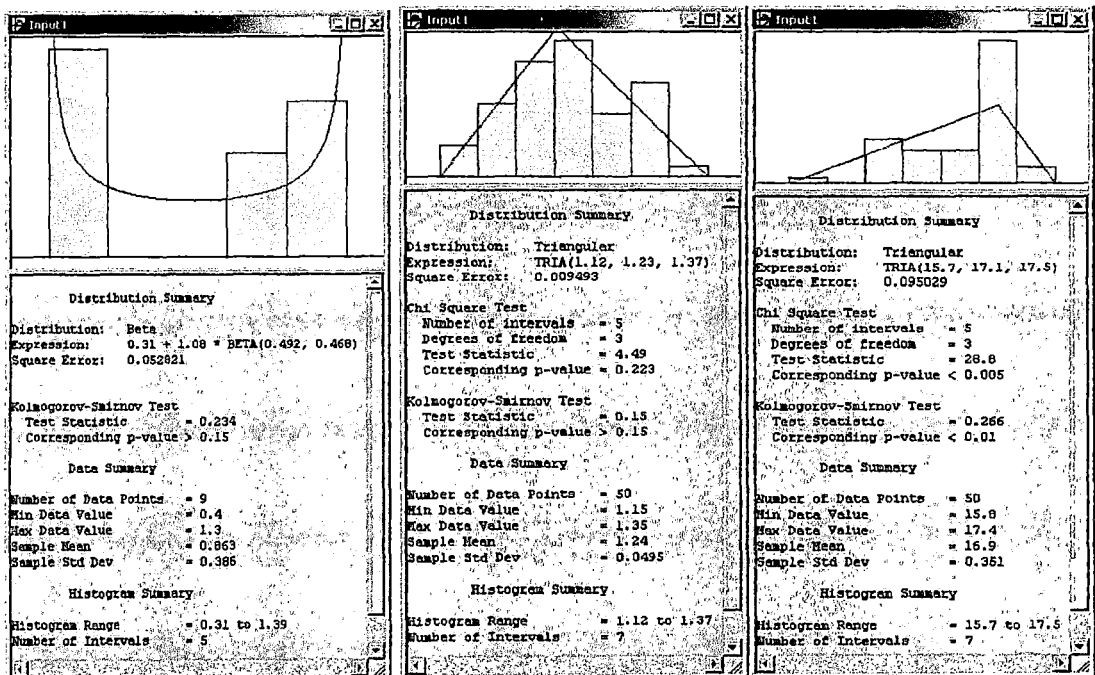
TM=3.1+WEIB (0.932, 5.23); TC=0.1+LOGN (0.0651, 0.0503) ;

TCI=TRIA (0.43, 0.526, 0.58)

TCM

TD

TOTAL



$TCM = 0.31 + 1.08 * BETA(0.492, 0.468)$

$TD = TRIA(1.12, 1.23, 1.37)$

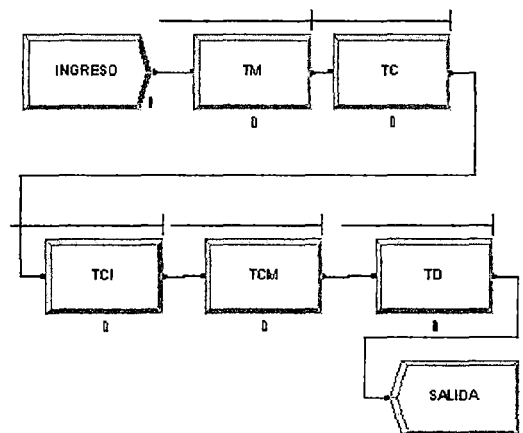
$TOTAL = TRIA(15.7, 17.1, 17.5)$

La concatenación de los procesos: $TM \rightarrow TC \rightarrow TCI \rightarrow TCM \rightarrow TD$

Con la ayuda de Arena se puede Simular para un escenario de 120 piezas que se quiere fabricar.

ARENA Simulation Results

Acuña - License:



Summary for Replication 1 of 1

Proyecto: **TIEMPOS DE PREP. MAQUINA**

Run execution date: 3/01/2014

Analyst: Acuña

Model revision date: 3/01/2014

Replication ended at time : 13.495821 Minutos

Base Time Units: Minutos

TALLY VARIABLES

Identifier	Average	Half	Width	Minimum	Maximum	Observations
Entity 1.VATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000	120
Entity 1.NVATime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000	120
Entity 1.WaitTime	10.763	(Insuf)	8.4695	11.145	11.145	120
Entity 1.TranTime	.10113	(Insuf)	.08837	.11276	.11276	120
Entity 1.OtherTime	.00000	(Insuf)	.00000	.00000	.00000	120
Entity 1.TotalTime	10.864	(Insuf)	8.5678	11.257	11.257	120
TCM.Queue.WaitingTime	1.5195	(Insuf)	.56164	5.5163	5.5163	120
TM.Queue.WaitingTime	2.8833	(Insuf)	.00000	5.8019	5.8019	120
TC.Queue.WaitingTime	3.1163	(Insuf)	.41541	5.8174	5.8174	120
TCI.Queue.WaitingTime	1.5909	(Insuf)	.55022	5.6961	5.6961	120
TD.Queue.WaitingTime	1.6415	(Insuf)	.59448	1.7931	1.7931	120

DISCRETE-CHANGE VARIABLES

Identifier	Average	Half	Width	Minimum	Maximum	Final Value
Entity 1.WIP	96.600	(Insuf)	.00000	120.00	.00000	.00000
Resource 1.NumberBusy	1.0000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000	.00000
Resource 1.NumberScheduled	1.0000	(Insuf)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Resource 1.Utilization	1.0000	(Insuf)	.00000	1.0000	.00000	.00000
TCM.Queue.NumberInQueue	13.511	(Insuf)	.00000	86.000	.00000	.00000
TM.Queue.NumberInQueue	25.637	(Insuf)	.00000	86.000	.00000	.00000
TC.Queue.NumberInQueue	27.709	(Insuf)	.00000	86.000	.00000	.00000
TCI.Queue.NumberInQueue	14.146	(Insuf)	.00000	86.000	.00000	.00000
TD.Queue.NumberInQueue	14.596	(Insuf)	.00000	86.000	.00000	.00000

OUTPUTS

Identifier	Value
Entity 1.NumberIn	120.00
Entity 1.NumberOut	120.00
Resource 1.NumberSeized	600.00
Resource 1.ScheduledUtilization	1.00
System.NumberOut	120.00

Simulation run complete.

BIBLIOGRAFIA

López M. M en "Métodos de optimización y minería de datos para el planeamiento de los procesos de fabricación en empresas del sector metal mecánico" Tesis de Maestría en Ingeniería Industrial. SPG_FIIS_UNI_2011

Colegio de Matemáticos del Perú

**IV CONGRESO NACIONAL DEL COLEGIO
DE MATEMÁTICOS DEL PERÚ**

RESÚMENES

Universidad Andina del Cusco

Cusco 2013

Comité Científico Internacional

Eduardo González-Olivares (Pontificia Universidad Católica de Valparaíso)

Graciela Canziani (Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires, Argentina)

Roxana López Cruz (Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú)

Comité Científico Nacional

Obidio Rubio (Universidad Nacional de Trujillo)

Fidel Jara (Universidad Nacional de Ingeniería)

Luis Ulfe (Universidad Nacional de Ingeniería)

Carlos Canepa (UNMSM)

Mirtha Trejo (Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión)

Alejandro Ortiz (Pontificia Universidad Católica del Perú)

Ednubdo Vergara (Universidad Nacional de Trujillo)

Jesús Espinola (UNASAM)

Comité Organizador

Roxana López Cruz (Colegio de Matemáticos del Perú)

Armando Cupi (Colegio de Matemáticos del Perú, Región Cusco)

Danny Javier Almanza Huallpa (Universidad Andina del Cusco)



Índice

Presentación	6
Plenarias	7
Harald Helfgott	8
Curso	9
Maynard kong W., Ricardo Bances H., Nélica Medina G., Mariano González U., Maritza Luna V., Roy Sánchez G.	10
Mariano González Ulloa	11
Conferencias	15
Flavio Gutierrez	16
Yolanda S. Santiago Ayala	17
Ronald León Navarro	18
Cesar Loza Rojas	19
Raquel Inés Serna Diaz	20
Alfonso Perez Salvatierra	21
Santiago C. Rojas Romero	22
Nestor J. Farillas M., Dandy A. Sánchez E.	23
Erik Papa Quiroz	24
Nélica Medina	25
Gustavo Ito	26
Robert Ipanaque, Segundo Huacchillo	28



Guillermo Jesús Zela Quispe	29
Nélida Medina, Maritza Luna	30
Jack Arce Flores	31
Luis Enrique Gonzales Farfán	32
Gilberto Alva Castillo	34
Renato Benazic	35
Augusto Cortez Vásquez	36
Víctor Alcides Coaquira Cárdenas	37
Oscar Adrian Zapillado Huanco	39
Alejandro Manuel Ecos Espino	40
Name of the Speaker	41
Belen Cabrera	42
Luis Alfonso Infante	43
Luis Alfonso Infante	44
Luis Alfonso Infante	46
Name of the Speaker	48
Luis Acuña Pinaud	50
Luis Acuña Pinaud	51
Joel Flores Martinez	52
Giovanna Valverde Ayala	53
Comunicaciones	55
Javier Moore Delgado	56



Nancy Saravia Molina	57
Lisbeth Corbacho Carazas	58
Alfredo Velásquez Flores	59
Risley Rengifo Tello	60
Carlos Alberto Peña Miranda	61
Sandra Salazar Palomino	62



Presentation

It is extremely pleasant to introduce you the abstracts of the Conferences, Short CourseS and Communications of the Fourth National Congress of the Peruvian Professional School of Mathematicians (IV CONMAT), which in this opportunity is realized in the imperial city of Cusco since 07 to 09 August 2013. These abstracts fulfill a preliminary intention, which is to keep the participant informed about the subject- matters of all the papers, with the purpose that each participant realizes his own schedule of participation to the conferences, choosing the subjects of its preference. On the other hand, any participant of the Congress will have the opportunity to exchange information with the invited lecturers and establishing possibilities of developing joint investigation, pressing the academic, friendly and international bonds necessary to any institution that realizes scientific investigation. We are grateful to the lecturers, who with their participation heighten our event, placing it between the better of Mathematics events. Finally, our deep gratitude to all the institutions that have supported our event and whose logos, can be distinguished in the material given to all participant. Also we express our gratitude to the anonymous contingent of professors and students who, disinterestedly and without leading emulations, are collaborating for the success of the IV CONMAT.

THE ORGANIZING COMMITTEE

Es sumamente grato presentarles los resúmenes de las Conferencias, Minicurso y Comunicaciones que se expondrán en el *Cuarto Congreso Nacional del Colegio de Matemáticos* (IV CONMAT), que se realizará en la ciudad de Cusco del 07 al 09 de Agosto del 2013. Estos resúmenes cumplen con el propósito preliminar de mantener informado a los participantes sobre las diversas temáticas de cada una de las ponencias, facilitando la elaboración de sus respectivos horarios de asistencia a las conferencias de su preferencia. En cada una de las Conferencias los participantes podrán intercambiar sus inquietudes con todos los Conferencistas invitados, a fin de lograr intercambio de experiencias y establecer posibilidades de desarrollar investigación conjunta, estrechando los vínculos académicos, amistosos e internacionales, necesarios a toda institución que realiza investigación científica. Agradecemos a los Conferencistas, quienes con su participación enaltecen nuestro evento, situándolo entre los mejores de la especialidad de Biomatemática. Finalmente, nuestro profundo agradecimiento a todas las instituciones que nos honran con su auspicio y cuyos logos, se pueden distinguir en el material entregado a cada uno de ustedes. También expresamos nuestra gratitud al contingente anónimo de docentes y alumnos quienes desinteresadamente están colaborando para el éxito del IV CONMAT.

COMISIÓN ORGANIZADORA



DESARROLLO DE LA ARQUITECTURA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE PARA UNA ENTIDAD DE GESTIÓN DE RECURSOS NATURALES

Luis Acuña Pinaud

lacuna@uni.edu.pe

Bilma Osorio Marujo

bosorio@uni.edu.pe

Luis Lujan Campos

lujan@neosistemas.org

Universidad Nacional de Ingeniería, Perú

Resumen

En la actualidad se han puesto de manifiesto nuevos problemas globales o se han acrecentado otros ya identificados, como son los problemas medioambientales. La constatación de los efectos que el desarrollo económico ha producido sobre el medio ambiente y las comunidades ha propiciado un mayor interés y una mayor preocupación en materia ambiental y social. En el ámbito de la administración pública, y especialmente a nivel local, ha adquirido también un creciente protagonismo la implantación de la llamada Agenda 21, cuyo origen se remonta a la celebración en 1992 de la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro, y que constituye un plan de acción para contemplar de una manera integradora el desarrollo social, el desarrollo económico y el medio ambiente, conectando temas que tradicionalmente han sido planificados de una manera separada y animando a los gobiernos a adoptar estrategias nacionales para el Desarrollo Sostenible. La Agenda 21 local es la contribución de cada comunidad local a la Sostenibilidad bajo los preceptos de la Agenda 21. Se trata de la integración del desarrollo ambiental, económico y social, así como de la calidad de vida de la población local. La Gestión de Proyectos de Medio Ambiente utilizando tecnologías de información es imprescindible para los órganos de todo nivel en nuestro país por ello se plantea el inicio del desarrollo de un sistema de software que sirva de apoyo a los procesos involucrados en la gestión de dichos proyectos. Y que en el presente trabajo desarrollamos la arquitectura de software de dicho sistema.

**X CONGRESO LATINOAMERICANO DE
DINÁMICA DE SISTEMAS,**

**III CONGRESO BRASILEÑO DE DINÁMICA DE
SISTEMAS Y**

**I CONGRESO ARGENTINO DE DINÁMICA DE
SISTEMAS**

**"Dinámica de Sistemas: abordaje a la complejidad, sinergia
de intuición y razón"**

Contenido

1_20120508_M METODOLOGÍA DE PLANEACIÓN ESTRATÉGICA CON DINÁMICA DE SISTEMAS Y ESCENARIOS. ..19	19
2_20120524_M “MODELO DE PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ALGAS EN ARGENTINA”	25
3_20120529_M UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA (SAT) DE LA DESERTIFICACIÓN EN ESPAÑA MEDIANTE MODELOS DE DINÁMICA DE SISTEMAS	33
4_20120701_M “MODELO DEL COMPORTAMIENTO DELICTIVO EN LA CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES”.43	43
5_20120711_M SIMULAÇÃO PARA ENSINO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES	55
6_20120716_M ANALISIS DE LA TOMA DE DECISIONES EN EL MANEJO DE INVENTARIOS UTILIZANDO DINAMICA DE SISTEMAS	65
7_20120724_M UN MODELO DE PRODUCCIÓN DE ARROZ EN VENEZUELA A MODEL OF RICE’S PRODUCTION IN VENEZUELA.....	79
8_20120731_M ANÁLISIS FORMAL DE MODELOS EN DINÁMICA DE SISTEMAS	91
9_20120731_M DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACION PARA LA GESTION DEL PROCESO DE ENCUESTA DOCENTE – FIIS APLICANDO METODOLOGIA DE LA DINAMICA DE SISTEMAS Y SU ACTUALIZACION EN TIEMPO REAL.....	101
10_20120812_M CÓMO MEJORAR LAS DECISIONES ESTRATÉGICAS EN SISTEMAS COMPLEJOS CUANDO SÓLO SE DISPONE DE INFORMACIÓN CUALITATIVA.	113
11_20120813_M “MODELO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA EL ÁREA METROPOLITANA DE BUENOS AIRES”	133
12_20120817_M MODELO DE MEJORA TECNOLÓGICA PARA LA PYME BASADO EN GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO Y DINÁMICA DE SISTEMAS.	147
13_20120817_M DINÁMICA DE SISTEMAS PARA LA EVALUACIÓN DE UNA ESTRATEGIA DE FIDELIZACIÓN DE CLIENTES.....	157
14_20120817_M ANÁLISE DA DINÂMICA DA DIFUSÃO DA INOVAÇÃO EM UMA <i>STARTUP</i> DE INTERNET COM BASE NO MODELO BASS DIFFUSION.....	167
15_20120818_M MODELO PARA EL ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS EDAFOCLIMÁTICOS Y CONDICIÓN MICORRIZAL SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE GUADUALES NATURALES EN CUNDINAMARCA COLOMBIA.....	179
16_20120818_M “MODELO DE PRODUCCIÓN DEL GAS EN LA ARGENTINA”.....	193
17_20120818_M ESTUDIO DINÁMICO DE LA MOVILIDAD EN LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CALI - COLOMBIA...205	205
18_20120819_M SCIENCE, TECHNOLOGY AND INNOVATION POLICY WITHIN RIS: A SD APPROACH	215
19_20120819_M LA DINÁMICA DE SISTEMAS Y LA VISUALIZACIÓN DEL CAPITAL INTELECTUAL EN UNA UNIVERSIDAD, DISEÑO DE INDICADORES.	223
20_20120819_M DINÁMICA DE SISTEMAS Y AGENTES PARA EL MODELADO DE LA DIFUSIÓN DE DOS INNOVACIONES EN COMPETENCIA.....	235
21_20120827_M EVALUACIÓN DE TRES ESQUEMAS DE INTEGRACIÓN ELÉCTRICA ENTRE ECUADOR, COLOMBIA Y PANAMÁ	247
22_20120820_M DINÁMICA DE SISTEMAS APLICADO EN EL ANÁLISIS DE CADENAS PRODUCTIVAS AGROINDUSTRIALES EN EL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR.....	259

9_20120731_M DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACION PARA LA GESTION DEL PROCESO DE ENCUESTA DOCENTE – FIIS APLICANDO METODOLOGIA DE LA DINAMICA DE SISTEMAS Y SU ACTUALIZACION EN TIEMPO REAL

CÓRDOVA NERI TEODORO LUCIANO

Lic. En Matemáticas, Egresado Maestría Ingeniería con mención en Sistemas, tcordova@uni.edu.pe.

ACUÑA PINAUD LEONCIO LUIS

Ing. Industrial, Maestro en ciencias con mención en Ingeniería de Sistemas, lacuna@uni.edu.pe.

CHAFLOQUE ELÍAS CARLOS ALBERTO

Ing. Químico, Egresado de Maestría en ciencias con mención en Ingeniería Industrial, chaflo2011@hotmail.com, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) – Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas (FIIS), Lima – Perú.

RESUMEN DEL PROYECTO:

Disponer de un controlador y simulador que sea utilizado como un Sistema de información para la gestión del proceso de encuesta Docente-FIIS (Sendoc), aplicando Metodología de Dinámica de Sistemas y su actualización en tiempo real, que genere información sobre la **evolución de conocimientos (Creciente, Estable, Decreciente)** de los Catedráticos de la Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas (FIIS) – Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). La información técnica y oportuna generada por el Simulador, será utilizada por las Autoridades de la Facultad con base técnica para tomar sus decisiones ejecutivas buscando las mejoras de los procesos de Enseñanza/Aprendizaje. El sistema permitirá hacer cuadros comparativos entre categorías, áreas, dedicación. El simulador se basa en la Metodología de Dinámica de Sistemas para el uso de Modelos Científicos y estos se implementan utilizando Ingeniería de Software específicamente en el Software Stella V. 9.0. El presente proyecto genera un resultado que basado en **Modelos Científicos** son analizados, diseñados, validados con la realidad y luego implementados usando Ingeniería de Software, causa que tiene como impacto de importancia en las especialidades de Ingeniería, debido que la data procesada es generada por los mismos actores del sistema, asimismo tiene un efecto a nivel de facultad, pues los clientes pueden tomarlo como caso estudio por ser una aplicación real. También se debe resaltar que el **Enfoque de Simulación Continúa** basado en la teoría de Dinámica de Sistemas, es de gran utilidad, pues el sistema en estudio contiene variables que **cambian de manera continua** con el tiempo. El modelo continuo de un proceso académico representa las interacciones entre los factores clave de éste como un conjunto de **Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (modelos científicos)** donde el tiempo se incrementa paso a paso, para la cual se considera las de **Soluciones Numéricas** usando los métodos de: **Euler,**

Runge-Kutta y Predictor - Corrector. Debemos recordar que las técnicas para resolver este problema, son: técnica Analítica, técnica numérica y técnica visual (uso de stella), pues va generando los modelos analíticos. Finalmente, la aplicación es funcional cuando se integra los siguientes procesos: Stella nos provee los datos en tablas después de hacer la simulación, para que estos datos sean parte de la toma de decisiones, debe exportar a una hoja de cálculo Excel y desde este ambiente use algún gestor de base de datos para guardar los datos de stella como tablas o entidades y finalmente use los IDEs disponibles (netbeans, .net, etc.) para generar formularios y desde aquí realizar la actualización en tiempo real

Palabras claves: Modelo, simulación, relación, bucle, proyección, comportamiento, áreas, diagrama, relación, crecimiento, estabilidad, decrecimiento, vector, intervalo de simulación, bucle.

1 INTRODUCCIÓN

La característica relevante de los sistemas del mundo real, es su evolución o comportamiento en el tiempo, en particular, se ha identificado como sistema de referencia la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), y como subsistema la Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas (FIIS), que tienen como **Misión** "Formar líderes en ciencias, ingeniería y arquitectura, dotados de competencias para la investigación, innovación y gestión tecnológicas, capaces de contribuir al bienestar de la sociedad, al desarrollo del país y a la afirmación de nuestra identidad nacional" y como **Visión** "Ser la Universidad líder en la creación de ciencia y tecnología, comprometida con el desarrollo sostenible de la Nación". Para cumplir con estos principios, el subsistema genera relaciones directas entre elementos Alumnos, Docentes, Empleados y Autoridades quienes bajo un enfoque sistémico – dinámico implementan

Autores

ID (M)	AUTORES
1_20120508_M	Ernesto A. Lagarda L. Dr., Javier Portugal V. M.I., Arnulfo Naranjo F. M.C.
2_20120524_M	Fernando Navarrete – Adrián Demarco – Ing. Edgard Hernán Maimbil – Ing. Nahuel Hernán S. Romera
3_20120529_M	Javier Ibáñez, PhD, Silvio Martínez, PhD., Jaime Martínez-Valderrama, PhD.
4_20120701_M	Ing. Nahuel Hernán Romera –Ing. Edgard Hernán Maimbil – Ing. Andrés Caminos – Ing. Ezequiel Ignacio López –Lic. Facundo Alejandro Piriz –
5_20120711_M	Júlio César Bastos de Figueiredo,
6_20120716_M	Sergio A. Ramírez E., MSc., María F. Ángel J., Ing. , Juan S. Fernández D., Ing., y Oliver Rubio M., Ing.
7_20120724_M	Vicente Ramírez N., PhD. y Ángel Durán A., Ing.
8_20120731_M	Milton Soto Ferrari., Ph.D (c) Rene Amaya Mier., Ph.D
9_20120731_M	Córdova Neri Teodoro Luciano, Acuña Pinaud Leoncio Luis. Chafloque Elías Carlos Alberto,
10_20120812_M	Carlos Legna Verna, Serafín Corral Quintana,
11_20120813_M	Lic. Maximiliano Castelli - Lic. Mariano Di Libero
12_20120817_M	Eduyn Ramiro López Santana Esp. Ing., Germán Andrés Méndez Giraldo PhD.
13_20120817_M	Stefania Peña Escobar, Ing., Gloria Stella Ramírez Reyes, MSc., y Juan Carlos Osorio Gómez, MSc.
14_20120817_M	Marcelo H. de Medeiros Bezerra, Josué V. de Medeiros Júnior, M. Sc., Miguel E. Moreno Añez,
15_20120818_M	Bryann Esteban Avendaño-Urbe, Lucía Ana Díaz M.Sc1, Daniel Castillo-Brieva cPh.D2.
16_20120818_M	Conticello, Tomás – Liotta, Hernán –Salvá, Gonzalo -Ing. Edgard Hernán Maimbil – Ing. Nahuel Hernán Romera
17_20120818_M	Mayra Alejandra Arboleda, Iván Fernando Parra, Isabella Aristizábal, Hernán Sabogal.
18_20120819_M	José Carlos Rodríguez, Ph.D., J. C. Lenin Navarro-Chávez, Dr
19_20120819_M	Guillermo León López Flórez, M.Sc., Santiago Hoyos, M.Sc., Diego José Cuartas Ramírez, M.Sc., Jairo Estrada Muñoz, M.Sc.,
20_20120819_M	Lorena Cadavid, MSc., Carlos Jaime Franco, PhD
21_20120827_M	Dayanna Osorio Ramírez, MSc. (C), Carlos Jaime Franco, Ph. D
22_20120820_M	Julio Adolfo Amézquita López MSc, Karen Margarita Chamorro Salas
23_20120820_M	José de J. Casas, Katherine Cerón y Juan C. Osorio MSc
24_20120820_M	Estéfany Garcés A., Ing.; Carlos J. Franco C., PhD e Isaac Dyner R., PhD
25_20120820_M	Juan Carlos Osorio Gómez, MSc; Lily Andrea Morales, Diego Alejandro López Mejía, Juan Sebastián Mock kow.
26_20120820_M	Laura I. Rendón S. y MSc. Juan C. Osorio G.
27_20120820_M	Laura A. Ardila F., Ing. y Carlos J. Franco C. PhD.
28_20120820_M	MC. Juan MORUA RAMIREZ, PhD Christophe SCHMITT
29_20120812_M	Natalia Castaño J., Ing., Carlos J. Franco C., PhD.
30_20120820_M	Mónica Infante Montaña, Lina Melissa Fernández Ruano, Estefanía Giraldo López y Gina Vanessa Álvarez Garcés.
31_20120820_M	Alba Ma. Orellana G., D.Sc., Marcos Vinícius Folegatti, D.Sc., Rodrigo M. Sánchez-Román, D.Sc.
32_20120820_M	Marcela Narváez V., Ing., Juan C. Osorio G., MSc.
33_20120820_M	Alejandro Castro Ospina, Eusebio Hernández Pabón, Lily Andrea Morales Andrade, Wbeimar Orrego Machado
34_20120820_M	Dr. Luis Alberto Ambrósio, Dra Elaine C.P. Gonçalves, Dr. Antônio L.M. Martins
35_20120820_M	Antonio Carlos Zambon, PhD, Gisele Busichia Baioco, PhD y Diego Magrin, Bel.
36_20120820_M	Dr. Luis Alberto Ambrósio, Dra Elaine C.P. Gonçalves, Dr. Antônio L.M. Martins

sus procesos de Enseñanza – Aprendizaje obteniendo resultados cuantitativos o cualitativos que “miden” el clima organizacional (Peter Checkland 1980).

Los resultados obtenidos, se utilizan bajo el concepto de realimentación (Javier Aracily Francisco Gordillo 1997) para la continuidad del sistema.

El propósito de la presente investigación consiste en hacer la Simulación del Modelo de Dinámica de Sistemas denominado SENDOC que permita conocer el comportamiento o evolución durante 3 ciclos consecutivos.

Asimismo, estos datos nos permiten conocer en forma específica resultados de cada docente en las diferentes áreas Académicas, que mediante un sistema de Información gerencial se tomar decisiones oportunas y como efecto la gestión académica será un proceso efectivo.

La importancia del Artículo permite que la Facultad disponga de un Sistema Informático basado Metodología de Dinámica de Sistemas que explica la evolución de conocimientos mediante la aplicación del simulador o del sistema informático ENCUESTA DOCENTE y que permita tomar decisiones oportunas para buscar las mejores en el proceso de enseñanza /aprendizaje. Asimismo se tendrá una influencia positiva en el clima organizacional de la facultad, pues está difundiendo el uso de la tecnología de información en la investigación aplicada y buscando resolver problemas que son de tipo social.

OBJETIVOS GENERALES.-

- Disponer de un Sistema Informático o Sistema de Información Gerencial que indique el comportamiento o evolución del Sistema de Encuesta Docente
- Tomar decisiones oportunas en el proceso de enseñanza/ aprendizaje
- Hacer una gestión óptima de recursos y la optimización de los procesos de Enseñanza.
- Basados en el paradigma científico, diseñar el Simulador para el proceso de encuesta docente. Debe ser de propósito general
- Innovar procesos automatizados en la organización, la cual genera imagen institucional.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.-

- Usando la disciplina de Dinámica de Sistemas, diseñar el Modelo Dinámico
- Usar la data histórica para conocer el comportamiento del sistema a la actualidad y realizar proyecciones de resultados de encuesta docente.
- Identificar la problemática académica en alguna de las áreas académicas 4.- Conocer en qué área se tiene mayor aceptación docente por parte del

alumnado 5.- Conocer en que categoría existe mayor promedio de encuestas.

2. ALCANCES

El modelo es de propósito general, es decir, puede ser implementado a nivel de **Isosistemas** dentro del marco de referencia.

3 METODOLOGÍA DE DINÁMICA DE SISTEMAS

El proceso se inicia basado en la Filosofía Sistémica o Filosofía Oriental donde un pensador sistémico sabe que las relaciones de causa- efecto en **sistemas dinámicos** son más circulares que lineales. Las Relaciones de causa – efecto complejo influyen en el proceso de retroalimentación equilibrada, en el cual el sistema trata de alcanzar y mantener un objetivo. Así se generaliza, que existen relaciones tipo positivas y relaciones tipo negativas.

Por ejemplo: Sistema Población: a mayores nacimientos habrá mayor población, define una retroalimentación de influencia (positiva), es de tipo cuantitativo. Sistema Enseñanza: a menor calidad de enseñanza habrá menos calidad profesional, define una retroalimentación de influencia (negativa), es de tipo cualitativo.

Para desarrollar la metodología, basada en relaciones de causa efecto, el actor sistémico basa su diseño en el Modelo dinámico: **Símil Hidrodinámico**, conceptualización del sistema en estudio. **Diagrama Causal**: Diagramas Causales muestran el comportamiento del sistema. En términos de relaciones de causa efecto y con una coherencia lógica. **Modelos Analíticos**: Son expresiones analíticas o científicas que permiten expresar el comportamiento del sistema. **Diagrama de Forrester**: constituye las herramientas específicas de modelado. Su implementación se realiza en el ordenador y permite implementar el proceso de simulación. **Metodología para construir un modelo en Dinámica de Sistemas** Se considera los siguientes procedimientos:

1.-Conceptualización:

- 1.1.- Identificar el sistema de referencia.
- 1.2.- Identificar el comportamiento del sistema mediante relaciones causales y bucles
- 1.3.- Diseño del Símil hidrodinámico, del diagrama causa – efecto

2.- Implementación

- 2.1.- Diseño del diagrama de forrester bajo ingeniería de software Stella.

Unidimensionales, arreglos bidimensionales (ver figura 5) representación mediante los conversores donde se almacena los datos cuantitativos constantes y las variables de nivel para ver cambios de estado del sistema. Estas técnicas nos permiten optimizar la totalidad e variables usadas en el modelo respectivo.

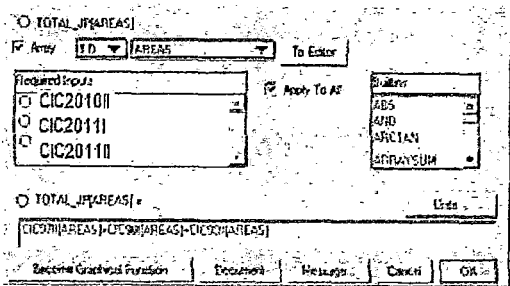


Figura 5.- Definir variables tipo arrays
Fuente: Elaboración Propia 2012

6.1.- Análisis de Relaciones

El diseño se inicia definiendo los conversores o variables de nivel definiéndose como Arrays de 1 dimensión, Arrays de 2 dimensiones y luego especificar los índices donde se almacenara los datos según la estructura definida. Ver Figura del 6 a 9. Inicialmente, los conversores asumen la carga de datos y la variable de nivel inicialmente se le asigna 0 (Nulo), pues en tiempo de ejecución cambiara sus valores, la siguiente interface ilustra estos procesos:

En Categoría de docentes Auxiliares, Asociados y Principales, procesos de diseño y edición de modelos analíticos son similares al caso descrito en caso de docentes Jefes de Prácticas mostrados

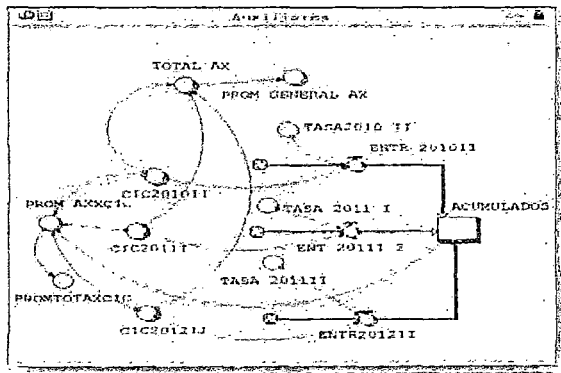


Figura 6. Diagrama Docente Auxiliar

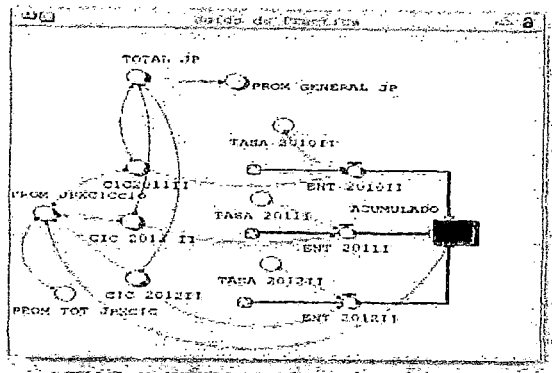


Figura 7. Diagrama Jefe de Práctica

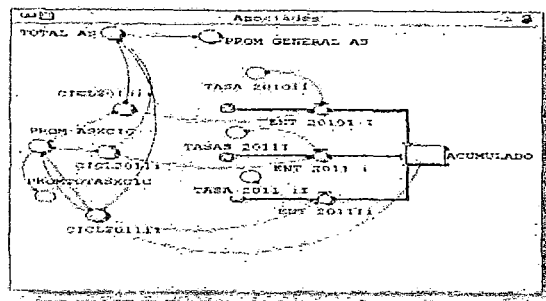


Figura 8. Diagrama Docentes Asociado

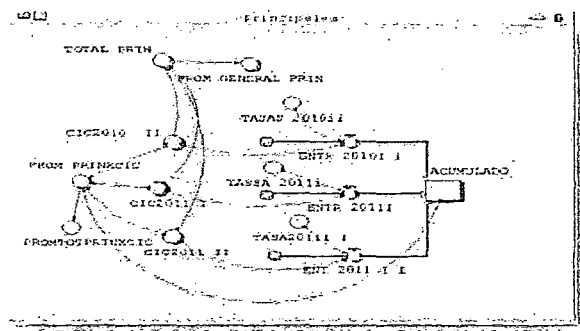


Figura 9. Diagrama Docente Principal
Fuente: Elaboración Propia 2012

6.2.- Análisis por Bloques

En esta fase se almacena resultados del contenido de la encuesta por bloques definidos por la cantidad de preguntas especificada en el cuadernillo de encuesta docente (conocimientos, didáctica, responsabilidad, otros). Los datos almacenados corresponden a los docentes por áreas y por ciclos académicos (Ciencias básicas, gestión, tecnología y sistemas - telemática). El modelo se expresa en figuras 10 y 11

Figura 10. Representa el promedio general

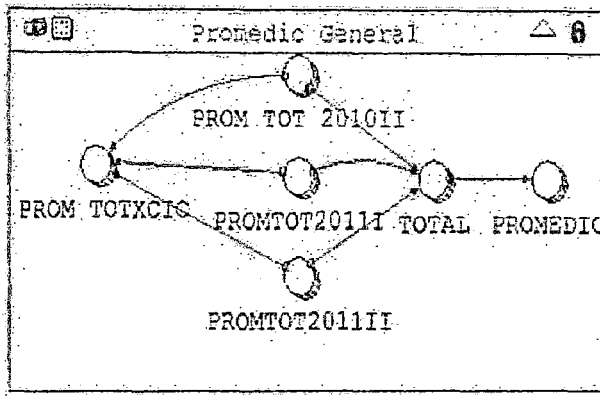
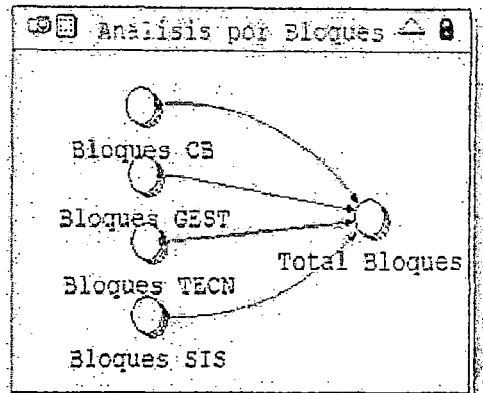


Figura 11. Representa resultados por bloques



Fuente: Elaboración Propia 2012

7 MODELOS ANALÍTICOS

Los modelos analíticos son autogenerados parcialmente durante el diseño del diagrama de Forrester y para complementar el usuario es responsable de editar modelos analíticos que respondan a sus requerimientos, por lo general es cuando usa instrucciones condicionales (if, else) en forma de anidamiento, las funciones (delay, ramp, pulse, step, etc). Por ejemplo para



Para diseñar los modelos analíticos y si utiliza la estructura condicional con anidamiento, su sintaxis es la siguiente:

```

IF (TIME=1) THEN (<instrs1> )
ELSE
  (IF (TIME=2) THEN (<instrs2>))
  ELSE
    (IF (TIME=3) THEN (<instrs3>))
    ELSE.....
Donde <instrs>, pueden ser variables tipo
    
```

- 1.- simples
Flujo entrada = tasa*nivel(t)
- 2.- estructuras
Flujo entrada [1]=tasa[<var>] * nivel[<var>]

En la figura 12, se ilustra los modelos analíticos solo para la categoría docentes en Jefes de practica (jefes de practica quienes realizan laborares seminarios,

practicar dirigidas, laboratorios). Para el resto de categorías, el diseño de los modelos es análogo.

```

Jefes de Practica
[
  INSTRUCCIONES[ASAS] (t) = ASAS[ASAS] * (t - dt) + (ENT_2010II[ASAS] +
  ENT_2011I[ASAS] + ENT_2011II[ASAS]) * dt
  INIT ASAS[ASAS] = 0
  INFLUEN:
  * ENT_2010II[CIENCIAS_BASICAS] =
    IF (TIME=1) THEN (CIEN2010II[CIENCIAS_BASICAS]*TASA_2010II) ELSE (0)
  * ENT_2010II[GESTION] =
    IF (TIME=1) THEN (CIEN2010II[GESTION]*TASA_2010II) ELSE (0)
  * ENT_2010II[SISTEMAS] =
    IF (TIME=1) THEN (CIEN2010II[SISTEMAS]*TASA_2010II) ELSE (0)
  * ENT_2010II[TECNOLOGIA] =
    IF (TIME=1) THEN (CIEN2010II[TECNOLOGIA]*TASA_2010II) ELSE (0)
  * ENT_2011I[CIENCIAS_BASICAS] =
    IF (TIME=2) THEN (CIEN2011I[CIENCIAS_BASICAS]*TASA_2011I) ELSE (0)
  * ENT_2011I[GESTION] =
    IF (TIME=2) THEN (CIEN2011I[GESTION]*TASA_2011I) ELSE (0)
  * ENT_2011I[SISTEMAS] =
    
```

Figura 12: Modelos analíticos dentro del entorno de Stella

8 EJECUCIÓN DEL MODELO DINÁMICO

En la siguiente figura, ilustra el sistema cuya misión es de nivel educativo y denominado Universidad Nacional de Ingeniería-UNI, dentro del cual se define el sistema de referencia denominado Facultad de Ingeniería Industrial de sistemas (FIIS), donde se implementa el caso estudio.

Durante la ejecución del modelo y para ser mas más ilustrativos, se ira mostrando sus resultados en interfaces generadas en stella versión 8.0, que mediante el uso de botones provistos por stella y con el uso de sus propiedades permiten definir o especificar su funcionalidad, asignando eventos para

la ejecución del modelo según requerimientos de los usuarios.

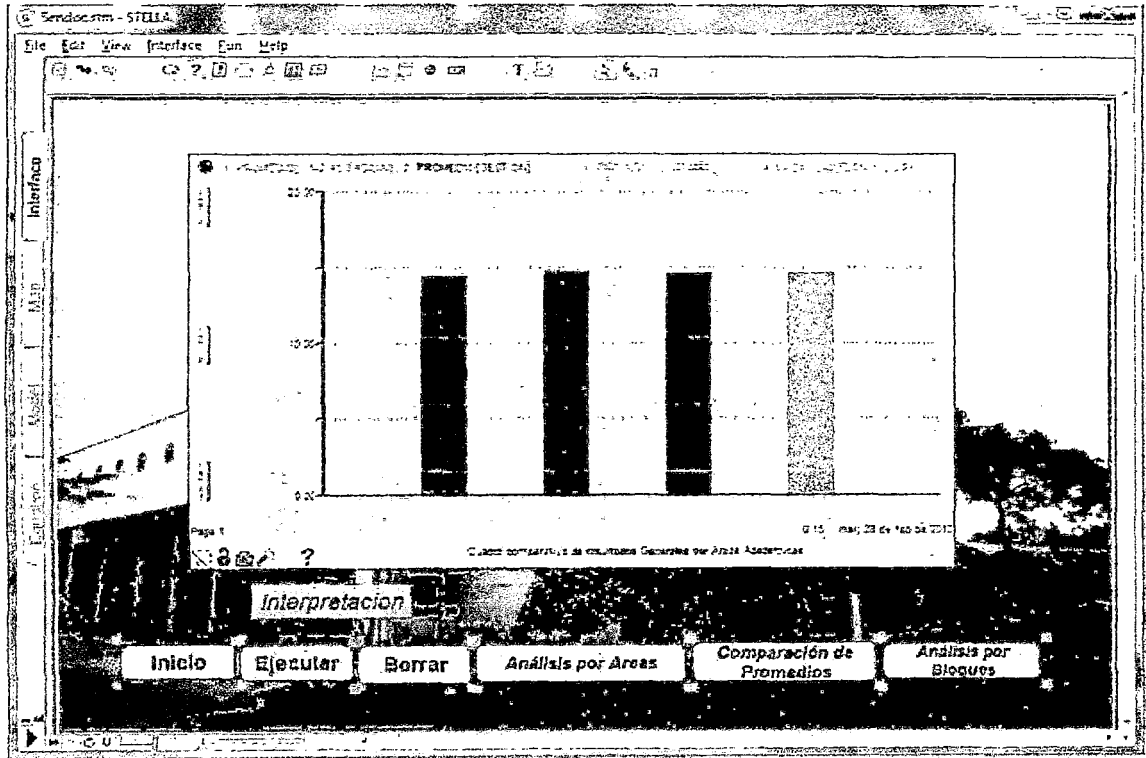
Se identifica en forma específica el Sistema de referencia: Sistema Real donde se realiza la implementación del modelo dinámico de Encuesta Docente

Según la Estructura funcional de la FIIS, los docentes están asignados a las siguientes áreas: Ciencias Básicas

(CB), Sistemas y Telemática, Gestión de la Producción y Tecnología.

En la figura 13, se ilustra un cuadro comparativo de los promedios de encuesta docente por área respectiva donde dispone de 4 alternativas para analizar su resultado en cada área respectiva. Ud. puede elegir la opción deseada. En particular seleccionemos la Primera opción, mostrando las diferentes categorías a las que pertenecen los docentes.

Figura 1 3. Dispone de alternativas para ejecutar el modelo



Fuente: Elaboración Propia 2012

En la figura 14, se ilustra la proyección o simulación del de resultados de la encuesta docente por áreas Al realizar el análisis de resultados (Figura 15) en el área de Ciencias básicas de docentes jefes de prácticas y se observa que los resultados en el tiempo será menor a la actual, por lo que las autoridades deberán tomar decisiones de capacitar a los docentes, adquirir nueva bibliografía, tecnología, etc.

Proceso análogo para las áreas involucradas en el modelo.

Eligiendo la opción comparación por Categorías, se obtiene el cuadro comparativo de docentes en cada

área, resultando que los resultados son optimistas, pues se observa un incremento en los resultados de sus encuestas por ciclo.

En la figura 16, se dispone de alternativas para obtener resultados de las encuestas docentes y hacer consultas por categorías en cada área académica, comparación a nivel de Facultad y otros.

Así, puede continuar con el resto de opciones por categoría de docentes en particular en la Figura 17, se ilustra un cuadro comparativo de la encuesta por bloques.

Para finalizar con la demostración del modelo y la simulación, se usa la última opción del menú principal (Análisis por Bloques), datos obtenidos del formulario de Encuesta Docente que se define mediante 4 bloques: Conocimiento, Didáctica, responsabilidad y otros.

los alumnos en su calidad de evaluadores, los otros rubros son calificados con menores notas debido que las sanciones son muy leves cuando: No entrega noas a su debido tiempo, falta y tardanza a clases, entre otros.

En el análisis, se concluye que en el rubro de **Conocimientos** es el indicador más importante para

Semestres	FROM ASXCIO[CIENCI]	FROM ASXCIO[GESTIO]	FROM ASXCIO[SISTEM]
1	14.98	14.52	15.24
2	13.47	14.72	15.23
3	14.22	14.37	15.24
Final	15.05	13.95	15.55

Figura 14. Resultados de Simulación por ciclo

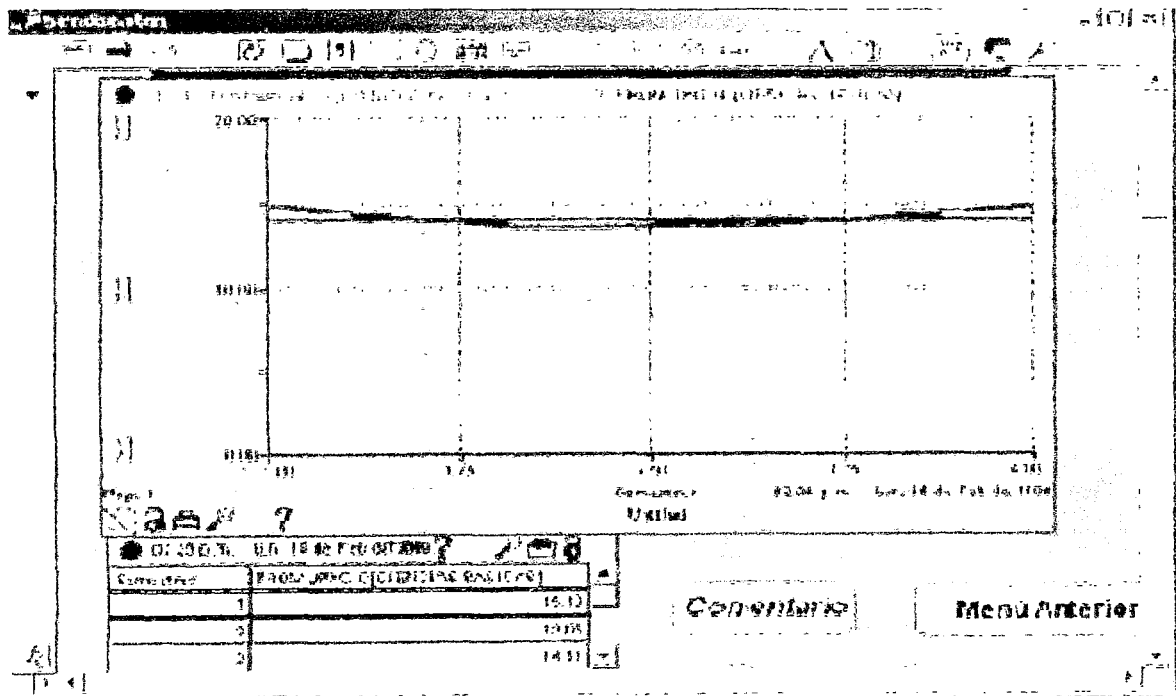
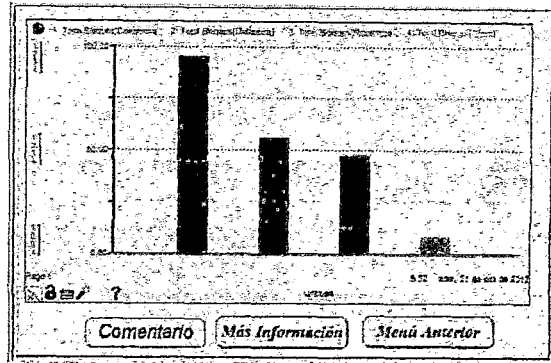


Figura 15. Expresa la evolución de conocimientos del Jefe de Práctica
Fuente: Elaboración Propia 2012

Figura 16. Dispone de alternativas promedios generales



Figura 17. Dispone Bloques comparativos



Fuente: Elaboración Propia 2012

9 DISEÑAR EL SISTEMA DE INFORMACIÓN USANDO TECNOLOGÍA DE INFORMACIÓN.

Los resultados obtenidos en las tablas Stella, serán utilizados para formar parte de las consultas desde el sistema de información, para lo cual se debe seguir los procedimientos siguientes:

9.1.- Exportación de Datos de Stella a hoja de Cálculo Excel.- Es una técnica de exportar los datos simulado en Stella a una hoja de cálculo Excel (figuras 18 y 19), el archivo debe grabarse con extensión CSV.

Figura 18. Usando Stella para generar datos

Semestres	ACUMULADO	ACUMULADO	ENT 231110	Brocas Q23	ENT 231110
1	0.00	0.00	1.11	19.00	
2	1.73	1.80	1.11	19.00	
3	7.93	8.14	0.00	19.00	
Fin	13.09	13.43		19.00	

Figura 19. En Excel Data disponible para exportar a una BD

	A	B	C	D	E
1	Semestres	ACUMULADO	ACUMULADO	ENT 231110	Brocas Q23
2		0.00	0.00	1.11	19.00
3		1.73	1.80	1.11	19.00
4		7.93	8.14	0.00	19.00
5	Fin	13.09	13.43		19.00

Fuente: Elaboración Propia 2012

9.2.- Importar Datos de hoja de cálculo Excel a SQL.- En particular, se debe crear la base de datos en Microsoft SQL (figura 20).

Luego se realiza el proceso de exportación/importación al finalizar, se obtiene el resultado deseado. Pero cabe observar que los datos están en modo texto, por la cual se debe almacenar en

un SGBD y luego en modo dinámico se dispondría para interactuar mediante lenguajes en entorno visual, en la figura 21 se lustra resultados simulados dentro del entorno de base de datos

Figura 20. Base de Datos en SQL

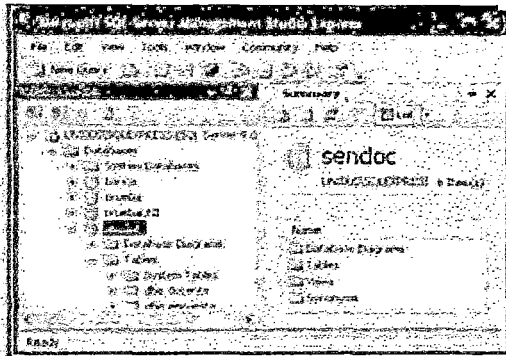


Figura 21. Tabla en SQL que almacena datos provenientes de excel

id_documento	id_usuario	id_documento	id_documento	id_documento	id_documento	id_documento
1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10

Fuente: Elaboración Propia 2012

9.3.- Diseño del Sistema Informático.- Para esta fase se utilizará el IDE NetBeans, que soporta las aplicaciones en plataforma Web y de tipo Intranet (escritorio).

datos de los usuarios, donde cada usuario tiene asignado una clave y un usuario y una clave, las cuales están almacenadas en una tabla dentro de la base de datos SENDOC. Primero debe mostrar el sistema de validación de ingreso al sistema.

Para diseñar nuestra aplicación se debe iniciar con el diseño del formulario de validación (figura 22) de

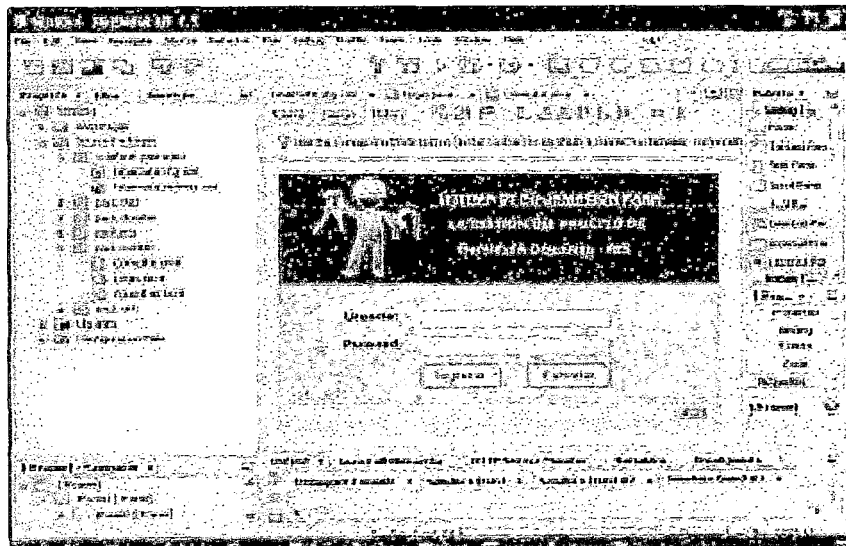


Figura 22. Ilustra Diseño del SIG usando netbeans

9.4.-Consultas.- Una vez identificado el usuario por el sistema, se puede iniciar con el proceso de consultas.

Reporte de promedios totales por ciclo y categoría. Proceso que permite conocer las proyecciones de promedios por ciclo y su categoría respectiva. Figura 23

Reporte de promedio acumulado por área Proceso que permite conocer las proyecciones de promedios de docentes adscritos a las áreas académicas en cada ciclo y su categoría respectiva según figura 24.

Figura 23. Ilustra promedios por ciclo de docentes

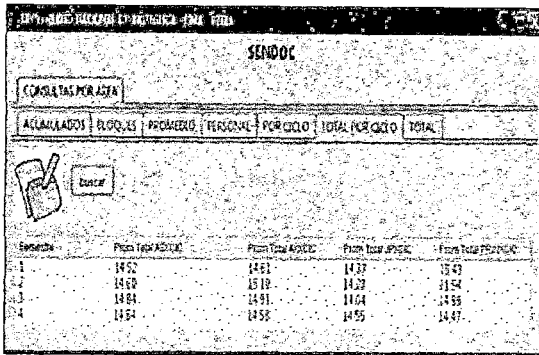


Figura 24. Ilustra datos d encuesta por áreas.

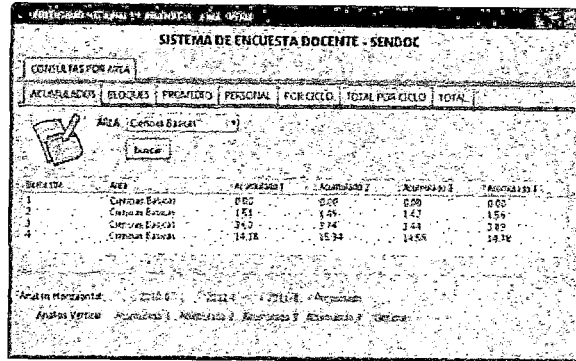


Figura 25. Análisis de resultados forma horizontal

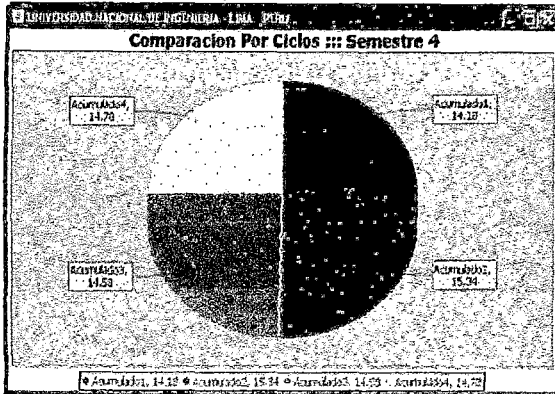
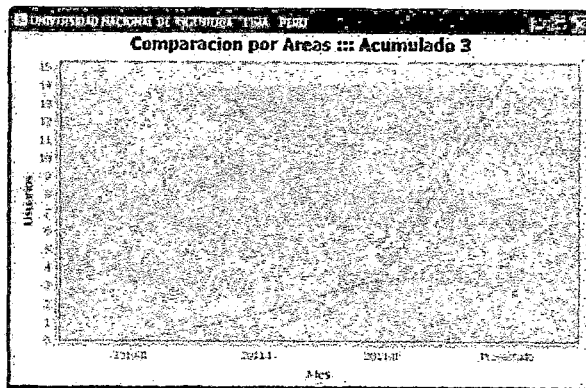


Figura 26. Análisis de resultados forma vertical



Fuente: Elaboración Propia 2012

10 CONCLUSIONES

Según, en el intervalo de simulación definido, el grado de conocimientos es un factor más resaltante e interesante para los estudiantes de la FIIS, especialmente en docentes con dedicación a tiempo completo, sin embargo no se debe descuidar la capacitación en las diferentes líneas de conocimiento, en especial en informática debido a los cambios constantes de tecnología. Se usa el Gestor de Base de Datos SQL y el IDE NetBeans como técnicas para diseñar el sistema informático y que permita a la Gerencia hacer consultas en tiempo real, es decir, ante un cambio de datos en el Modelo Dinámico, estos se actualizan inmediatamente en la Base de datos, de esta forma permite hacer uso de la información de forma más interactiva y flexible

11 BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

1. Martín García, Juan (2004). Sysware ISBN 84-609-2462-9
2. Senge, P. (2000) La danza del cambio. Ed. Gestión 2000. Madrid.
3. Córdova Neri, t. – Rivera Crisóstomo R, (2006) Sistemas Dinámicos Ed. UTP Lima Perú

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

1. Aracil, J. (1992) Introducción a la Dinámica de Sistemas. Ed. Alianza editorial AU. Textos. Madrid
2. Bertalanffy L.W. (1968) Teoría general de los sistemas. Ed. Fondo de cultura México

3. Bertalanffy L.W. (1981) Tendencias de la Teoría General de Sistemas. Alianza Editorial. Madrid 4.
- Forrester, J. W. (1969). Urban Dynamics. Norwalk, CT: Productivity Press.
4. Forrester, J. W. (1971). Principles of Systems. Norwalk, CT: Productivity Press.
5. Martínez Vicente J. Et al. (1979) La simulación dinámica aplicada a la ordenación de recursos, un modelo a dos niveles. Agricultura y sociedad 1979. Madrid.

12 AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación fue realizado gracias al apoyo de las autoridades de la universidad, motivo por el cual nos permitan expresar nuestro profundo agradecimiento a:

Dr. Aurelio Padilla Ríos, Rector de la Universidad Nacional de Ingeniería quien confió plenamente en nuestro tema de investigación y por la decisión ejecutiva de los procesos logísticos de nuestro viaje en calidad de ponentes en el mago evento a realizarse en nuestra ponencia en el hermano país de Argentina.

A las autoridades y docentes de la Facultad de Ingeniería Industrial y de sistemas (FIIS) –UNI:

Sr. Ing. Luis Acuña Pinaud, Decano.

Sr. Ing. Carlos Chafloque Elías, secretario académico. y a muchos colegas por sus sugerencias, tales como: Dr. Jose Portillo C, Mgs Ricardo Rodríguez U. Mgs. Cesar Miranda T.

A los organizadores de del X Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas 2012 Sres. Maimbil, Edgard Hernán; Romera, Nahuel; Scola, Flavia. un agradecimiento especial porque fueron ellos quienes dedicaron su tiempo y absolvieron nuestras consultas técnicas y de gestión respecto al evento A las autoridades de la Universidad de Ciencias y Humanidades (UCH).

Sr. Ing. Jorge del Carpio Salinas, decano de la facultad de Ciencias Ingeniería

Srs. Ing. Julio Vásquez P. Liberiano Andrade A. Coordinadores. por permitir desarrollar la cátedra de Simulación basado en Dinámica de Sistemas como asignatura de su plan curricular.

CERTIFICADO

MODELIZACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO MEDIANTE REDES NEURONALES ARTIFICIALES

Cuyos autores son:

Francisco García Fernández, Luis Leoncio Acuña Pinaud , Pedro Celino Espinoza Haro, Ana Victoria Torre Carrillo, Isabel Moromi Nakata

Ha sido presentado en el 13^{er} Congreso Internacional en Ciencia y Tecnología de Metalurgia y Materiales, realizado en la ciudad de Puerto Iguazú, Argentina del 20 al 23 de Agosto de 2013.

FEDATARIO

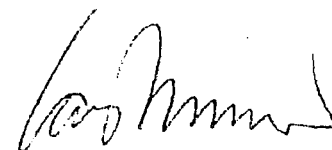
Ley N° 27444

Es copia fiel del original que tuve a la vista

Fecha **14 MAR 2014**



Oswaldo G. Amaya Mostacero



Dr. Carlos Enrique Schvezov
Presidente Comisión Organizadora
XIII SAM-CONAMET, Iguazú 2013

MODELIZACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO MEDIANTE REDES NEURONALES ARTIFICIALES

Francisco García Fernández⁽¹⁾, Luis Leoncio Acuña Pinaud⁽²⁾, Pedro Celino Espinoza Haro⁽²⁾, Ana Victoria Torre Carrillo⁽³⁾, Isabel Moromi Nakata⁽³⁾

⁽¹⁾Departamento de Ingeniería Forestal. Universidad Politécnica de Madrid. Ciudad Universitaria S/N; 28040 Madrid. España

⁽²⁾Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Universidad Nacional de Ingeniería. Av. Tupac Amaru 210. Lima 25. Perú

⁽³⁾Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería. Av. Tupac Amaru 210. Lima 25. Perú
Correo Electrónico (autor de contacto): francisco.garcia@upm.es

Palabras claves: Concreto, Resistencia a Compresión, Redes Neuronales Artificiales

RESUMEN

El uso del concreto como elemento estructural va aumentando año tras año. Sin embargo, este producto requiere de unos estrictos controles de calidad sobre sus propiedades mecánicas de cara a usarlo como elemento estructural.

Este tipo de control implica la existencia en fábrica de equipos de ensayo de grandes dimensiones y con una capacidad de carga de hasta 3.000KN. Sería de gran utilidad para el control de producción la utilización de un método alternativo de gran fiabilidad, que permitiera conocer las propiedades mecánicas a partir de otras propiedades físicas y mecánicas más fáciles de obtener.

La alta capacidad de las redes neuronales artificiales (ANN) para modelar los más diversos procesos industriales, las convierte en una herramienta de gran utilidad en el ámbito de la industria del concreto. En este estudio se ha desarrollado una red neuronal para obtener las propiedades de resistencia a compresión y se ha modelizado dicha propiedad a partir de la composición del concreto y de sus parámetros de fabricación.

La red neuronal diseñada, un perceptrón multicapa, ha permitido obtener la resistencia a compresión del concreto con un coeficiente de correlación de 0,97. Esto demuestra la capacidad de las redes neuronales artificiales para obtener la resistencia a compresión del concreto.

Keywords: Concrete, Compression Strength, Artificial Neural Networks.

ABSTRACT

The use of concrete as a structural element increases year by year. However, this product needs very stringent control of its mechanical properties in order to be used as structural element.

This type of control requires factories to have very large testing equipment with a load capacity of up to 3.000KN. Production control would benefit greatly from the use of a highly reliable alternative method that would enable the mechanical properties to be found through more easily obtained physical and mechanical properties.

The high capacity of artificial neural networks (ANN) to model a broad range of industrial processes makes them a very useful instrument in the concrete industry. In this study, one neural network was developed to obtain the properties of compressive strength. This property was then modeled through the composition of concrete and manufacturing parameters.

The network designed, a multilayer perceptron, allowed the compression strength to be obtained with a regression coefficient of 0,97. This demonstrates the effectiveness of ANN for obtaining the mechanical properties of compression strength of concrete.

1. INTRODUCCIÓN

El ensayo de compresión de concreto es uno de los más importantes a la hora de comprobar la aptitud de los bloques fabricados y un parámetro muy empleado por los ingenieros en el diseño de estructuras de concreto armado.

Las características y propiedades del concreto, como material compuesto, dependen de las proporciones y características de sus componentes. Existen diversos procedimientos para determinar las proporciones de estos componentes, en base a los módulos de finza de los agregados, el tamaño máximo de la piedra y los pesos específicos del cemento y los agregados. Aunque en la práctica la referencia para la estimación de la resistencia del concreto es la relación agua-cemento la influencia de los otros factores es innegable.

La resistencia a la compresión del concreto se calcula ensayando las probetas a distintas edades. Se obtienen así valores que se pueden modelizar gráficamente y que por regla general muestran que a los 7 días el concreto presenta una resistencia del 70-75% de su resistencia a los 28 días, considerando que a los 28 días se ha obtenido el 100% de su resistencia global.

Los resultados de las pruebas de resistencia a partir de cilindros moldeados se utilizan para fines de control de calidad, aceptación y/o rechazo del concreto, para estimar la resistencia del concreto de las estructuras, para programar las operaciones de construcción (desencofrados), etc. Por esta razón, es importante la obtención de modelos matemáticos que relacionen las características de los componentes del concreto con su resistencia a compresión permitiría agilizar el control en obra reduciendo considerablemente los tiempos de espera y aumentando la seguridad.

Las redes neuronales artificiales se pueden considerar como conjunto complejo de funciones no lineales (funciones de transferencia o neuronas) interconectadas entre si, capaces de autoajustarse a partir de unas variables de entrada y salida conocidas. Podríamos decir que son modelos de regresión múltiple en los que no se conoce el algoritmo o la expresión que permita alcanzar la solución, o éstos sean tan sumamente complicados que imposibiliten su utilización [1].

Las redes neuronales artificiales están compuestas de tres capas, una capa de entrada, una capa oculta y otra de salida. La capa de entrada es la que recibe los valores iniciales de las variables, la capa de salida muestra los resultados de la red a dicha entrada, y por último, la capa oculta es la que realiza las operaciones encaminadas a obtener una salida (Figura 1). El número de neuronas en la capa de entrada se corresponde con la dimensión del vector de los datos de entrada y el número de neuronas de la capa de salida se corresponde con la dimensión del vector salida. Sin embargo no hay una regla para decidir a priori cuantas neuronas deben componer la capa oculta o si ésta debe estar formada por más de una subcapa [2], por lo que la única forma de obtenerla es mediante un proceso de prueba-error.

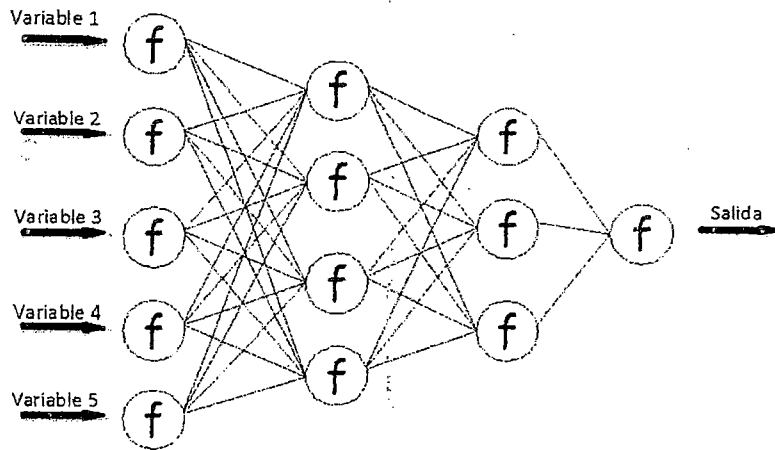


Figura 1. Esquema general de una red neuronal artificial

Estas redes se inspiran en las redes neuronales biológicas. Son capaces de aprender a partir de una serie de ejemplos, sin necesidad de conocer a priori las relaciones que pudieran existir entre las variables implicadas en el proceso. Durante el proceso de aprendizaje se van ajustando los pesos de las relaciones entre ellas, para posteriormente predecir un resultado coherente cuando se introducen nuevos desconocidos en la red.

Este método de análisis ha sido ampliamente utilizado en muy diversos campos, desde sistemas de guiado automático de aviones o automóviles, a sistemas de identificación de armamento o evolución de los mercados bursátiles [3,4]. En el campo de la resistencia de materiales se ha aplicado a muy diferentes propiedades y materiales. Así se ha utilizado para modelizar la resistencia de diferentes tipos de aleaciones [5-9], del basalto [10], de la madera y derivados [11-13] y por supuesto del concreto [14, 15].

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL / METODOLOGÍA

Para este estudio se han utilizado 409 bloques cilíndricos de concreto procedentes de ocho empresas diferentes. Los bloques cilíndricos se prepararon y curaron de acuerdo a la norma ASTM C 192/C 192M [16]. El ensayo a compresión axial se realizó según la norma ASTM C39/C 39M [17] después de diferentes periodos de curado.

Para la realización de los ensayos se utilizó una máquina de compresión axial TONI-TECHNIK provista de cuna célula de 3.000KN y TINIUS OLSEN DE 1.500KN. De todas las probetas se tomaron datos de cantidad de cemento, cantidad de agua, módulo de finura de la arena, módulo de finura de la piedra, TNM, densidad de la arena, densidad de la piedra, PE de la arena, PE de la piedra, así como el tipo de cemento con el que estaba fabricada, periodo de curado y resistencia a la compresión.

- **Cemento:** Es el material encargado de aglomerar a todos los demás materiales que componen el concreto y que en contacto con el agua provoca las reacciones químicas que en el tiempo aportaran resistencia al concreto. De acuerdo a la norma ASTM C150 [18] los cementos pueden ser de diferentes tipos desde el tipo I hasta el tipo V. El utilizado en la investigación fue el tipo I (uso general).
- **Agua:** El agua permitirá la hidratación del cemento además de brindar la trabajabilidad necesaria en la mezcla (Slump o asentamiento). Un exceso de agua puede afectar negativamente a la resistencia así como a la durabilidad del concreto. Para nuestra investigación el agua utilizada fue agua potable que cumplió todos los requisitos.
- **Módulo de finura:** Es un Coeficiente que permite detectar variaciones en la granulometría que podrían afectar el diseño de la mezcla.

- **TNM piedra:** El tamaño máximo nominal se define como el diámetro correspondiente al tamiz anterior en el cual quedan retenidos entre el 5-15% del material tamizado. Infiuye en la cantidad de agua que se va a utilizar en la mezcla. Tamaños mayores de piedra requieren menores contenidos de agua en la mezcla.
- **Arena:** La cantidad de arena que se va a utilizar en la mezcla se define de acuerdo a las propiedades de ésta, tales como: Granulometría, peso específico, contenido de material más fino que la malla 200 e impurezas orgánicas. Arenas más finas demandaran mayores contenidos de agua en la mezcla.
- **Piedra:** Las piedras para uso en concreto se pueden ver afectadas por la forma (redondeada, angular), textura (lisa o rugosa). La cantidad de piedra dependerá del módulo de fineza de la combinación arena, piedra que se desee obtener.
- **Densidad de los agregados:** Es el peso por unidad de volumen, y se mide en kg/m^3 , es numéricamente igual a la gravedad específica. En nuestro País estos valores están en el rango de 2500 a 2800 kg/m^3 .
- **Edad de ensayo:** Este parámetro es uno de los más importantes debido a que el concreto es capaz de desarrollar resistencias durante 28 días. En nuestra investigación se tomaron rangos de edad de ensayo entre 3 y 28 días.
- **Curado:** Luego de la elaboración de los cilindros de concreto se debe garantizar que las probetas tengan un curado óptimo. A este fin las probetas se sumergieron completamente en pozas de agua durante todo el proceso.

La caracterización de la red neuronal artificial se basa en la definición del tipo de red y funciones de transferencia.

Para la red se ha utilizado un perceptrón multicapa hacia delante entrenado mediante el algoritmo de retropropagación, este tipo es uno de los más comúnmente utilizados en toda la literatura consultada.

Como función de transferencia se ha utilizado una variante de la tangente hiperbólica, la tangente hiperbólica sigmoidea la cual obtiene la salida mucho más rápido y es matemáticamente equivalente, lo que mejora el funcionamiento de la red [4].

$$f(x) = \frac{2}{1 + e^{(-2x)}} - 1$$

$f(x)$: Valor de salida de la neurona
 x : Valor de entrada de la neurona

Debido a que los valores de salida de la función de transferencia están en el intervalo (-1, 1) se procedió a una transformación y depuración de los datos mediante las funciones *mapstd* y *processpca* de MATLAB. La primera es una transformación que aplica los datos en forma afín y biunívoca al intervalo [0,1] y la segunda hace el análisis de componentes principales de forma que elimina los valores irrelevantes del conjunto de datos.

El método de entrenamiento de la red se ha realizado mediante aprendizaje supervisado basado en técnicas de minimización local de funciones de varias variables [1-3]. A tal efecto, los resultados han sido divididos en tres grupos elegidos aleatoriamente y sin repetición; el de entrenamiento (254 datos, 62% del total), el de validación (73 datos, 18% del total) y el de comprobación (82 datos, 20% del total) porcentaje muy similar al utilizado por García Fernández et al. [13] en su estudio. Para el entrenamiento se ha utilizado el algoritmo de retropropagación resilente, el cual mejora los resultados del aprendizaje para el caso de funciones de transferencia sigmoidea (Demuth et al, 2002)[4].

Para evaluar los resultados se van a utilizar los coeficientes de determinación (R), coeficientes de correlación (R^2) y los porcentajes medios de error ($E\%$) entre los valores experimentales y los simulados por la red.

Por último, para los datos del conjunto de comprobación, se va a realizar un análisis de varianza y un análisis *LSD* entre los datos de los conjuntos experimental y simulado por la red a fin de detectar la existencia de diferencias significativas entre ambos.

Para el desarrollo de la red neuronal artificial se ha utilizado la utilidad Neural Network Toolbox® ver. 5.1, para el estudio estadístico se ha utilizado la utilidad StatisticToolbox ver. 6.1, ambas pertenecientes al programa MATLAB® 2007 de la empresa The Mathworks Inc.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La arquitectura obtenida consta de dos subcapas ocultas de 10 y 4 neuronas cada una (Figura 2). Esta estructura nos permite afirmar que la red está determinada matemáticamente [19], ya que el número de datos utilizados para el entrenamiento de la red (254 datos) es superior al necesario para determinarla matemáticamente (165 datos).

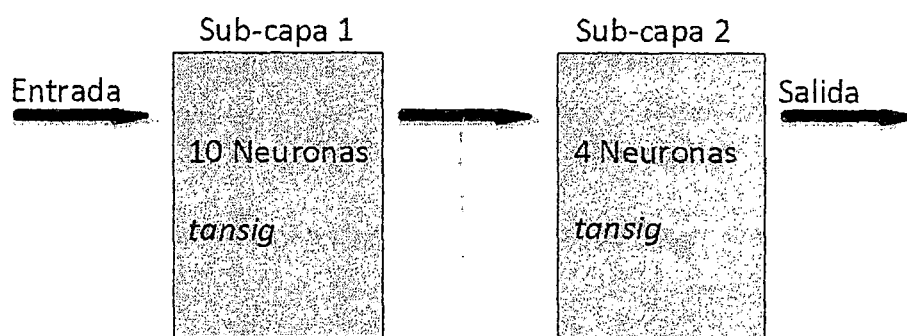


Figura 2. Esquema de la red neuronal desarrollada.

Los resultados obtenidos durante el proceso de generación de la red se recogen en la siguiente tabla (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados del proceso de generación de la red neuronal artificial.

Proceso	Ecuación	R	R^2	Error medio (%)
Entrenamiento	$Y = 0,93 \cdot X + 16$	0,97	0,95	6,17
Validación	$Y = 0,92 \cdot X + 18$	0,93	0,86	9,05
Comprobación	$Y = 0,95 \cdot X + 29$	0,93	0,86	11,55

Las siguientes figuras (Figuras 3-5) muestran los gráficos de correlación para los conjuntos de entrenamiento, validación y comprobación.

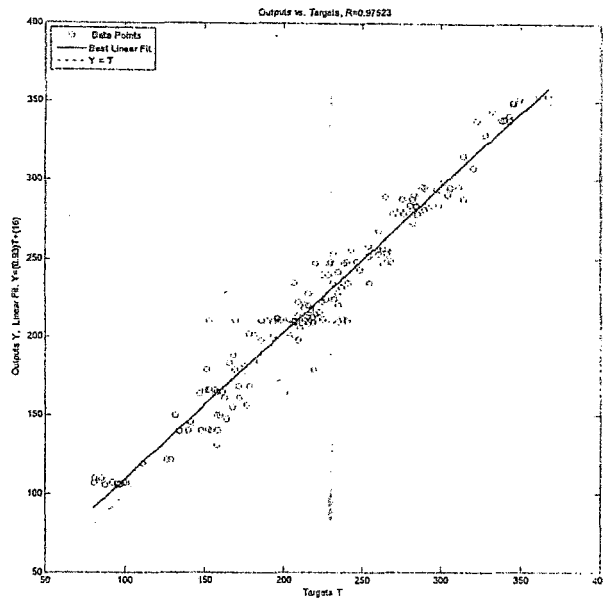


Figura 3. Correlación para el conjunto de entrenamiento.

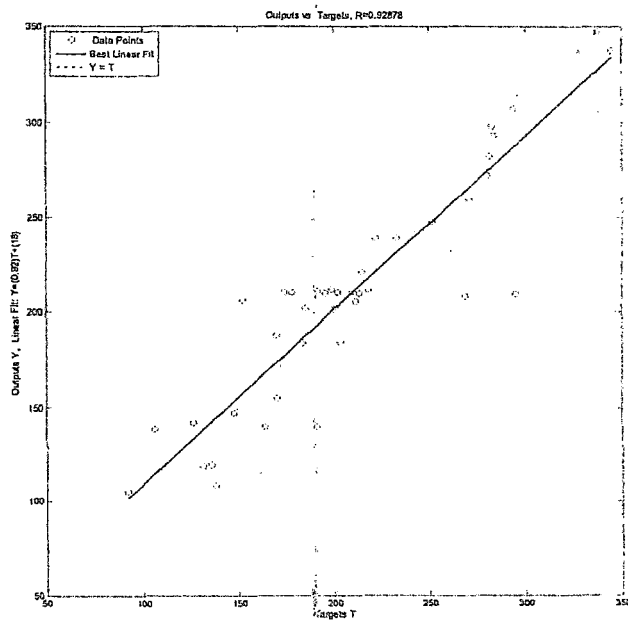


Figura 4. Correlación para el conjunto de validación.

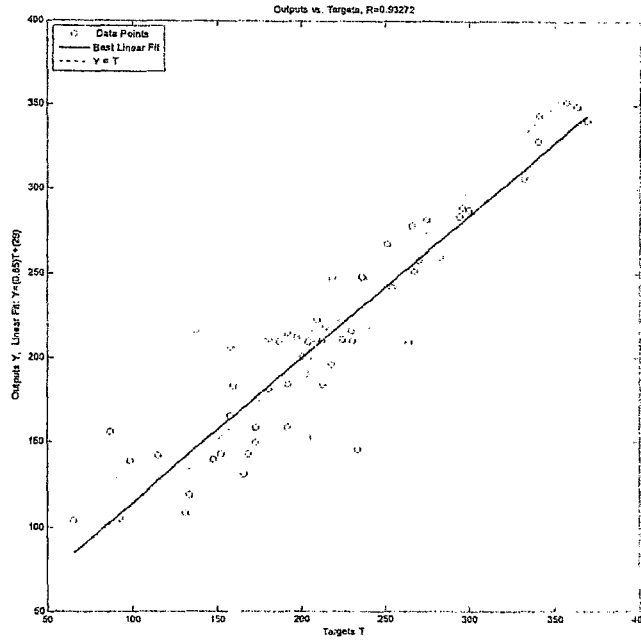


Figura 5. Correlación para el conjunto de comprobación.

El coeficiente de determinación obtenido para el conjunto de comprobación nos indica que el modelo desarrollado es capaz de explicar al menos el 86% de la variabilidad de las muestras.

Tabla 2. Análisis de varianza sobre el conjunto de comprobación.

Fuente	SS	g.l.	MS	F	Prob> F
Columnas	290,1	1	290,13	0,06	0,8017
Error	512951,9	112	4579,93		
Total	513242	113			

Dado que el *p-valor* es superior a 0,05 se puede afirmar que no existen diferencias significativas para el grupo de comprobación entre los valores simulados y los experimentales.

La siguiente figura (Figura 6) muestra el gráfico *LSD* para el conjunto de comprobación.

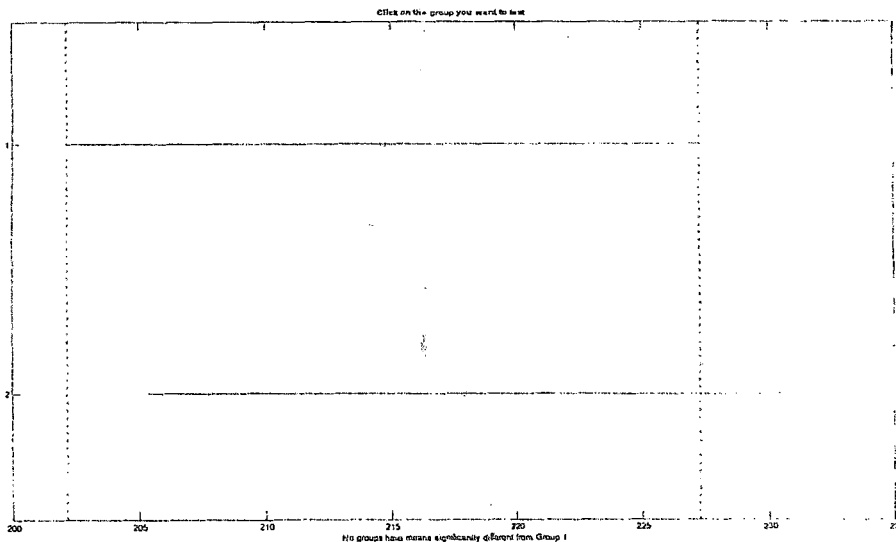


Figura 6. Gráfico *LSD* para los datos del conjunto de comprobación.

La figura 6 muestra la no existencia de diferencias significativas para entre los datos experimentales y simulados para el conjunto de comprobación con un nivel de confianza del 95%.

Los coeficientes de correlación obtenidos durante el proceso de entrenamiento ($R=0,98$), validación ($R=0,93$) y comprobación ($R=0,93$) son similares a los obtenidos por otros autores. En la literatura consultada se encuentran coeficientes de correlación que oscilan entre 0,81 y 0,98 [15, 20-23].

Los errores medios obtenidos, 6,17% en entrenamiento, 9,05% en validación y 11,55% en entrenamiento son similares a los obtenidos por Ukrainczyk y Ukrainczyk [23], los cuales obtuvieron errores entre 9,29% y 16,67%.

Por otro lado, estos resultados se encuentran dentro de los márgenes obtenidos por otros autores al aplicar las redes neuronales artificiales a la caracterización de otros materiales. García Fernández et al, [12] obtuvieron coeficientes de correlación en el conjunto de comprobación de 0,87 para la modelización de la resistencia del tablero de partículas P2, García Fernández et al, [13] obtuvieron coeficientes de correlación en el conjunto de comprobación de 0,81 a 0,87 para la modelización de la resistencia a flexión del tablero contrachapado estructural. Malinov et al, [6] obtuvieron correlaciones entre 0,60 y 0,97 en su modelización de las propiedades mecánicas de las aleaciones de titanio. Mc Bride et al, [24] obtuvieron coeficientes de correlación entre 0,94 y 0,97 en la modelización de las propiedades mecánicas de aleaciones de aluminio.

Por lo tanto, los resultados obtenidos se encuentran dentro de los márgenes obtenidos por otros autores, tanto en el campo del concreto como de otros materiales, y por consiguiente podemos dar como aceptable la red neuronal artificial conseguida.

4. CONCLUSIONES

Las redes neuronales artificiales se han mostrado como una herramienta potente para la modelización del ensayo de resistencia a compresión del concreto con una alta fiabilidad.

Se ha ampliado el campo de utilización de estas técnicas en la ingeniería civil, introduciendo una potente herramienta de mejora en el control de producción de los bloques prefabricados de concreto y abriendo una vía de mejora de la competitividad de las empresas fabricantes.

REFERENCIAS

1. M.L. Perez Delgado, Q. Martin Martin, "Aplicaciones de las redes neuronales a la estadística. Cuadernos de Estadística"; 1993, Ed. La Muralla, S.A.
2. P. Isasi Viñuela, I.M. Galvan Leon, "Redes Neuronales Artificiales, un enfoque práctico"; 2004, Pearson Educación, S.A.
3. M.T. Hagan, H.B. Demuth, M. Beale, "Neural Network Design"; 1995, PWS Pub. Co.; 1st edition.
4. H. Demuth, M. Beale, M. Hagan, "Neural Network Toolbox User's guide, version 4"; 1996, The Mathworks Inc.
5. A. Mukherjee, S. Schmauder, M. Rühle, M, "Artificial neural networks for the prediction of mechanical behaviour of metal matrix composites"; Acta Metallurgica Materialia. 43-11 (1995), p. 4083-4091.
6. S. Malinov, W. Sha, J.J. McKeown, "Modelling the correlation between processing parameters and properties in titanium alloys using artificial neural networks"; Computational Materials Science, 21 (2001), p. 375-394.
7. A.M. Hassan, A. Alrashdan, M.T. Hayajneh, A.T. Mayyas, "Prediction of density, porosity and hardness in aluminium-cooper-based composite materials using artificial neural network"; Journal of Materials Processing Technology 209 (2009), p. 894-899.

8. M.S. Ozerdem, S. Kolukisa, "Artificial neural network approach to predict the mechanical properties of Cu-Sn-Pb-Zn-Ni cast alloys"; *Materials and Design* 30 (2009), p. 764-769.
9. N.S. Reddy, J. Krishnaiah, S.G. Hong, J.S. Lee, "Modeling medium carbon steels by using artificial neural networks"; *Materials Science and Engineering A*. 508 (2009), p. 93-105.
10. H. Çanakcı, M. Pala, "Tensile strength of basalt from a neural network"; *Engineering Geology*, 94 (2007), p. 10-18.
11. D.F. Cook, C.C. Chiu, "Predicting the internal bond strength of particleboard, utilizing a radial basis function neural network"; *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 10-2 (1997), p.171-177.
12. F. García Fernández, L.G. Esteban, P. de Palacios, N. Navarro, M. Conde, "Prediction of standard particleboard mechanical properties utilizing an artificial neural network and subsequent comparison with a multivariate regression model"; *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 17-2 (2008), p. 178-187.
13. F. García Fernández, P. de Palacios, L. García Esteban, A. García-Iruela, B. González Rodrigo, E. Menasalvas, "Prediction of MOR and MOE of structural plywood board using an artificial neural network and comparison with a multivariate regression model"; *Composites: Part B*. 43 (2012), pp 3528-3533.
14. C. Başıyigit, I. Akkurt, S. Kilincarslan, A. Beycioglu, "Prediction of compressive strength Of heavyweight concrete by ANN and FL models"; *Neural Computing and Applications*, 19 (2010), p.507-513.
15. H. Yaprak, A. Karaci, I. Demir, " Prediction of the effect of varying cure conditions and w/c ratio on the compressive strength of concrete using artificial neural networks"; *Neural Computing and Applications* 22 (2013), p. 133-141.
16. ASTM C 192/C 192M, "Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory"; 2000, The American Society for Testing Materials.
17. ASTM C 39/C 39M, "Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens"; 2001, The American Society for Testing Materials.
18. ASTM C 150, "Standard Specification for Portland Cement"; 2002, The American Society for Testing Materials.
19. W. Sha, "Comment on the issues of statistical modelling with particular reference to the use of artificial neural networks"; *Applied Catalysis A: General* 324 (2007), p. 87-89.
20. I.C. Yeh, "Modeling of strength of HPC using ANN"; *Journal of Cement and Concrete Research* 28-12 (1998), p. 1797-1808.
21. S.C. Lee, "Prediction of concrete strength using artificial neural networks"; *Journal of Engineering Structure* 25 (2003), p. 849-857.
22. A. Oztas, M. Pala, E. Ozbay, E. Kanka, N. Caglar, M.A. Bhatti, "Predicting the compressive strength and slump of high strength concrete using neural network"; *Construction and Building Materials* 20-9 (2006), p. 769-775.
23. N. Ukrainczyk, V. Ukrainczyk, "A neural network method for analysing concrete durability". *Magazine of Concrete Research*. 60-7 (2008), p. 475-486.
24. J. McBride, S. Malinov, W. Sha, "Modelling tensile properties of gamma-based titanium aluminides using artificial neural network"; *Material Science and Engineering A.*, 384 (2004), p. 129-137.

Recuerde: cuando envíe el manuscrito completo no olvide denominar el archivo con el nombre y número asignado por el Comité Evaluador, esto es, Tópico + C (para participar del

Congreso) o Tópico + S (S para participar del Simposio) + Número asignado + Iniciales de los nombres + Apellido y en el caso de enviar más de un trabajo, colocar el número entre paréntesis) + Trabajo.

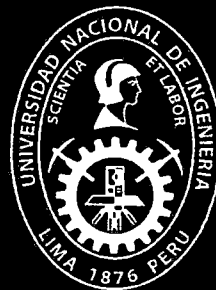
Por ejemplo:

Trabajos para el Congreso: T6C.10_N.S. Zadorozne (2)_Memorias

Trabajos para el Simposio: T8S.3_M.E. Vallejos (3)_Memorias

Año 1 N° 1 Octubre 2013

INDUSTRIA, SOCIEDAD Y SISTEMAS



Revista del Instituto de Investigación Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas Universidad Nacional de Ingeniería



"La mejor manera de prepararnos para el futuro es concentrar toda nuestra imaginación y entusiasmo en la ejecución perfecta del trabajo de hoy"

Dale Carnegie

- *Producción flexible*
- *Estrategia sociológica*
- *Parallel Machine Scheduling*
- *Tecnología en turismo receptivo*
- *Modelos predictivos en el mercado bursátil*
- *Modelos para la gestión de requisitos*

DIRECTORIO

INDUSTRIA, SOCIEDAD Y SISTEMAS

Revista del Instituto de Investigación
Facultad de Ingeniería Industrial y
de Sistemas
Universidad Nacional de Ingeniería

Año 1 N° 01
Octubre 2013

Oficina de Redacción
Av. Túpac Amaru N° 210, Rimac
Lima 25 - PERÚ

Decano FIIS-UNI
Mg. Luis Acuña Pinaud

DIRECTORA
Ing. Doris Rojas Mendoza, MBA

COMITÉ EDITORIAL
Dr. Gonzalo García Nuñez
Dr. Pedro Espinoza Haro
Ing. Ricardo Rodríguez Ulloa, MSc

COLABORADOR
Dr. David Mauricio Villanueva

E-mail: ii_fiis@uni.edu.pe
<http://www.fiis.uni.edu.pe/>

Corrector lingüístico:
Sr. Rubén Yaranga

Diagramación:
Sra. Nylda Ataucuri García

Impresión:
KG-Papeles Graficos S.A.C.
Jr. Ica 431 - Lima

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca
Nacional del Perú: N° 2013-15964

Se prohíbe la reproducción por cualquier medio
sin autorización previa por escrito del Comité
Editorial. Los artículos firmados son de exclusiva
responsabilidad de sus autores.

ÍNDICE

2

Editorial

3

Producción flexible en la industria
peruana de manufactura

Mg. Ing. Leoncio Luis Acuña Pinaud



10

Estrategia socioecológica basada en células de
monitorización ambiental para el
desarrollo regional sostenible
del país

Dra. Luisa Llanccce Mondragón



17

Parallel Machine Scheduling:
Una revisión de métodos

Mg. Ing. Juan Carlos Sotelo Villena



27

Estudio de la usabilidad de la tecnología de internet
en el turismo receptivo en
Lima-Perú

Dra. Mery Noemi Morales Cuellar



37

Revisión de modelos predictivos del valor real de las
acciones en el mercado bursátil
basados en el análisis fundamental

Ing. Pedro Rodrigo Muñoz del Río



52

Revisión de modelos y normas para la gestión y
desarrollo de requisitos en el
proceso de desarrollo de software

Ing. Ysabel Rojas Solís, MBA



60

Tesis de grado sustentadas en los años 2011-2012

Producción flexible

en la industria peruana de manufactura



Mg. Ing. Leoncio Luis Acuña Pinaud

Candidato a Doctor en Ciencias con mención en Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Universidad Nacional de Ingeniería (FIIS-UNI), Lima-Perú; con grado de Maestro en Ciencias con mención en Ingeniería de Sistemas FIIS-UNI; Ingeniero Industrial - UNI; Especialista en Producción Flexible y en Estadística Aplicada. Profesor Principal de la FIIS-UNI.



Producción flexible en la industria peruana de manufactura

Mg. Ing. Leoncio Luis Acuña Pinaud

lacuna@uni.edu.pe

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo el diseño de un sistema de producción flexible de productos manufacturados para un mercado globalizado a partir del enfoque de sistemas y según las características identificadas de las experiencias obtenidas de las empresas. Las alternativas tecnológicas que se presentan para los productos de manufactura metalmecánica contribuyen a la exigencia de los certificados de calidad que el mercado globalizado demanda. A partir del trabajo de campo realizado, la propuesta que representa la mejor alternativa técnica es el sistema de producción flexible en las empresas medianas, de tipo distribución en línea, basado en la única línea de transferencia alrededor de la cual se sitúan las estaciones de trabajo tipo I. La investigación concluye en que se aplique a las empresas con características similares a las estudiadas en el presente trabajo.

Palabras clave: Producción flexible, CNC.

ABSTRACT

The present research works intended design a Flexible Production System of manufactured products to global market from the systems approach and the characteristics identified in the experiences of companies. The technological alternatives presented for metal working manufacturing products contributes the requirement of quality certificates globalized market demand. From field work, the proposal that represents the best technical alternative is Production System Flexible in medium, type on line delivery, from single transfer line around which lie the work stations type I. The research concludes that applies to companies with characteristics similar to those studied in the present work.

Key words: Flexible Production, CNC.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los empresarios del sector manufactura han mostrado una mayor dinámica en la fabricación de sus productos, muchos de los cuales se venden en el Perú y en los mercados regionales de los países vecinos.

Los empresarios peruanos del sector aprovechan las recientes rebajas arancelarias para que importen máquinas y así puedan aumentar su nivel de producción; además de acortar la brecha tecnológica que existe entre el Perú y otros países.

Los empresarios del sector manufactura deben emplear las 5S del principio empresarial japonés, que promueven el ordenamiento del taller de fabricación.

Y son *Seiri*: clasificación, mediante ordenamiento o acomodo. *Seiton*: organización, dejar todo en su lugar. *Seiso*: limpieza, mediante el brillo en cada lugar. *Seido*: estandarización, aplicada para la certificación. *Shitsuke*: disciplina, para mantener el comportamiento fiable del personal. Agregar a ello cursos de buenas prácticas de mercadeo y obtener certificaciones para la gestión de calidad.

Durante las últimas décadas hemos sido testigos de grandes cambios en el entorno empresarial: El paso de un mercado con exceso de demanda a otro donde el exceso de oferta es una realidad en todos los sectores. El aumento de la competitividad ha hecho desaparecer del mercado a empresas y nacer otras que en pocos años se han convertido en líderes en su segmento.

Un sistema de producción flexible consiste en máquinas controladas por computadoras (máquina CNC-control numérico por computador), al cual se adicionan sistemas automáticos de manejo para la carga y la descarga de material. Es dirigido por una computadora supervisora.

El modelo de especialización flexible se caracteriza por una amplia facilidad funcional, que se apoya en la cualificación, la polivalencia y la versatilidad de los trabajadores y trabajadoras, lo que facilita una mejor utilización de éstos en las necesidades de producción y de los cambios rápidos en la fabricación de los productos según sea la evolución de la demanda. El trabajo en equipo, la aportación de sugerencias e ideas, la implicación de los trabajadores y las trabajadoras facilitan la innovación permanente en la consecución de los objetivos de calidad y diferenciación que exige un mercado cada vez más competitivo.

La innovación tecnológica, las presiones económicas de la globalización y la desregulación del mercado de trabajo, entre otros factores, han reconfigurado de manera drástica la naturaleza del trabajo en los países postindustriales. Con el fin de responder a estos factores, las empresas se han reestructurado, se han hecho más planas y pequeñas y han adoptado nuevas prácticas de gestión, que incluyen equipos autogestionados y métodos de producción más austeros y racionalizados, como los sistemas Justo a tiempo y la subcontratación.

PROBLEMA

Las tecnologías empleadas en los sistemas de producción flexible existentes en la industria de manufactura peruana no están identificadas ni evaluadas, por lo que existen escasas referencias para formular un sistema de producción flexible en un marco globalizado.

DESARROLLO

El tipo de investigación por emplear en el trabajo es mixta; es decir, cualitativa y cuantitativa, por las características del sistema de producción flexible en cuanto a su diseño y los efectos en el mercado. Figura 1.

OBJETIVO GENERAL

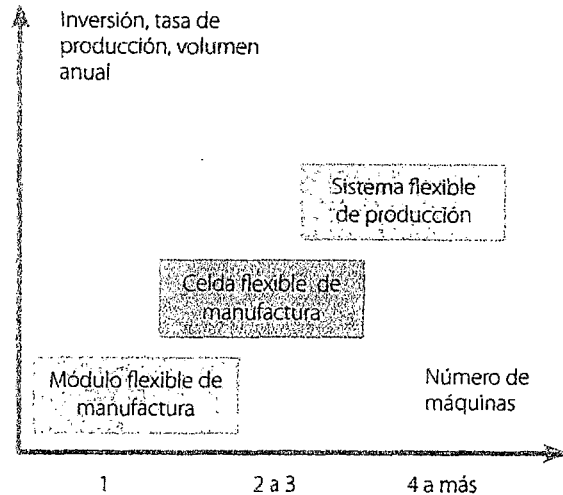
Diseñar un sistema de producción flexible para una planta de tamaño grande, mediano y pequeño, basado en el enfoque de sistemas.

HIPÓTESIS GENERAL

Un sistema de producción flexible con enfoque de sistemas aplicado a empresas de tamaño grande,

mediano y pequeña les posibilitará a las empresas ser competitivas en el mercado globalizado.

Figura 1. Relación entre el número de máquinas del sistema y la inversión, tasa de producción, volumen anual



Fuente: Raúl García Jiménez [5] y Joan Grillo Perelló.

LA ESTRUCTURA ECONÓMICA INTERNACIONAL

La estructura económica es la principal causa que explica el cambio de los patrones de la población, el cual forma parte de un desarrollo más global y sistémico. Estos cambios pueden ser:

- El tamaño de la economía y su inserción en la red de las relaciones internacionales necesariamente es la rama de actividad económica que halla su oportunidad en la geografía mundial, de lo que se deriva la localización industrial.
- Los mercados internacionales y nacionales de proveedores y su destino, conforman patrones de inversión pública, privada y externa, que implican la localización de los negocios en el territorio nacional.
- Los cambios experimentados en la reorientación de los mercados y las regiones comerciales a nivel mundial tienen por necesidad un efecto interno en las economías nacionales en diferentes aspectos, entre los que destacan los mercados laborales y su ubicación.
- La reestructuración económica internacional, a efecto del nuevo esquema posfordista, crea una nueva especialización internacional económica de las regiones, así como supone una nueva división internacional del trabajo, que forma parte del nuevo orden económico internacional.

El nuevo orden internacional que procura la globalización de las estructuras de mercado lleva consigo el componente del cambio en la especialización

internacional del trabajo, así existe una nueva configuración en el orden internacional y su desarrollo es el contexto en que se mueven los nuevos patrones de la población, que responden a la nueva localización geográfica de los negocios.

La estructura económica internacional condiciona el desarrollo de un país en varias formas:

1. Comercialmente, cuando la composición de la canasta de importaciones es en su mayoría bienes de capital, bienes intermedios y servicios no de tipo industrial, significa una grave dependencia tecnológica del país respecto al exterior.
2. La demanda externa reorienta el aparato productivo nacional a las necesidades foráneas, y en algunas ocasiones puede ser la causa de la desarticulación o el aislamiento de algunas industrias.
3. Las patentes y los derechos de autor sobre algunos bienes de capital y tecnología no facilitan que la nación desarrolle industrias específicas, por ejemplo, México, donde en su territorio están todas las factorías necesarias para fabricar un televisor, pero por tratarse de bienes sujetos a patentes no se puede armar un televisor de marca mexicana.
4. Las franquicias no posibilitan a las empresas nacionales el desarrollo de actividades que creen sinergias empresariales, así como el desarrollo de actividades que quedan cautivas de las cláusulas estipuladas por la franquicia, así como condicionan, en suma, el desarrollo nacional, según la participación de industrias con este tipo de licencias.
5. Las zonas industriales localizadas geográficamente en las áreas que les resultan favorables en conexión con sus mercados de proveedores y de destino, así como la zona franca del Sur, es causa de que en el Perú exista un desarrollo maquilador altamente concentrado en la región de la frontera.
6. Los intereses del capital internacional en la industria nacional van siendo incidentales en las políticas públicas y en la inversión pública de una nación, incluso puede tener un peso trascendental en la vida pública administrativa de un país.
7. La posición de un país en una red de relaciones industriales internacionales que suponen una integración económica, sectorial y regional de la nación a otras.
8. El sector externo de una economía con apertura resulta altamente participativo en la economía nacional, por lo mismo influye en la localización industrial y el desarrollo sectorial regional hacia el interior del propio país, y como efecto paralelo afecta los patrones de residencia y la movilidad de la población y su distribución geográfica.

Según Alberto Melo [7], las condiciones macroeconómicas del Perú para el fortalecimiento y el progreso de la

competitividad de sus productores son determinar si la evolución presente de los equilibrios macroeconómicos y de la política macroeconómica le brindará un soporte estable y clima de confianza a la inversión; es decir, que las expectativas de largo plazo de los empresarios sean favorables y positivas al asumir nuevos riesgos, aumentar la productividad y la innovación. Minimizar los riesgos provenientes de la inestabilidad de precios y al suavizar las fluctuaciones de la actividad económica real, la política macroeconómica de estabilización brinda un marco apropiado para la actividad empresarial.

Vista la economía peruana desde la perspectiva de la necesidad de garantizar en el largo plazo un marco macroeconómico estable, las empresas pueden acrecentar la productividad y la competitividad. Los principales desafíos a los que se enfrentan las políticas públicas son los siguientes: 1) Desequilibrio fiscal actualmente existente, en un contexto en que el nivel de endeudamiento del sector público es alto. 2) La vulnerabilidad de la economía frente a las perturbaciones externas originadas en el carácter volátil de los flujos de capital, en los cambios no anticipados, en los términos de intercambio o en las crecientes demandas de las exportaciones peruanas.

En la muestra, los principales indicadores del Perú según el boletín del BCR [2] de mayo de 2013:

• PBI en promedio (Base 1994: 100)	3,00
• IPC en promedio	2,31
• Tipo de cambio en promedio (Base 2009: 100)	88,30
• Tasa de desempleo [6] (Trimestre Dic-Ene-Feb)	6,40
• Balanza comercial (millones \$)	200,00
• RIN (millones \$)	66 724,00

EXPERIENCIAS INDUSTRIALES

I. FIMA S.A.

Servicios que ofrece al mercado: Soluciones integrales con tecnología de proceso, diseño y aplicación con profesionales nacionales y extranjeros especializados, así como la cooperación de compañías extranjeras con tecnología de punta, manufactura de calidad y buen servicio al cliente. Cuenta con personal profesional formado en la UNI y Universidad Católica y personal técnico del SENATI, el cual recibe capacitación continua. Su producción de manufactura es a pedido; los desechos se reciclan en la planta. Las máquinas CNC son japonesas y americanas. La producción es parcialmente automatizada en algunos procesos. Sus procesos están certificados. Está ubicado en el Callao, jirón Víctor Andrés Belaunde 852, Lima-Perú.

II. VAINSA

Siguiendo la trayectoria de la perfección en la fabricación de grifería, ha creado una línea especializada que constituye la respuesta a los requerimientos de una grifería especial para las más variadas necesidades del trabajo y de la vida. Ideal para colegios, clubes, hoteles, restaurantes, centros de esparcimientos, aeropuertos, hospitales. VAINSA ofrece modelos para evitar el desperdicio del agua, garantizar la máxima higiene y, finalmente, facilitar el empleo de la grifería por personas con impedimentos físicos.

Además de la capacidad de adaptación a cualquier solución estética, de tipo clásico o moderno en la decoración del baño, la línea especializada está compuesta por llaves electrónicas, llaves temporizadas, llaves a presión, llaves y mezcladoras para los hospitales.

La línea especializada ha sido cuidadosamente realizada y exige acabados y mecanismos de alta duración.

La línea cuenta con garantía de por vida, por defectos de fabricación que provengan de los materiales, maquinado, mano de obra y acabados. Su sistema de cierre al paso del agua "larga vida" y/o "eterno", está garantizado de por vida contra fugas y goteras.

Utiliza máquinas CNC. Su personal recibe capacitación continua y la mayoría proviene del SENATI. Su producción de manufactura se hace a pedido. Los desechos se reciclan en la planta. Las máquinas CNC son japonesas, estadounidenses y españolas. La producción está automatizada parcialmente en algunos procesos, que están certificados. Está ubicado en el jirón Manuel Angosto 783, Lima-Perú.

VAINSA es actualmente el líder en el mercado de griferías en el Perú y se esfuerza por optimizar la fabricación de sus productos, lo que ha sido reconocido con el Certificado de Calidad ISO 9001-2000. Sus productos se exportan a Ecuador, Colombia, Costa Rica, Panamá, Trinidad y Tobago, y Florida (Estados Unidos). También está presente en Puerto Rico, Venezuela y República Dominicana.

III. NOVA

Los productos que elabora son hornos, divisoras, licuadoras, amasadoras, rebanadoras, cámaras de fermentación y batidoras.

Su planta de fabricación de hornos y equipos para la industria panificadora está instalada en un área

aproximada de 2.000 metros cuadrados; más una planta piloto de apoyo para el desarrollo de nuevos productos para la industria alimentaria, que tiene alrededor de 1.000 metros cuadrados. Está situada en Ate.

Cuenta con modernos equipos para cada una de las líneas de producción, las cuales están divididas en procesos que son:

1. Habilitamiento: Procesos de corte con guillotina, corte con plasma, troquelados, prensados, matizados, según corresponda tanto a las planchas como a los ejes.
2. Fundición: Procesos del moldeo, colada, desmolde, limpieza y acabados.
3. Mecanizado: Procesos de trabajos en torno, taladro, fresa, etc., según corresponda.
4. Preensamble: Preparación de las partes y piezas que conforman el equipo dentro de la línea de producción correspondiente.
5. Ensamble: Conformación del equipo con el kit de partes y piezas.
6. Montaje: Montaje electromecánico del equipo.
7. Transporte a destino: Solicitado constantemente por nuestros clientes para que salvaguarden su inversión.
8. Control de calidad: Aplicados en todos los procesos, logrando así niveles muy bajos de defectos, cuyo resultado es la alta calidad de sus productos que compiten en todo el mundo.

Con el objetivo de mejorar su tecnología, han adquirido una máquina de corte de rayo láser para acelerar sus procesos productivos y con fines de obtener la calidad ISO 9000. Con ello Nova presenta su nuevo producto, el servicio de corte con rayo Láser, especialmente para las planchas de acero inoxidable y acero de carbono.

Proporcionan soporte técnico. Tienen personal profesional y técnico. Cuenta en su cartera con varios clientes en el extranjero.

IV. PRODUCTOS METÁLICOS ESTAMPADOS S. R. L

Dedicados a la fabricación de piezas mecánicas para la industria en general: electrónica y ferretera. Presta servicios de maquinado, de torno, fresado, prensas excéntricas e hidráulicas. Fabricación de moldes de inyección y matrices en general con máquinas CNC. Se muestra:

1. Maquinado en taladro: Material acero ST-37 200 x 250 mm, agujero en el medio el uso de taladro con broca de 5/16. Se procesa el marcado, se

taladra para retirar el material sobrante. Programa forma y tamaño del diseño, realiza el programa de acuerdo con las coordenadas y finaliza el programa con pieza diseñada.

2. Proceso de fabricación de varias piezas mecánicas: Maquinado en taladro, maquinado en torno, cepillo y máquina CNC.
3. Maquinado fresadora: realizar un canal C de 3/8 de longitud de 300 mm, con una profundidad de 8 mm. Uso de una cuchilla Ø 3/8.

Ubicado en San Francisco 826, Zárate, Lima.

IMPACTO INDIRECTO

En la problemática creada por la transición social de la economía peruana, la transformación de los esquemas de producción rígida a la producción flexible en las empresas significa un redimensionamiento de la operabilidad de ambos esquemas.

IMPACTO DIRECTO

El orden institucional mundial emprende radicales cambios en la estructura económica internacional,

se reformula el concepto de desarrollo industrial con identidad nacional.

AMENAZAS

Las organizaciones sindicales deben hacer hincapié en la necesidad de una formación realmente especializada y de contenidos polivalentes no sólo en los centros de trabajo, sino también mediante un sistema educativo.

BENEFICIOS

Las regiones son fórmulas nuevas de zonas con afinidad geográfica, establecen como principal estrategia un eficiente aprovechamiento de los factores productivos en las distintas geografías del país.

CONCLUSIÓN

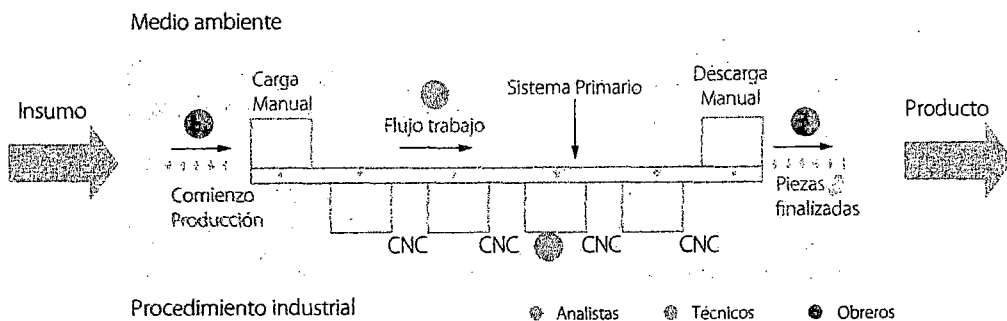
El Sistema de Producción Flexible (SPF) debe ser una distribución en línea de las estaciones de trabajo dentro de los sistemas de producción, ubicándolo en las empresas que se adapten con facilidad. Cuadro 1 y figura 2.

Cuadro 1. Resultados de empresas estudiadas

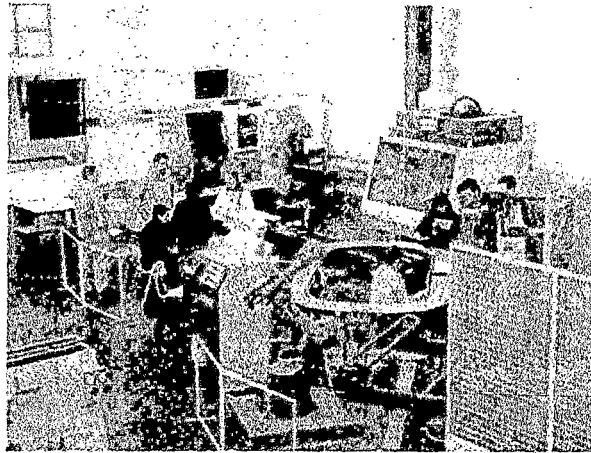
FACTORES	EMPRESAS			
	Fima S. A.	Vainsa	Nova	Productos Metálicos Estampados SRL
Estrategia	Sí	Sí	Sí	No
Tecnología	Sí	Si	Sí	Sí
Procesos	Sí	Sí	Sí	Sí
Estructura	Sí	Sí	Sí	No
Personas y conocimiento	Sí	Sí	Sí	Sí
Medio ambiente	Sí	Sí	Sí	No
Criterio y flexibilidad	SFP	SFP	GFP	CFM
Sistema de transporte y distribución	Sí	Sí	No	No

Fuente: Acuña Pinaud [1], Leoncio Luis; tesis de Maestro en Ciencias con mención en Ingeniería de Sistemas, UNI-FIIS.

Figura 2. Modelo de sistema de producción flexible



Fuente: Acuña Pinaud [1], Leoncio Luis. Tesis de Maestro en Ciencias con mención en Ingeniería de Sistemas, UNI-FIIS.



Sistema de producción flexible compuesta por celdas de mecanizado, de transporte y almacenamiento y la celda de soldadura y corte por plasma, todas integradas entre sí.

REFERENCIAS

- [1] **Acuña Pinaud, Leoncio Luis.** *Sistema de producción flexible de productos manufacturados para un mercado globalizado.* Tesis de Maestro en Ciencias con mención en Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, 2008.
- [2] **Banco Central de Reserva del Perú.** Resumen Informativo Nro. 21, 24, Departamento de Publicaciones, Lima, Perú. Mayo de 2013
- [3] **Calero Jaén, Carlos y Navarro Domenichelli, Rogelio.** "Los sistemas de producción flexible y sus repercusiones en las condiciones de trabajo", Gabinete técnico de la Comisión Ejecutiva Nacional de la Unión General Trabajadores del País Valenciano (Valencia), enero de 2004.
- [4] **Fritz Du Bois, Javier Torres y Antonio Cusato.** "Agenda pendiente 2006-2011: Reforma del Estado y competitividad", *Revista de Economía y Derecho*, vol. 3, Nro. 9. Sociedad de Economía y Derecho de la UPC, 2006.
- [5] **Grillo Perelló, Joan y García Jiménez, Raúl.** "Sistemas de fabricación flexible", Ingeniería Técnica Industrial Electrónica Industrial (ITIEI), Universitat de les Illes Balears (UIB), España, 2002.
- [6] **Instituto Nacional de Estadística e Informática.** Encuesta Permanente de Empleo (EPE), marzo de 2013, Lima, Perú.
- [7] **Melo, Alberto.** "La competitividad del Perú después de la década de reforma: Diagnóstico y propuestas", Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Departamento regional de Operaciones 3 y Departamento de Investigación Serie de Estudios de Competitividad, Documento de trabajo #C-105, noviembre de 2003.
- [8] **Nadia Hamani, Nathalie Dangoumau y Etienne Craye.** "Verification and Validation of a SSM Model Dedicated to Mode Handling of Flexible Manufacturing Systems", *Computers in Industry*, volume 60, Issue 2, February 2009, pp. 77-85. Published journal article available from *Science Direct*.
- [9] **R. Venkata Rao.** "Flexible Manufacturing System Selection Using an Improved Compromise Ranking Method", Department of Mechanical Engineering, S. V. National Institute of Technology Ichchanath, Surat-395 007, India, *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 2009. Vol. 4, Nro. 2, pp. 198-215.
- [10] **Shirazi, Babak; Mahdavi, Iraj y Mahdavi-Amiri, Nezam.** "CoSim-FMS: An Intelligent Co-simulator for the Adaptive Control of Complex Flexible Manufacturing Systems", *Simulation Modelling Practice and Theory*, 19 (7), pp. 1668-1688, Aug 2011.
- [11] **Siskin, A. V. y Somlo, J.** "Optimal Distributed Real-Time Scheduling of Flexible Manufacturing Networks Modeled as Hybrid Dynamical Systems", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 25 (3), pp. 597-609, Jun 2009.