

300617

20
21



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA U. N. A. M.

"UN SISTEMA DE MANUFACTURA MRP
Y JUSTO A TIEMPO (KANBAN) ENFOCADO
A LA FABRICACION DE TUBERIA DE
ACERO INOXIDABLE"

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

NAZARIO GARCIA ROBLES

Asesor de Tesis: Ing. Jorge Román De la Parra

México, D. F.

1994

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD LA SALLE

SOLICITUD DE AUTORIZACION
PARA LA APROBACION E IMPRESION DE TESIS
(INDIVIDUAL)

C. DIRECTOR GENERAL DE INCORPORACION
Y REVALIDACION DE ESTUDIOS DE LA U.N.A.M.
P R E S E N T E .

García	Robles	Nazario
APELLIDO PATERNO	APELLIDO MATERNO	NOMBRE (S)
Número de Cuenta : <u>84600801-3</u> Alumno de la carrera de : <u>Ingeniero</u>		
<u>Mecánico Electricista</u>		del AREA : <u>Industrial</u>

Solicita la autorización de impresión de la Tesis titulada : "Un Sistema de Manufactura MRP y Justo a Tiempo (Kanban) enfocado a la fabricación de Tubería de Acero Inoxidable".

OTORGO EL VOTO APROBATORIO Y CONFORMIDAD PARA ASISTIR COMO SINODAL AL EXAMEN PROFESIONAL

México, D.F., 03 de Febrero de 19 94



AUTOR DE TESIS
(NOMBRE Y FIRMA)



AUTOR DE TESIS
(NOMBRE Y FIRMA)

Ing. Jorge Román de la Parra

Vo.Bo.

Ing. Jorge Román de la Parra



DIRECTOR DE LA ESCUELA
(NOMBRE Y FIRMA)
Ing. Edmundo Barrera Monsivais



SECRETARIA DE SERVICIOS
AL ALUMNADO
DIRECCION GENERAL DE
INCORPORACION Y
REVALIDACION DE ESTUDIOS

Hece constar la aprobación de la tesis objeto de esta solicitud, y autoriza su impresión

Ciudad Universitaria, D.F., 23 de Febrero de 19 94

" POR MI BOCA HABLARA MI ESPIRITU "



NOMBRE Y FIRMA
Ing. EDMUNDO BARRERA MONSIVAIS



Al Presente Señora: Nazario García Robles

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribirle a Ud. a continuación, el tema que aprobado por esta Dirección, propuso como Asesor de Tesis el Ing. Jorge Román de la Parra, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista con área principal en Ingeniería Industrial.

**"UN SISTEMA DE MANUFACTURA MRP Y JUSTO A TIEMPO (KANBAN)
ENFOCADO A LA FABRICACION DE TUBERIA DE
ACERO INOXIDABLE"**


con el siguiente índice:


CAPITULO I	INTRODUCCION DESCRIPCION DEL PROCESO DE FABRICACION Y CONSIDERACIONES GENERALES DE MERCADO DE LA TUBERIA DE ACERO INOXIDABLE
CAPITULO II	INFRAESTRUCTURA DE LOS DATOS REQUERIDOS POR EL SISTEMA
CAPITULO III	PLAN MAESTRO DE LA PRODUCCION. (PMP) Y PLANEACION DE REQUERIMIENTOS DE CAPACIDAD (CRP)
CAPITULO IV	MECANICA DEL MRP Y CONTROL EN PISO. (KANBAN FILOSOFIA JUSTO A TIEMPO)
CAPITULO V	METODOLOGIA DE IMPLANTACION CONCLUSIONES BIBLIOGRAFIA ANEXO

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, genera prestar Servicio Social como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

A T E N T A M E N T E

"INDIVISA MANENT"
ESCUELA DE INGENIERIA
Mexico, D.F., a 25 de Enero de 1994


ING. JORGE ROMAN DE LA PARRA
ASESOR DE TESIS


ING. EDMUNDO BARRERA MONSIVAIS
D I R E C T O R .

UNIVERSIDAD LA SALLE

BENJAMIN FRANKLIN 47, TEL. 516-99-80 MEXICO 06140, D. F.

DEDICATORIA.

Este trabajo lo dedico:

A Dios por haberme permitido terminar una etapa más de mi vida.

A mis Padres Nazario y Aida con mucho cariño, por haberme brindado su apoyo incondicional en todo momento.

A mis hermanos Paco y Ana, por su ayuda y comprensión.

A todos mis profesores que me brindaron su ayuda y conocimientos durante mi formación para poder llegar a ser un buen profesionalista.

INDICE.

INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I DESCRIPCION DEL PROCESO DE FABRICACION Y CONSIDERACIONES GENERALES DE MERCADO DE LA TUBERIA DE ACERO INOXIDABLE.	
1.1 Proceso de producción y usos del producto.....	6
1.2 Antecedentes, evolución y mercado de la tubería de acero inoxidable.....	12
CAPITULO II INFRAESTRUCTURA DE LOS DATOS REQUERIDOS POR EL SISTEMA.	
2.1 Comportamiento de recursos y materiales.....	17
2.2 Lista de Materiales.....	20
2.3 Elementos básicos para la administración de inventarios.....	29
2.4 Elementos Básicos en la función de compras...	37
2.5 Ingeniería del Producto.....	39
2.6 Ingeniería de Manufactura.....	40
CAPITULO III PLAN MAESTRO DE LA PRODUCCION. (PMP) Y PLANEACION DE REQUERIMIENTOS DE CA- PACIDAD. (CRP)	
3.1 Conceptos Generales.....	50
3.2 Planeación Maestra de la Producción.....	51
3.3 Diagrama del PMP en un sistema tractivo o de jalón (Kanban).....	56
3.4 Importancia de los Pronósticos.....	59
3.5 Políticas del PMP.....	61

3.6. Formato del PMP.....	70
3.7 Planeación de Requerimientos de Capacidad...	71
3.8 Planeación y Control de la Capacidad.....	73
3.9 Layout.....	85

**CAPITULO IV MECANICA DEL MRP Y CONTROL EN PISO.
(KANBAN FILOSOFIA JUSTO A TIEMPO)**

4.1 El Kanban y el MRP II.....	88
4.2 ¿ Qué es el MRP ?.....	92
4.3 Naturaleza de La Demanda.....	93
4.4 Asignación de Materiales.....	95
4.5 Características del MRP.....	96
4.6 Control en Piso.....	105
4.7 Sistema de Jalón.....	105
4.8 Kanban.....	110
4.9 Procesos Subsecuentes y Precedentes.....	113
4.10 Kanban de Retiro y de Producción.....	115
4.11 Beneficios obtenidos en la fabricación de tubería.....	119

CAPITULO V METODOLOGIA DE IMPLANTACION

5.1 Proceso de Implantación MRP.....	121
5.2 Implantación del Sistema Justo a Tiempo.....	125
5.3 Detalle de implementación.....	126
5.4 Simulación del sistema en la fábrica de tubería.....	130

CONCLUSIONES..... 135

BIBLIOGRAFIA..... 140

ANEXO 1 141

I Códigos de Lam. y Placa en rollo.
II, III, IV y V Códigos de Fleja
VI, VII, VIII y IX Códigos de Tubería

INTRODUCCION.

Debido a la evolución que se ha dado en los últimos años y a las negociaciones que se han venido organizando, México tiene la necesidad de desarrollar sistemas para mejorar la calidad y aumentar la productividad, logrando así un nivel competitivo a nivel internacional.

Actualmente la industria de la tubería de acero inoxidable en México se ve amenazada por las empresas extranjeras que la mayoría de las veces manejan costos y tiempos de entrega más bajos que los ofrecidos por los fabricantes nacionales; es por ésta razón que se ha considerado necesaria la elaboración de un proyecto que proponga una metodología e implantación, adecuados a los requerimientos de la empresa y tome en cuenta los fenómenos naturales ocurridos en un ambiente de manufactura; como son la existancia de eventos dependientes y la ocurrencia de eventos aleatorios; enfocándose directamente a la Planeación de Requerimientos de Materiales combinada con la Manufactura Justo a Tiempo (KANBAN), en la fabricación de tubería de acero inoxidable. En el Capítulo I de este trabajo se abordan tanto el proceso de fabricación como algunas consideraciones generales de mercado de tubería con costura Pipe y Tubing de acero inoxidable tipo 304 y 316.

La implantación de una nueva tecnología o proceso es importante para el éxito y beneficio en el desarrollo de una idea.

La Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP) como un sistema formal de producción y proceso de control de inventarios no es un nuevo fenómeno, pero todavía no es totalmente aceptado como la mejor forma de incrementar la productividad. MRP ha llegado a ser un sistema invaluable para muchas organizaciones que lo han adoptado.

El MRP es un método de planificación de las necesidades de materiales para la gestión y control de inventarios, que se puede definir como una técnica que, a través de un conjunto de programas de computadora, determina las necesidades brutas a lo largo del tiempo a partir de las necesidades de un Programa de Producción, utilizando listas de materiales y determinados parámetros; se puede considerar a éste como un sistema de empuje, donde el MRP desencadena toda una serie de órdenes de trabajo que se requieren para elaborar los productos en las cantidades especificadas en el programa maestro. Una orden de trabajo es una salida empleada por quien planea los materiales para proporcionar los necesarios al área de manufactura para la elaboración de un cierto número de productos. Las órdenes de trabajo empujan a los materiales hacia el área de manufactura para cumplir con el plan de elaboración que quedará definido por el MRP y por el programa maestro. La falta de una retroalimentación inmediata sobre el estado de

los materiales previamente emitidos ocasiona que en el piso de fabricación se tenga un exceso de inventarios disponibles en las diferentes etapas de terminación. También ocasiona desperdicio, pues la mano de obra y el personal administrativo se emplean en el seguimiento de las órdenes de trabajo y los programas. Como una solución a éste problema dentro de MRP se propone la utilización de la estrategia de Justo a Tiempo. En los Capitulo II y III se determina la información requerida para la implantación de un sistema como éste; tales como Lista de Materiales, Plan Maestro de Producción, la Planeación de Requerimientos de Capacidad y otros no menos importantes.

El Justo a Tiempo puede entenderse como un sistema de producción diseñado para eliminar todo desperdicio en el medio de la manufactura; entendiéndose por desperdicio cualquier cosa que no contribuye de manera directa al valor del producto. El Justo a Tiempo implica que los materiales necesarios sean traídos al lugar necesario para elaborar los productos necesarios en el momento exacto en el que éstos son requeridos.

Entre los cambios más importantes introducidos por el Justo a Tiempo en una empresa de manufactura se encuentra la implantación de un sistema de tracción o de jalón, en vez de un sistema de empuje. El empuje y el jalón se refieren a la forma de hacer los movimientos de materiales a lo largo de la empresa. En un sistema de jalón, el consumo de material rige el flujo del

material a lo largo del proceso , en vez de los programas descendentes y las salidas. La última de las terminaciones en el proceso de manufactura, antes de que el producto llegue al punto donde se encuentran los productos terminados es el factor de tracción que mueve a los materiales a lo largo de la línea de producción.

Un sistema de jalón sólo tiene una regla sencilla: los materiales deben moverse a la línea de producción solo cuando se necesitan; esto significa que los materiales se mueven de acuerdo a la demanda. En cambio un sistema de empuje mueve a los materiales por abastecimiento.

En el Capítulo IV se plantea la combinación de las mejores características de ambos sistemas, lográndose la implantación de un sistema efectivo que permitirá planear, predecir y controlar los requerimientos de materiales en la planta. El programa maestro de producción y el MRP se utilizan para hacer la traducción de alto nivel del pronóstico de ventas a un programa de producción y requerimientos de materiales para cumplir con el programa de producción. Esta información se usa para alertar a los proveedores y a la planta, de los requerimientos diarios de partes. Luego, con base en la demanda real, el sistema de jalón mueve los materiales desde la línea de producción.

El sistema MRP puede producir un pronóstico que puede proporcionarse a los proveedores y un sistema kanban puede jalar los materiales en el momento en que sean requeridos.

Al combinarse otros elementos de justo a tiempo como, Flujo Estructurado (producción en base al flujo de materiales), lo cual implica modificar Lay-Outs, condiciones de diseño, etc.; se reduce en forma significativa el material en inventario en proceso (facilitando el kanban), provocando por ende una reducción de números de parte, niveles en las estructuras y en consecuencia un menor número, de órdenes en las salidas de MRP lo que provoca una mejor comprensión y aplicaciones.

Por último se incluye un Capítulo V donde se establece una metodología de implantación.

CAPITULO I.

DESCRIPCION DEL PROCESO DE FABRICACION Y CONDICIONES GENERALES DEL MERCADO DE LA TUBERIA DE ACERO INOXIDABLE.

La presente tesis busca mantener el control y programación de la producción en la manufactura de tubería de acero inoxidable, obteniendo con esto un mejor servicio al cliente, reduciendo el costo y tiempo de entrega del producto terminado. Para alcanzar estos objetivos, hemos propuesto como solución al problema, la implantación de un sistema de Planeación de Requerimientos de Materiales, en combinación de algunos conceptos de manufactura Justo a Tiempo.

Es necesario hacer un análisis de la posición actual de la producción de tubería de acero inoxidable en México así como su proceso de fabricación, y conceptos generales acerca de éste producto; en éste capítulo se apreciarán dichos puntos.

1.1. PROCESO DE PRODUCCION Y USOS DEL PRODUCTO.

La tubería de acero inoxidable con costura se fabrica a partir de fleje (rollo o cinta), normalmente para diámetros pequeños (hasta 8") y para producción continua; o a partir de placa, normalmente para diámetros grandes (mayores de 8") y para producción por pieza o lote.

TUBERIA DE CONDUCCION PIPE.-

Es utilizada en las industrias, petroquímica, papelería, siderúrgica y minera. Algunas de las ventajas que ofrece la tubería de acero inoxidable, son su excelente resistencia a la corrosión y su gran utilidad a elevadas temperaturas.

Medidas: Pipe (diámetro nominal) se fabrica en medidas desde 1/8" hasta 48", en cédulas 5, 10, 40 y 80, en aceros inoxidables austeníticos.

TUBING. TUBO CALIBRADO.-

Sus aplicaciones más comunes comprenden intercambiadores de calor, condensadores, calderas, evaporadores, calentadores de agua de alimentación, líneas abastecedoras para la industria química y petroquímica, líneas digestoras, líneas expulsoras y evaporadoras para la industria papelería y azucarera, equipos de proceso alimenticio, líneas de producción farmacéutica, etc.

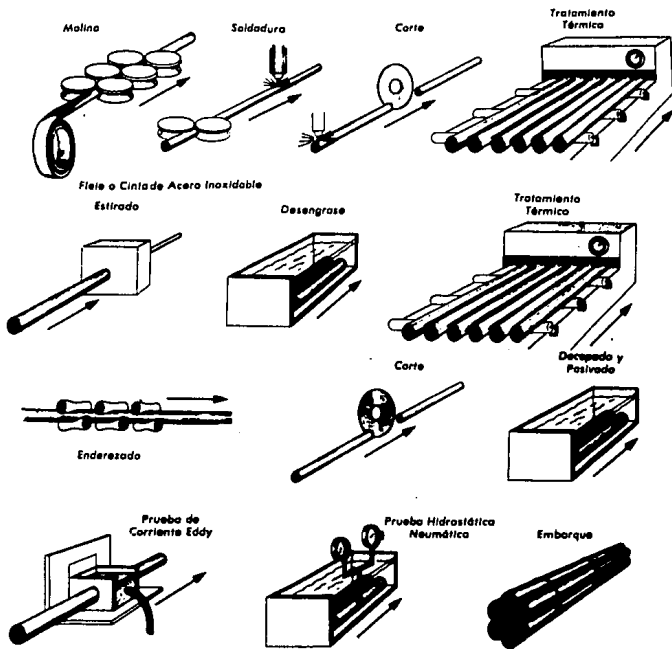
Medidas: Tubing (Tubo Flux o Tubo Calibrado), se fabrica en medidas desde 1/4 de diámetro exterior hasta 8", con espesores de pared desde calibre 9 BWG, hasta calibre 25 BWG, en toda la gama de aceros inoxidables austeníticos 300's.

(Otros diámetros y espesores se fabrican a solicitud del usuario)

Se anexan descripciones gráficas del proceso de fabricación que puede tener múltiples variantes.

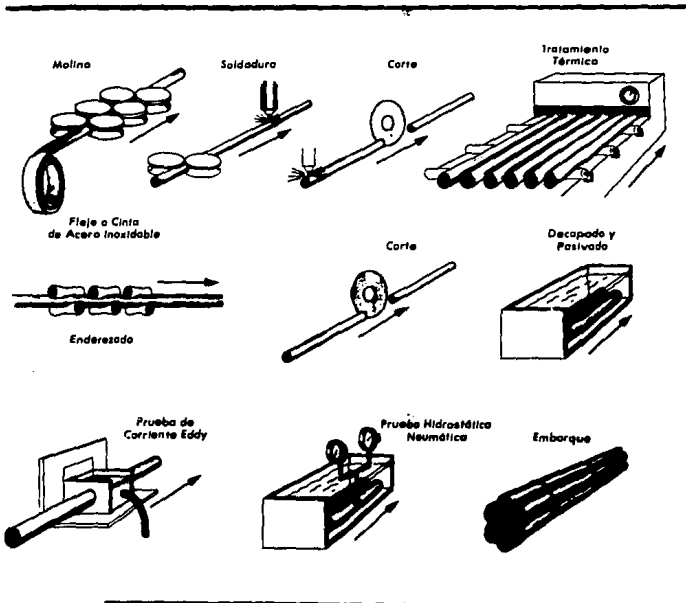
SECUENCIA DEL PROCESO DE FABRICACION...

TUBING



SECUENCIA DEL PROCESO DE FABRICACION.

P I P E



La materia prima se conforma circunferencialmente para después ser soldada, con o sin aporte de material. Dependiendo del producto, los procesos posteriores incluirán algunas de las siguientes operaciones: tratamiento térmico, enderezado, corte, rebabeo, pasivado, restirado, pulido, calibrado, lubricado, desengrase, marcado y diversas pruebas e inspecciones.

El producto terminado es un típico producto intermedio, ya que su utilización requiere de algún proceso posterior. Su uso puede ser para la manufactura de otros productos (equipos de proceso por ejemplo), o para líneas de conducción de fluidos.

Dado su proceso de producción, es por tanto un producto de un relativamente bajo valor agregado, vital para el desarrollo industrial del país, sumamente vulnerable por el impacto tan importante de la materia prima en el mismo y que se destina a multitud de usos y sectores.

El acero inoxidable es un metal aleado con características de alta resistencia a la corrosión y temperaturas extremas.

Constituye una especialidad dentro de la industria siderúrgica, ya que éste representa el 1.3% de la producción mundial total de acero.

La tubería de acero inoxidable es un sector que consume una muy pequeña parte de la producción de aceros inoxidables. Tan sólo el 8% de la producción de inoxidable se dedica a la fabricación de tubería.

La tubería de acero inoxidable soldada representa el 80% de la producción total de tubería de acero inoxidable. El restante 20% es de tubería sin costura. Ahora bien, de la tubería soldada, 35% se utiliza con fines decorativos y el resto en usos industriales. En México el uso en aplicaciones ornamentales es prácticamente nulo. Por otro lado en los usos industriales se requieren una variedad inmensa de productos, ya que se utilizan muy diversos diámetros (de 1/4" a 48") en gran cantidad de espesores, longitudes y aleaciones distintas.

CADENA PRODUCTIVA E INSUMOS.

La cadena productiva es la siguiente:

20%

Fundición ----->	Fleje ----->	Tubería
de planchón 100%	laminado ----->	Fleje
	en caliente 100%	laminado 80%
		en frío ----->

En México no existen ni fundidores de planchón ni laminadores en caliente.

Existe una sola empresa relaminadora de flejes en frío, a partir de rollos de acero inoxidable laminados en caliente. Esta se constituye, pues, en una oferta monopólica y hace del suministro de materia prima un factor fundamental para el sector.

En E.E.U.U. la cadena productiva es más amplia ya que existen varios fabricantes para cada eslabón de la misma.

El fleje de acero inoxidable representa un muy elevado porcentaje del costo directo de la tubería, siendo, con mucho su componente más importante. El resto se divide entre mano de obra y materiales consumidos durante el proceso de fabricación: gases, ácidos, abrasivos, etc.

Actualmente y como ejemplo de una deficiente aplicación del criterio de congruencia de la cadena productiva en la estructura arancelaria, la materia prima del proveedor de la industria tubera está exenta del impuesto de importación; sin embargo, tanto la materia prima de la tubería, como el producto ya terminado tienen un arancel de 15% en general.

1.2. ANTECEDENTES, EVOLUCION Y MERCADO DE LA INDUSTRIA DEL ACERO INOXIDABLE.

La tubería de acero inoxidable con costura es un producto de vital importancia para el desarrollo industrial de nuestro país por su utilización en la fabricación de equipos y líneas de conducción de las industrias petroquímica, química, minera, alimenticia y farmacéutica entre otras, así como su uso en la generación de la energía eléctrica y en la industria petrolera.

E.E.U.U.

Industria fortalecida por una fuerte protección. Esta fue dada por una combinación de legislación americana restrictiva del comercio exterior y de la fijación de cuotas a los países importadores (Voluntary Restraint Agreements).

Protegida por esas barreras y con acceso de capital a bajo costo, la industria americana ha llevado a cabo una significativa modernización, reemplazando equipo obsoleto e introduciendo tecnología de punta en muchas áreas.

MEXICO.

La industria mexicana vivió la experiencia opuesta. En vez de un mayor proteccionismo, la industria nacional vió disminuir súbitamente la tasa arancelaria y los requisitos de permisos de importación, sin los beneficios de una legislación comercial favorable o las restricciones voluntarias a las exportaciones que tuvo su contraparte americana.

Por otro lado la caída de la demanda interna y el elevado costo del dinero en el país, han restringido la capacidad de modernización tecnológica de su industria siderúrgica.

MERCADO NACIONAL: TAMAGO, CARACTERISTICAS E IMPORTACIONES.

El mercado nacional se estimó para 1992, 3550 Tons. métricas con un importe aproximado de 21.0 millones de dólares, distribuidos de la siguiente manera:

	TONS.	MILLONES DLLS.
FABRICACION NACIONAL	2,100 (60%)	13.5 (65%)
IMPORTACIONES.	1,450 (40%)	7.5 (35%)
	-----	-----
	3,550	21.0

Este es un mercado cíclico y sumamente dependiente de la inversión de los sectores consumidores: generación de energía, petróleo, petroquímico, químico, farmacéutico y alimenticio. Las importaciones al país provienen fundamentalmente de los Estados Unidos y en menor proporción de países asiáticos (Taiwan, Japón Corea). Eventualmente se encuentran productos europeos.

La venta de éstos productos se realiza directamente a usuarios finales (normalmente consumidores de grandes volúmenes o de un producto más especializado) o a través de una red de distribución especializada (normalmente para productos estándar o de línea). Por otro lado, la apertura comercial de la economía fue realizada en la ausencia de un marco normativo y de control de la calidad de las importaciones, por lo cual se importan al país productos baratos de mala calidad.

Las exportaciones se dirigen fundamentalmente a los Estados Unidos. El acceso a dicho mercado está restringido por las cuotas de exportación aplicadas a las empresas del sector en virtud del "Entendimiento entre México y Estados Unidos para productos siderúrgicos" . Adicionalmente se exporta a Canadá, Cuba y Colombia, fundamentalmente.

Dentro de la actividad exportadora, éstos son los principales aspectos competitivos (+) (-):

(+) calidad, precio, situación geográfica, mano de obra.

(-) servicio, distribución, economías de escala, marca, costo del dinero, impuestos, variedad de productos.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MERCADOS MEXICANO Y ESTADOUNIDENSE.

El mercado mexicano es pequeño lo que implica: muy diferentes escalas de producción, tamaños de empresas, competitividad y tecnología.

Indicadores del mercado de tubería de acero inoxidable:

A) - Tamaño (1)

E.U.A. 170,000 Tons./año que representa 48 veces a el mercado mexicano.

México 3,500 Tons./año.

B) - Importaciones totales a: (2)

E.U.A. 37,250 Tons./año que representa el 22% de la demanda.

México 1,450 Tons./año que representa el 41% de la demanda.

C) - Exportaciones

De México a E.U.A. (1) 643 Tons./año que representa el 0.2% de el mercado de E.U.A.

De E.U.A. a México (2) 1,091 Tons./año que representa el 31% del mercado de México.

(1) No incluye tubería sin costura.

(2) Sí incluye tubería sin costura.

El mercado mexicano a pesar de su tamaño, demanda toda la inmensa gama de productos tubulares, lo que implica: muy baja especialización del fabricante local contra competidores americanos altamente especializados.

La industria mexicana no ha sido ni será, en el corto y mediano plazo, un factor importante en el mercado americano. Este sin embargo, tiene toda la capacidad y elementos para permitir que los fabricantes nacionales crezcan abasteciéndolo, ya sea absorbiendo mercado de otros importadores o la nueva demanda.

Para la industria americana, el mercado nacional no es especialmente atractivo por su tamaño limitado y su muy amplia gama; a pesar de ello, hoy en día ya cubre una gran parte del mismo.

Al poner en práctica el desempeño del MRP y algunas características principales del Justo a Tiempo; en un sistema de manufactura como el que se analiza, y lograr nuestros objetivos, se cuenta con una herramienta que facilita todo el proceso de planeación y control de un negocio de ésta naturaleza permitiendo contar con mejor información para todo el proceso de toma de decisiones.

CAPITULO II.

INFRAESTRUCTURA DE LOS DATOS REQUERIDOS POR EL SISTEMA.

Para la implantación del sistema MRP, se requiere construir estructuras, rutas y controles estrictos de los cambios de ingeniería. Lo anterior es de suma importancia ya que lo que se busca es contar siempre con los componentes o artículos necesarios en el momento preciso, para evitar paros de máquinas, retrasos, etc. Por lo tanto es de suma necesidad conocer de que manera se comportan los materiales en el proceso de fabricación así como el comportamiento natural de un sistema de manufactura.

2.1. COMPORTAMIENTO DE RECURSOS Y MATERIALES.

Las iteraciones entre los distintos elementos de un sistema dependen de la naturaleza de los mismos y de su comportamiento.

EL COMPORTAMIENTO NATURAL DE LA MANUFACTURA.

Existen dos fenómenos intrínsecos a la naturaleza de la manufactura, cuyo entendimiento permitirá elaborar un sistema de control realista y efectivo para poder cumplir con la meta del negocio. El primer fenómeno es la existencia de eventos dependientes y el segundo es la ocurrencia de eventos aleatorios. Intuitivamente se reconoce la existencia de ambos fenómenos, pero con frecuencia se les quiere evitar en la planeación formal de las actividades de la empresa.

1.- La dependencia de los eventos es la esencia de la iteración entre los diferentes elementos del sistema. En cualquier ambiente de manufactura existen infinidad de operaciones que no pueden llevarse a cabo antes de su precedente. Un ejemplo obvio es rolar primero un tubo y luego soldarlo, o primero marcar la tubería y luego secarla. Así es posible crear las rutas de materiales esenciales para la programación de la producción.

Otro tipo de dependencia más sutil es cuando algún recurso de la planta, se requiere para procesar dos o más productos diferentes. En éste punto la cédula de trabajo del recurso en cuestión cobra mayor importancia; además de poder afectar el flujo uniforme de los materiales o partes através del piso, podría impactar negativamente en la cantidad de dinero generada, inventario o gastos operativos.

Por otro lado un adecuado manejo de la dependencia entre los distintos eventos es una poderosa herramienta para impactar positivamente en las medidas operativas del negocio.

2.- El impacto de la dependencia entre eventos se amplía con el concepto de las fluctuaciones estadísticas; una fluctuación estadística es aquel evento que toma lugar a intervalos irregulares y provoca una interrupción en el proceso de manufactura. Se le llama fluctuación estadística porque pese a la naturaleza aleatoria de la repetición de distintos eventos, en el largo plazo será posible determinar un cierto perfil estadístico de repeticiones.

Es cierto que la probabilidad y la estadística proveen de métodos que pretenden predecir tales fluctuaciones, pero jamás se tendrá la certeza del futuro. Por otro lado tales métodos suelen dar por sentado ciertas condiciones del sistema o su ambiente que en el mejor de los casos son buenas aproximaciones simplificadas de la realidad.

Ejemplos comunes de procesos de fluctuaciones estadísticas son las colas, disponibilidad de materiales, descomposturas de maquinaria, ausentismo del personal, condiciones del mercado y del ambiente, etc.

PROCESO CONTINUO SIMPLE.

La fabricación de tubería de acero inoxidable es considerada como un proceso de manufactura continuo y simple, con las siguientes características:

- La materia prima debe procesarse
- Los recursos procesan los materiales
- Un material es procesado por un recurso a la vez
- La cantidad de inventario en proceso es aquel ubicado entre el primer y último recurso.
- La cantidad de dinero generado es la cantidad de producto vendido.
- El objetivo del proceso de producción es obtener una cantidad de dinero en un período X.
- Los gastos de operación son el costo de convertir materia prima en producto terminado.

- Por la dependencia entre los recursos el material se apega a la ruta de las secuencias preestablecidas.

- Las fluctuaciones estadísticas se manifiestan por cualquier interrupción no prevista en el flujo de materiales.

LOS EVENTOS DEPENDIENTES Y LAS VARIACIONES ESTADÍSTICAS TIENEN UN GRAN IMPACTO EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS.

En éste capítulo se definirá que lista de materiales es la más conveniente para el tipo de productos que fabricamos; así como la configuración del producto terminado, los elementos básicos para la administración de inventarios, ingeniería de producto (estructura), proceso de fabricación, y especificaciones de materia prima para compras.

2.2. LISTA DE MATERIALES.

La lista de materiales es una manera de definir el producto fabricado. Esta forma de definición de producto es muy usual en la planeación y control de la producción de un proceso de manufactura.

La lista de materiales es usada para pronosticar recursos y requerimientos de materiales. Utiliza fases de tiempo para solicitar los materiales y para generar las órdenes de compra de éstos. También se utilizan para definir

productos o materiales que se consumen durante el proceso de manufactura.

La lista de materiales se construye mediante números de partes. La estructura de la lista de materiales es controlada por la relación "Padre-Hijo" entre el número de partes. La estructura es también determinada por lo "Fabricado vs Comprado" u otras claves de fuentes de control asignada a cada número de parte.

Si bien la lista de materiales tiene una gran variedad de aplicaciones y formatos asociados, éstos representan únicamente una manera de definición de producto. Hay otras formas de definición del producto que pueden o no incluir números de partes. Ventas, por ejemplo, prefiere definir los productos variables en términos que no incluyen números de partes. Ingeniería puede escoger generar y mantener la definición de diseño de producto de una manera que limite el número de partes que contiene.

Los pronósticos de ventas están constantemente cambiando. La habilidad para crear efectivas lista de materiales y para sostener un alto nivel de integridad ha asegurado que las compañías de manufactura sean más competitivas. La aprobada lista de materiales debe ser compatible en todas las formas existentes de definición del producto.

Es importante que en la lista de materiales se desarrolle un esquema de la definición del producto. Su

papel y aplicación en el plan maestro de producción es igualmente importante.

A continuación se describe la estructura propuesta para los siguientes artículos :

ARTICULO Tp0151 UM Mts.			
NIVEL	COMPONENTE	CANTIDAD POR.	UM
1	p40151	1.000	Mts.
2	RL0151	13.826	Kgs.

ARTICULO Tp0072 UM. Mts.			
NIVEL	COMPONENTE	CANTIDAD POR.	UM
1	p40072	1.000	Mts.
2	RL0151	3.382	Kgs.

ARTICULO Tp0062 UM. Mts.			
NIVEL	COMPONENTE	CANTIDAD POR.	UM
1	p40062	1.000	Mts.
2	RL0151	2.498	Kgs.

NOTA:La explicación de las claves de los artículos se verá mas adelante en éste mismo capítulo.

Se muestra la estructura propuesta de nuestro artículo a fabricar teniendo como componentes el fleje y el rollo de lámima de acero inoxidable, manejados mediante MRP.

DEFINICION. La lista de materiales se pueda definir como una lista de subensambles, partes y materia prima que intervienen en un ensamble, mostrando la cantidad que se requiere para hacer el ensamble.

CONFIGURACION. La configuración del producto terminado es la estructura de todas las partes que lo forman.

Los términos utilizados en la fabricación de tubería de acero inoxidable son:

PARTES.- Son todos los artículos que se compran como materia prima para ser procesados.

- Rollo de Acero Inoxidable
- Tinta para el marcado de tubería, aceites, soluciones para las pruebas, etc. (Manejados por medio del sistema punto de reorden)

SUBENSAMBLES.- Es el término usado cuando se arman algunas partes para formar un conjunto, y después éste continuar para seguir el armado.

ENSAMBLES.- Al tratarse de un producto de un gran número de partes, por facilidad se divide en secciones con una función determinada para tener más control en la producción.

COMPONENTES.- Son las partes o subensambles que forman un ensamble a nivel superior.

En la fabricación de tubería de acero inoxidable los tres conceptos anteriores no tienen mayor trascendencia debido a que el tubo como producto terminado se deriva de un proceso continuo, dependiendo únicamente del fleje de acero inoxidable.

La configuración de un producto se representa en forma de listados que pueden ser:

- Lista de Materiales Simple
- Lista de Materiales Indentada

LISTA DE MATERIALES SIMPLE.-

Es una lista ordenada de todos los componentes que integran el producto final, especificando la cantidad total que lleva y su descripción.

A continuación se propone un ejemplo de tres artículos diferentes.

De ésta lista de materiales podemos concluir que para la fabricación de tubería de acero inoxidable de 6" Ced.10, 1 1/4" Ced.40 y 1"Ced.40, partimos de la misma materia prima: Rollo de Acero Inoxidable C-11; siendo éste transformado en fleje de distintos anchos, dependiendo del calibre y medida del tubo a fabricar.

NO. DE PARTE	DESCRIPCION	CANTIDAD	U. M.
RL0000	ROLLO A. I. T-304 C-1i	3500	Kgs.
P40151	FLEJE AC. INOX. T-304		
	152.0mm (10)	1496	Kgs.
P40072	FLEJE AC. INOX. T-304		
	31.8mm (40)	1074	Kgs.
P40062	FLEJE AC. INOX. T-304		
	25.4mm (40)	837	Kgs.
TP0151	TUBO AC. INOX. T-304 C/C		
	152.0mm (10)	108.20	Mts.
TP0072	TUBO AC. INOX. T-304 C/C		
	31.8mm (40)	317.56	Mts.
TP0062	TUBO AC. INOX. T-304 C/C		
	25.4mm (40)	335.06	Mts.

**RELACION DE PRODUCTO TERMINADO OBTENIDA DE LA
LISTA DE MATERIALES PROPUESTA:**

MEDIDA		KGS.	NO. DE PZAS (6.10 M)
6"	CED 10	1496	17.73
1 1/4"	CED 40	1074	52.05
1"	CED 40	837	54.92

NOTA: Se obtiene un sobrante de 93 kgs. (chatarra)

LISTA DE MATERIALES INDENTADA.-

Es un forma de representar al producto terminado, pero unicamente con números de parte. En el se muestran todos los componentes indicando el nivel en que se encuentran:

A.-

- Tp0151 TUBO AC.INOX.T-304 C/C 152mm C10
- 1 p40151 FLEJE DE AC.INOX. T-304 152mm C10
- 2* RL0151 LAM. EN ROLLO T-304 C-11

B.-

- Tp0062 TUBO AC.INOX.T-304 C/C 25.4mm C40
- 1 p40062 FLEJE DE AC.INOX.T-304 25.4mm C40
- 2* RL0151 LAM. EN ROLLO T-304 C-11

C.-

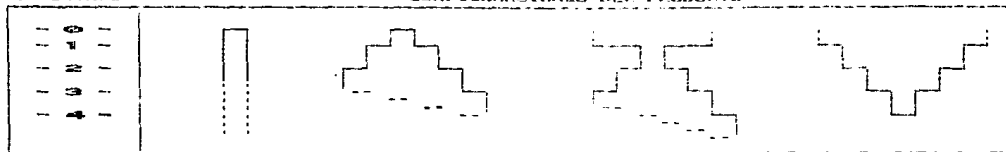
- Tp0072 TUBO AC.INOX.T-304 C/C 31.8mm C40
- 1 p40072 FLEJE DE AC.INOX.T-304 31.8mm C40
- 2* RL0151 LAM. EN ROLLO T-304 C-11

Donde: Tp0151
Tp0062 = Producto Terminado
Tp0072

PERFILES DE LAS LISTAS DE MATERIALES

NIVELES
DE
INDENTADO

CONFIGURACIONES DEL PRODUCTO



Página - 28

PERFIL A

DE POCOS
ARTICULOS A
POCOS Y SIMILARES
MATERIALES

PERFIL B

DE UN NUMERO
LIMITADO DE
ARTICULOS A UNA
VARIEDAD DE
MATERIALES Y/O
COMPONENTES

PERFIL C

DE UNA RELATIVA
VARIEDAD DE
ARTICULOS A
RELATIVAMENTE
POCOS MODULOS
HECHOS DE VARIOS
ARTICULOS

PERFIL D

DE UNA GRAN
VARIEDAD DE
ARTICULOS A
RELATIVAMENTE
POCOS
MATERIALES O
COMPONENTES

FABRICACION
ELECTRONICA DE
CIRCUITO INTEGRABLE

La lista de materiales para la fabricación de tubería de acero inoxidable, está constituida por un sólo nivel (ver figura anterior).

2.3. ELEMENTOS BASICOS PARA LA ADMINISTRACION DE INVENTARIOS.

IMPORTANCIA DE LOS DATOS DE PLANEACION Y CONTROL.

CLASIFICACION ABC DE INVENTARIOS.

Es una técnica de control de inventarios adaptada a la Ley de Pareto.

Esta ley es llamada del 80-20, debido a que el 20% de los artículos que representan el 80% del costo total, deben ser controlados más estrictamente que los demás artículos que representan un costo menor.

Este costo está formado por el costo unitario multiplicado por la cantidad a usar del artículo.

En ésta clasificación al 20% de los artículos de mayor costo se les denomina clase "A" y el 80% restante de artículos se convierten en clase "B" y "C".

Para los artículos que representan el 30% en cantidad y el 15% en costo, se les denomina clase "B".

Y por último los artículos que representan el 50% en cantidad para el 5% en costo, se les denomina clase "C".

El concepto A,B,C se implementa para controlar las clases "A" más estrictamente que las clases "B", y éstas más que las clases "C".

El controlar más estrictamente, significa revisar más frecuentemente, y la frecuencia determina la cantidad a ordenar. Las clases "A" serán revisadas más frecuentemente y ordenadas en menor cantidad para mantener la inversión en inventarios en su nivel más bajo y así poder tener más liquidez.

Esta técnica puede ser aplicable para asignar políticas de frecuencia de conteos en el proceso de conteos cíclicos para asegurar la exactitud de inventarios.

TECNICA DEL PUNTO DE REORDEN.

Cuando el inventario llega a una cantidad predeterminada en los registros de existencias se coloca una nueva orden de reposición.

Es una técnica que intenta asegurar una disponibilidad continua de todos los materiales para cumplir con cualquier demanda desconocida.

El punto de reorden es el nivel de inventario en el cual una orden de reposición debe emitirse. Es igual a la suma de la demanda esperada durante el tiempo de entrega más el inventario de seguridad.

$$PR = DDTE + IS$$

$$IS = FSMAD * MAD$$

$$MAD = S/1.25$$

PR = Punto de Reorden.

DDTE = Demanda Durante el Tiempo de Entrega.

IS = Inventario de seguridad.

FSMAD = Factor de seguridad Utilizado (de tablas)

MAD = Desviación Media Absoluta de la Demanda.

S = Desviación Estándar de la Demanda.

La técnica del punto de reorden, es aplicable en ésta tesis para el control de componentes como la tinta de marcado de tubería, los aceites de lubricación para las maquinas etc. (indirectos) ya que al hacer un análisis del presupuesto de ventas se determinan, las cantidades representativas del máximo y mínimo a mantener en stock. Así mismo, se obtiene el punto de reorden y la cantidad a comprar.

TAMARO DEL LOTE.

Un punto importante es el costo de ordenar y el costo de mantenimiento, la suma de éstos dos nos da el costo total de inventario.

La cantidad económica a ordenar E.O.Q., en pesos, es la política de ordenar que da el costo total mínimo.

Una de las principales restricciones por la cual no es aplicable el lote económico en el caso de la fabricación de tubería, es que la cantidad a ordenar está en función del peso, ancho y espesor de la materia prima. Para calcular la cantidad en metros a fabricar, se utiliza la siguiente fórmula:

$$S = \frac{P}{A * E * 5.0967}$$

Donde: S = cantidad a fabricar (metros)
P = peso del rollo (kilogramos)
A = ancho del rollo (pulgadas)
E = espesor (pulgadas)

5.0967 factor de conversión pulgadas->metros.

La producción debe hacerse en lotes pequeños solamente cuando se requieran, éste enfoque es coherente con el uso de un sistema de lotes repetitivos y un sistema de jalón (kanban). Para que tenga éxito un sistema justo a tiempo requiere mucho tiempo dedicado a la reducción de los tamaños de lotes de los materiales y al incremento de la frecuencia de los movimientos.

Es importante no reducir los inventarios de seguridad, llegar a las entregas más pequeñas hasta que la calidad de las partes tengan un nivel aceptable. Es necesario iniciar la solución de los problemas de de calidad con los proveedores y con el proceso de producción mucho antes de intentar reducir el inventario.

Ya que el inventario está ligado con la inversión en capital de trabajo, debe considerarse como una inversión, y como tal debe esperarse una generación de utilidades.

Una forma para evaluar la inversión en inventario es la Rotación de Inventario, que se define como el número de veces que el inventario es reemplazado durante un período de tiempo.

Para medir la rotación de inventario se usa la siguiente fórmula:

$$\text{ROTACION DE INVENTARIO} = \frac{\text{COSTO DEL ARTICULO VENDIDO}}{\text{COSTO DEL INVENTARIO PROMEDIO}}$$

Ahora conforme aumenta la rotación de inventarios, resulta una mayor utilidad en el manejo de inventarios, y una forma de aumentar la rotación disminuyendo la cantidad a ordenar o disminuyendo el inventario de seguridad.

POLITICAS DE ORDENAMIENTO.

Dentro de un ambiente de manufactura de tubería de acero inoxidable las técnicas de ordenamiento más importantes pueden ser:

1.- Cantidad de Orden Periódica (COP).- Una de las técnicas más simples para emplear con datos de requerimientos de etapas programadas. Expresa la cantidad de pedido como igual a los futuros requerimientos netos totales sobre un número de períodos de tiempo. Los períodos de tiempo utilizados para la cantidad periódica de pedido deben ser económicos basados en el equilibrio de los costos de pedido y de tenencia. El enfoque más simple utiliza la fórmula para obtener la cantidad a fabricar en metros (S) y luego convierte ésta a los períodos de tiempo equivalentes de suministro, llamado COP, basada en la tasa promedio de consumo.

$$\text{COP} = \frac{S}{\text{(consumo semanal promedio)}}$$

Consumo Anual = 15,600 mts.

S = 21,000 mts.

$$\text{COP} = \frac{2,100}{(15,600/50)} = 7 \text{ Semanas.}$$

Este cálculo es aproximado; se emplean 50 semanas en un año para obtener el consumo promedio y la COP se redondea al número entero más próximo de semanas.

2.- **Lote por Lote.**- Una definición del tamaño del lote ideal es una cantidad que es exactamente lo que hoy o ésta semana se necesita en realidad. EL nombre de lote por lote se ha aplicad a la técnica de confrontar las cantidades de pedido con los requerimientos para el período que se planea, usualmente una semana. Este es programado con facilidad en el MRP. Se lleva muy poco inventario y el flujo de trabajo a través de los centros de trabajo es más parejo y más confiable.

3.- **Cantidad fija de la Orden (CFO).**- Cuando el material se recibe de una sola vez, la cantidad en inventario aumenta de inmediato hasta el total del lote que se pidió. Después ésta cantidad disminuya conforme se saca el material en un período de tiempo hasta que se recibe una vez más un nuevo tamaño de lote. Mientras se está produciendo, se llevan a cabo entregas parciales al stock, pero también se realizan extracciones durante éste período. Por consiguiente el inventario promedio tamaño de lote no igualará la mitad del tamaño de lote, como sucede cuando todo el lote se recibe de una sola vez.

IMPORTANCIA DE LA EXACTITUD DE LOS INVENTARIOS.

Todos los sistemas de planeación de producción dependen de la exactitud de los inventarios.

La exactitud de los inventarios es afectada principalmente por las recepciones de materiales, órdenes terminadas, transacciones de embarque, ajustes, retornos, devoluciones al proveedor y salidas de materiales.

El inventario disponible esta constituido por: Existencia menos lo Asignado mas lo Ordenado, y que nos representa lo disponible para asignar producto terminado o materiales.

Los inventarios pueden ser inexactos debido a varias razones, por ejemplo: el inventario inicial es incorrecto, las transacciones son incorrectas, las transacciones no son reportadas en el sistema y por las transacciones que se efectúan con demora.

Para poder incrementar la exactitud de los inventarios se pueden establecer los siguientes puntos:

- Dejar que el computador organice y conserve los datos.
- Recolección automática de datos.
- Validar la información (cifras control, reportes impresos).
- Incluir las responsabilidades (descripción de puesto) de la gente involucrada en transacciones del sistema de inventarios, parámetros de medición del desempeño en cuanto a % de errores en la exactitud de los inventarios.

- Acceso restringido a los almacenes.
- Mantener cerrados los almacenes en horas de inactividad.
- Reportar oportunamente los rechazos, roturas.

Para evitar posibles errores, se realizan tomas físicas selectivas del material cada semana, de medidas diferentes, y se checa inmediatamente con la información que proporciona el computador. En caso de existir alguna diferencia, ésta se busca en listados de movimientos mensuales que se obtiene del mismo computador.

Es importante mantener la información real de los inventarios que se controlan para la emisión de órdenes de producción através del MRP, y de ésta manera obtener los óptimos niveles de inventario de artículo terminado.

EXISTENCIA DE SEGURIDAD.

El procedimiento para establecer niveles de existencia de seguridad es basándose en el conocimiento de la demanda, requiere de una decisión gerencial inicial en relación al nivel de servicio deseado.

El nivel de servicio (NS) de un inventario es un número que representa el porcentaje de ciclos de ordenamiento en el cual todas las solicitudes de demanda pueden surtirse del almacén.

Lo opuesto al nivel de servicio es un porcentaje que representa el riesgo de faltante (RF).

$\text{NIVEL DE SERVICIO (NS)} = 100\% - \text{RIESGO DE FALTANTE (RF)}$
--

FILOSOFIA DE CERO INVENTARIOS.

Es una filosofía de manufactura basada en la eliminación total del desperdicio y el incremento constante de la productividad. Al compás de la ejecución exitosa de todas las actividades de manufactura requeridas para producir un producto terminado, desde el diseño de ingeniería hasta el envío del producto, incluye las etapas de conversión a partir de la materia prima.

Esta filosofía está soportada por los siguientes principios:

Tener solamente el inventario necesario cuando éste se requiera; mejorar la calidad a cero defectos; reducir los tiempos de entrega reduciendo los tiempos de preparación, el tamaño de las colas y los tamaños de lotes; y revisar profundamente todas las operaciones para lograr lo anterior a un mínimo costo. Cero inventarios es aplicable a todos los procesos de manufactura, (intermitente, continuo o repetitivo).

2.4.ELEMENTOS BASICOS EN LA FUNCION DE COMPRAS.

Obtención de materiales:

- Materiales de producción
- Maquinas
- Mantenimiento, reparación y materiales de op.
- Equipo

MATERIALES DE PRODUCCION: Las compras de la materia prima, (rollos), se planean con tres meses de

anticipación debido a que éstos proceden del extranjero y es el tiempo de arribo a la ciudad de México.

Las compras de materia prima se hacen por medio de un análisis, en el que interviene la tubería consumida durante un año completo; la cual se agrupa por calibres (espesor de pared) y por el tipo de acero. En el proceso de compra se utilizan como unidades de medida los kilogramos, y una vez que se conocen éstos por calibre se calcula el porcentaje que representa cada uno del total de la tubería consumida.

Tomando en cuenta la capacidad de la planta se estima el tonelaje a fincar cada mes, que es un promedio de 100 Tns.

Al igual que el material vendido, se saca un porcentaje del material que se ha fincado (consumido y por llegar) durante el año actual; con esto es posible la obtención de un pronóstico de la materia a utilizar en el futuro.

ESPECIFICACIONES DE MATERIA PRIMA.

CALIBRE	I	ESPESOR (mm)	I	ANCHO (mm)	I	ACABADO	I	PESO (Kgs)
25	I	0.51	I	1220	I	2B	I	3,000
22	I	0.71	I	1220	I	2B	I	3,000
20	I	0.89	I	1220	I	2B	I	3,000
18	I	1.24	I	1220	I	2B	I	3,000
16	I	1.65	I	1220	I	2B	I	3,000
14	I	2.11	I	1220	I	2B	I	3,000
13	I	2.41	I	1220	I	2B	I	3,000
12	I	2.53	I	1220	I	A1	I	7,000
11	I	3.05	I	1220	I	A1	I	7,000
10	I	3.40	I	1220	I	A1	I	7,000
9	I	3.76	I	1220	I	A1	I	7,000
6	I	5.04	I	1220	I	A1	I	7,000
5	I	5.55	I	1220	I	A1	I	7,000

2.5. INGENIERIA DEL PRODUCTO.

ADMINISTRACION DE CONFIGURACION.- Es el enfoque sistemático para identificar, controlar y mantener el estado de una configuración desde su definición inicial de diseño a través de toda su vida.

INGENIERIA DEL PRODUCTO.-

Partes y componentes: - Descripción
- Costo
- Proveedor
- Tiempo de entrega
Configuración: - Subensambles
- Cantidades
- Nivel de Revisión

INGENIERIA DE MANUFACTURA.-

Hojas de Ruta: - Instrucciones de trabajo
- Tiempos estándar
- Tiempos máquina
- Tiempos de espera, y preparación
Centros de Trabajo: - Centros
- Capacidad
- Eficiencia

TIPOS DE CODIGOS.

Para un mejor control de los materiales, se han asignado una serie de códigos a cada uno de ellos, agrupados por familias, como a continuación se describe:

Tp0151 . donde: Tp = familia (acero inox. T-304
015 = medida (6 pulgs.)
1 = cédula (ced-10)

* VER ANEXO 1

2.6. INGENIERIA DE MANUFACTURA.

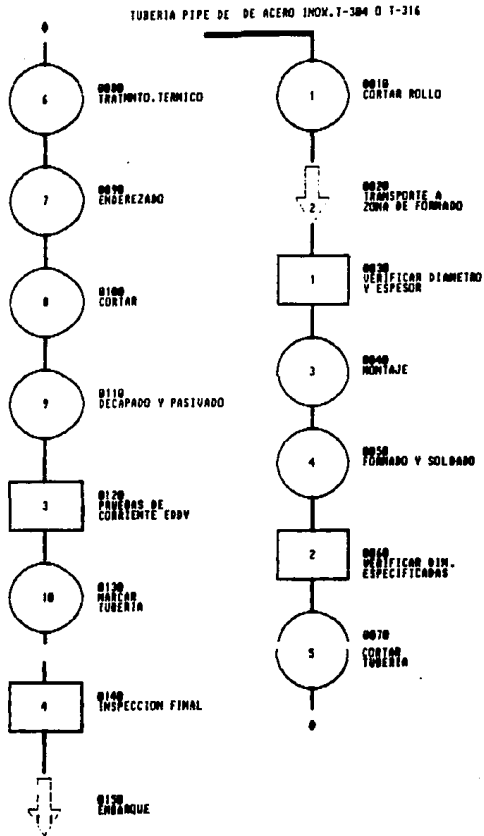
DIAGRAMA DE PROCESO DE OPERACIONES PARA LA TUBERIA PIPE Y TUBING.

TUBERIA CON DIAMETRO NOMINAL "PIPE":

No.DE OP.	C/T	DESCRIPCION DE LA OPERACION
0010	CC010	Cortar rollo (obtención del fleje a rolar)
0020	-----	Transporte a la zona de formado
0030	RE001	Verificar dimensiones *
0040	FD010	Montaje en la máquina formadora
0050	FD010	Formado y soldado del producto (tubos)
0060	RE001	Verificación de las dimensiones obtenidas*
0070	CC020	Cortar tubería en tramos de 6.20 mts.
0080	TT001	Dar tratamiento térmico a la tubería *
0090	EN010	Enderezar la tubería
0100	CC020	Cortar tubería en tramos de 6.10 mts.
0110	GV010	Proceso de decapado y pasivado.
0120	EL010	Pruebas de corriente Eddy *
0130	MR010	Proceso de marcado de la tubería.
0140	RE001	Inspección del producto terminado. *
0150	-----	Embarque.

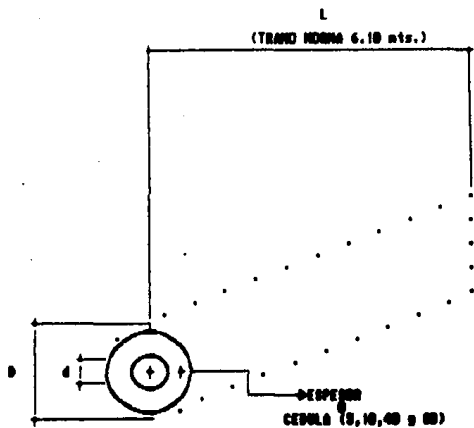
* I N S P E C C I O N .

DIAGRAMA DE PROCESO DE OPERACIONES.



TUBERIA PIPE.

(DIAMETRO NOMINAL)



D = DIAMETRO EXTERIOR.

d = DIAMETRO INTERIOR.

L = LONGITUD

P I P E .

E S P E C I F I C A C I O N E S

MEDIDA NOMINAL	CED	DIAMETRO		PESO APROX.		E S P E S O R		
		pulg	mm	Lb/pie	Kg/mt	pulg	mm	
1/8"	3.175	10	0.405	10.287	0.186	0.277	0.049	1.245
		40	"	"	0.245	0.364	0.068	1.727
		80	"	"	0.317	0.472	0.095	2.413
1/4"	6.350	10	0.540	13.716	0.330	0.490	0.065	1.651
		40	"	"	0.425	0.632	0.088	2.235
		80	"	"	0.541	0.804	0.119	3.023
3/8"	9.525	10	0.675	17.145	0.424	0.630	0.065	1.651
		40	"	"	0.568	0.844	0.091	2.311
		80	"	"	0.747	1.110	0.126	3.200
1/2"	12.700	5	0.840	21.336	0.538	0.800	0.065	1.651
		10	"	"	0.671	0.998	0.083	2.108
		40	"	"	0.851	1.266	0.109	2.769
3/4"	19.500	5	1.050	26.670	1.099	1.634	0.147	3.734
		10	"	"	0.714	1.062	0.065	1.651
		40	"	"	0.858	1.275	0.083	2.108
1"	25.400	5	1.315	33.401	1.131	1.682	0.113	2.870
		10	"	"	1.488	2.213	0.154	3.912
		40	"	"	0.868	1.291	0.065	1.651
1 1/4"	31.750	5	1.660	42.164	1.404	2.088	0.109	2.769
		10	"	"	1.680	2.498	0.133	3.378
		40	"	"	2.194	3.262	0.179	4.547
1 1/2"	38.100	5	1.900	48.260	1.107	1.646	0.065	1.651
		10	"	"	1.807	2.686	0.109	2.769
		40	"	"	2.275	3.382	0.140	3.556
2"	50.800	5	2.375	60.325	3.028	4.502	0.191	4.851
		10	"	"	1.275	1.895	0.065	1.651
		40	"	"	2.086	3.102	0.109	2.769
2 1/2"	63.500	5	2.875	73.025	2.720	4.044	0.145	3.683
		10	"	"	3.669	5.455	0.200	5.080
		40	"	"	1.605	2.386	0.065	1.651
3"	76.200	5	3.500	88.900	2.639	3.924	0.109	2.769
		10	"	"	3.655	5.434	0.154	3.912
		40	"	"	5.074	7.545	0.218	5.537
3 1/2"	88.900	5	4.000	101.600	2.476	3.682	0.083	2.108
		10	"	"	3.533	5.253	0.120	3.048
		40	"	"	5.796	8.618	0.203	5.156
4"	101.600	5	4.500	114.300	3.031	4.506	0.083	2.108
		10	"	"	4.335	6.445	0.120	3.048
		40	"	"	7.580	11.271	0.216	5.486
4"	101.600	5	4.500	114.300	3.474	5.165	0.083	2.108
		10	"	"	4.976	7.398	0.120	3.048
		40	"	"	9.115	13.552	0.226	5.740
4"	101.600	5	4.500	114.300	3.917	5.824	0.083	2.108
		10	"	"	5.617	8.351	0.120	3.048
		40	"	"	10.797	16.053	0.237	6.020

MEDIDA NOMINAL	CED	DIAMETRO EXTERIOR		PESO APROX.		E S P E S O R	
		pulg	mm	Lb/pla	Kg/mt	pulg	mm
6" 152.400	5	6.625	168.275	7.593	11.290	0.109	2.769
	10	"	"	9.299	13.826	0.134	3.404
	40	"	"	18.989	28.234	0.280	7.112
8" 203.200	5	8.625	219.075	9.925	14.757	0.109	2.769
	10	"	"	13.415	19.946	0.148	3.759
	40	"	"	28.846	42.890	0.322	8.179
10" 254.000	5	10.750	273.050	15.207	22.610	0.134	3.404
	10	"	"	18.721	27.835	0.165	4.191
	40	"	"	40.905	60.820	0.365	9.271
12" 304.800	5	12.750	323.850	22.205	33.015	0.156	3.962
	10	"	"	24.227	36.022	0.180	4.572
	40	"	"	50.079	74.460	0.375	9.525
14" 355.600	5	14.000	355.600	23.307	34.654	0.156	3.962
	10	"	"	28.019	41.660	0.188	4.775
	40	"	"	55.137	81.980	0.375	9.525
16" 406.400	5	16.000	406.400	28.201	41.930	0.165	4.191
	10	"	"	32.081	47.700	0.188	4.775
	40	"	"	63.221	94.000	0.375	9.525
18" 457.200	5	18.000	457.200	31.752	47.210	0.165	4.191
	10	"	"	36.137	53.730	0.188	4.775
	40	"	"	71.325	106.050	0.375	9.525
20" 508.000	5	20.000	508.000	40.192	59.760	0.188	4.775
	10	"	"	46.541	69.200	0.218	5.537
	40	"	"	79.416	118.080	0.375	9.525
22" 558.800	5	22.000	558.800	44.255	65.800	0.188	4.775
	10	"	"	51.243	76.190	0.218	5.537
	40	"	"	87.514	130.120	0.375	9.525
24" 609.600	5	24.000	609.600	55.951	83.190	0.218	5.537
	10	"	"	64.075	95.270	0.250	6.350
	40	"	"	95.605	142.150	0.375	9.525
30" 762.000	5	30.000	762.000	80.264	119.340	0.250	6.350
	10	"	"	99.956	148.620	0.312	7.925
	40	"	"	119.891	178.260	0.375	9.525

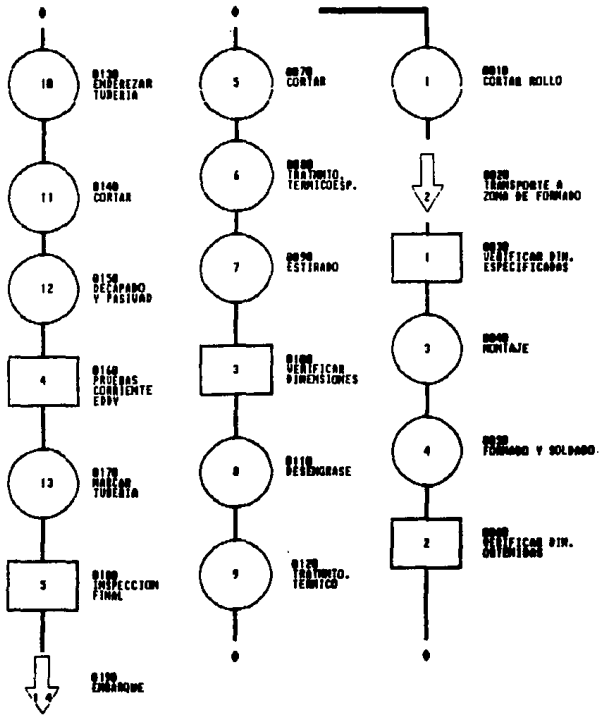
TUBERIA CON DIAMETRO CALIBRADO "TUBING"

No.DE OP.	C/T	DESCRIPCION DE LA OPERACION
0010	CC010	Cortar rollo (obtención del fleje a rolar)
0020	-----	Transporte a la zona de formado
0030	RE001	Verificar dimensiones especificadas. *
0040	FD010	Montaje en la máquina formadora
0050	FD010	Formado y soldado del producto (tubos)
0060	RE001	Verificación de las dimensiones obtenidas*
0070	CC020	Cortar tubería en tramos de 6.20 mts.
0080	TT001	Dar tratamiento térmico a la tubería
0090	ET010	Estirado de la tubería
0100	RE001	Verificación de dimensiones especificadas*
0110	DS010	Desengraxe de tubería
0120	TT001	Tratamiento térmico
0130	ET020	Enderezar la tubería
0140	CC020	Cortar tubería en tramos de 6.10 mts.
0150	GV010	Proceso de decapado y pasivado.
0160	EL010	Pruebas de corriente Eddy *
0170	MR010	Proceso de marcado de la tubería.
0180	RE001	Inspección del producto terminado. *
0190	-----	Embarque.

*** I N S P E C C I O N .**

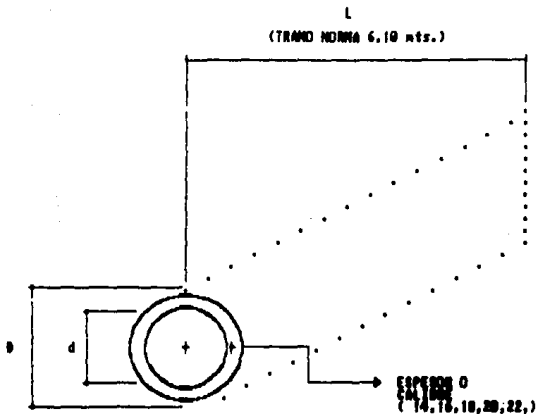
DIAGRAMA DE PROCESO DE OPERACIONES.

TUBING DE ACERO INOX. T-304 O T-316



TUBERIA TUBING.

(DIAMETRO CALIBRADO)



D = DIAMETRO EXTERIOR

d = DIAMETRO INTERIOR

L = LONGITUD

TUBING PESOS TEORICOS (KG/MT)
ESPECIFICACIONES

	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	3
DIAMETRO EXTERIOR	0.02	0.022	0.025	0.028	0.032	0.035	0.042	0.049	0.058	0.065	0.072	0.080	0.095	0.109	0.12	0.134	0.148
1/4"	0.074	0.080	0.090	0.100	0.112	0.121	0.140	0.158	0.179	0.193	0.206	0.222	0.236	0.247	0.250	0.249	0.242
3/8"	0.114	0.125	0.140	0.156	0.176	0.191	0.224	0.256	0.295	0.323	0.350	0.389	0.427	0.465	0.491	0.516	0.539
1/2"	0.154	0.169	0.190	0.212	0.240	0.261	0.309	0.354	0.411	0.454	0.494	0.555	0.617	0.684	0.731	0.787	0.836
5/8"	0.194	0.213	0.241	0.268	0.304	0.331	0.393	0.453	0.527	0.584	0.639	0.722	0.808	0.902	0.972	1.055	1.132
3/4"	0.234	0.257	0.291	0.324	0.369	0.401	0.477	0.551	0.644	0.714	0.783	0.888	0.998	1.121	1.213	1.324	1.429
7/8"	0.274	0.301	0.341	0.380	0.433	0.472	0.561	0.649	0.760	0.845	0.927	1.054	1.189	1.339	1.453	1.593	1.726
1"	0.314	0.345	0.391	0.437	0.497	0.542	0.645	0.747	0.876	0.975	1.072	1.221	1.379	1.558	1.694	1.861	2.023
1 1/4"	0.395	0.433	0.491	0.549	0.625	0.682	0.814	0.944	1.109	1.235	1.360	1.554	1.760	1.995	2.175	2.399	2.616
1 1/2"	0.475	0.522	0.591	0.661	0.753	0.822	0.982	1.140	1.342	1.496	1.649	1.986	2.141	2.432	2.656	2.936	3.210
1 3/4"	0.555	0.610	0.692	0.773	0.882	0.963	1.151	1.337	1.574	1.757	1.938	2.219	2.522	2.869	3.137	3.473	3.803
2"	0.635	0.699	0.792	0.886	1.010	1.103	1.319	1.530	1.807	2.017	2.227	2.532	2.903	3.306	3.619	4.041	4.396
2 1/2"	0.796	0.874	0.992	1.110	1.267	1.384	1.656	1.926	2.272	2.539	2.804	3.218	3.665	4.180	4.581	5.085	5.583
3"	0.956	1.051	1.193	1.335	1.523	1.665	1.993	2.319	2.737	3.060	3.381	3.883	4.427	5.055	5.543	6.160	6.770
3 1/2"	1.116	1.227	1.393	1.559	1.780	1.945	2.330	2.712	3.202	3.581	3.959	4.549	5.189	5.929	6.506	7.235	7.957
4"	1.277	1.404	1.594	1.784	2.037	2.226	2.666	3.105	3.667	4.103	4.536	5.215	5.950	6.803	7.468	8.389	9.144
4 1/2"	1.437	1.580	1.794	2.009	2.293	2.507	3.003	3.498	4.132	4.624	5.114	5.880	6.712	7.677	8.431	9.384	10.331
5"	1.918	2.110	2.396	2.692	3.063	3.349	4.014	4.677	5.528	6.188	6.846	7.877	8.998	10.300	11.318	12.608	13.892
8"	2.560	2.915	3.198	3.580	4.090	4.472	5.361	6.249	7.389	8.273	9.156	10.540	12.046	13.796	15.167	16.907	18.640

Teniendo definida una lista de materiales con sus respectivos niveles, la política de inventario que se va a establecer en la fabricación de tubería, además de conocer perfectamente el proceso de fabricación de la misma, podemos dar paso a establecer una Planeación Maestra de Producción así como una Planeación de Requerimientos de Capacidad; como se propone en el siguiente capítulo.

CAPITULO III.

PLAN MAESTRO DE LA PRODUCCION. (PMP) Y PLANEACION DE REQUERIMIENTOS DE CAPACIDAD (CRP).

3.1 CONCEPTOS GENERALES.

La planificación es una de las cuatro fases del proceso de administrar. Implica decidir qué hacer, con qué elementos y en qué orden, supone por lo tanto, proyectarse hacia el futuro. Esta fase de la administración está continuamente presente en la actividad del dirigente, integrada con las demás (organización, dirección y control).

A medida que la actividad económica se hace más compleja, resulta más difícil llevarla a cabo sin una serie de anticipaciones y previsiones. Son muy numerosos los elementos que intervienen en la producción moderna y si cada uno de ellos no se encuentra, con las características adecuadas, en el lugar y en el momento precisos, no es posible llevarla a cabo, o se producirán pérdidas de tiempo, es decir, pérdidas de recurso social fundamental, la fuerza de trabajo y otras.

Toda decisión de futuro implica la formulación de un plan y supone hacer un pronóstico de lo que va a suceder y fijar el tiempo o la fecha de cada acción, es decir programar los pasos a dar.

En la producción de tubería de acero inoxidable ésta tarea de planeación de acuerdo a lo pronosticado y a nuestra capacidad de producción es parte de un Plan Maestro de Producción (PMP), y de una Planeación de Requerimientos de Capacidad, que a continuación se describen.

3.2. PLANEACION MAESTRA DE LA PRODUCCION.

Es una expresión de lo que la compañía espera fabricar, en términos de los artículos seleccionados para planear.

Es importante tener un programa maestro de producción ya que éste forma parte de las entradas al MRP, ya que nos indica el qué producir, cuándo producir y cuánto producir, tomando en cuenta artículos de demanda dependiente.

- Es un programa que especifica los productos a generar, indicando las fechas y cantidades que se requieren producir.
- No es lo que puede ser vendido (pronosticado), sino lo que se puede y debe producir.
- Administrar niveles de inventarios para absorber fluctuaciones de demanda.
- Es un proceso constante que trata de balancear las necesidades de la empresa con los limitantes de capacidad y disponibilidad de materiales.
- Punto de entrada para la Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP).

Implica la distribución entre las distintas unidades, de la responsabilidad de planificar sus actividades en mayor detalle y la programación y el ajuste de éstas, sobre la marcha, según se haga necesario.

Supone una cierta autonomía para hacer los planes específicos dentro del plan central, con lo que se aprovecha la iniciativa de los distintos niveles y se evitan los "cuellos de botella" que produce una exagerada centralización. Únicamente así se puede garantizar el ritmo de operación más conveniente y el empleo eficiente de la capacidad instalada, el personal disponible y los demás recursos que tiene a su disposición la empresa o unidad.

El programa maestro de producción puede estar enfocado en la manufactura de un producto pudiendo ser éste de demanda independiente o demanda dependiente.

Una parte puede tener ambos tipos de demanda; en el caso de la tubería de acero inoxidable, ésta puede ser considerada como materia prima y/o como componente fabricado para ensamble final.

En la producción de tubería de acero inoxidable el Programa Maestro de la Producción representa una matriz de tipos de Tubing o Pipe en diversas medidas, programados considerando para cada artículo un período de tiempo determinado, siendo este por la sencillez de nuestro producto terminado (tubería) semanal.

El programa maestro de producción puede variar considerablemente entre industrias.

No hay un formato universal, depende de estrategias, ya sean de producción por stock, producción por orden, complejidad de estructura de producto, multialmacenes o multiplantas.

TIPOS DE ESTRUCTURAS DE PRODUCTOS.

Para cada ambiente de manufactura, el Plan Maestro de la Producción (PMP) toma lugar en el punto en donde el número más bajo de opciones existe.

En el Capítulo II (2.1.3.) se explican los distintos perfiles de listas de de materiales dependiendo de la estructura de nuestro producto terminado. El perfil D nos muestra al PMP como un plan de materias primas; en donde existen muchos artículos de componentes comunes.

Para el desarrollo del Programa Maestro de Producción de tubería de acero inoxidable se propone éste nivel de lista de materiales, debido a que partimos de poca variedad de materia prima (rollos de placa) para obtener una amplia variedad de producto terminado, considerando a cada medida, espesor y el tipo de acero inoxidable (T-304 ó T-316). Otros ejemplos con éste tipo de perfil en la lista de materiales pueden ser: los plásticos, el acero, el hilo etc.

Supongamos que a una unidad de producción (Kg.) se le ha fijado una meta como parte del plan anual de producción de la empresa y que esa meta viene ya subdividida por trimestres, en las cantidades y el surtido que deberán ser entregados en cada uno de éstos períodos.

Esas cifras se subdividen, por la dirección de esa unidad (Kg.), inmediatamente por meses, semanas y días de trabajo, de acuerdo con la capacidad de la planta,

constituyendo el plan general de producción, cuyas cantidades toman en cuenta las existencias iniciales del producto, si las hay, y las finales, si deben quedar.

Esa subdivisión ya se hace considerando los distintos tipos y tamaños, de tubos cuya producción se programa conforme a las características técnicas de los mismos.

Cada uno de esos artículos, a su vez, se descompone en las materias primas que se consumen o utilizan en su producción. Esto puede hacerse empleando para cada uno de los materiales componentes la unidad de medida (Kg.) general referida a la unidad del producto terminado, a la que se convierten las cantidades de los distintos materiales según los factores de la fórmula o la norma o el plan de cada tubo. El trabajar siempre con la misma unidad evita confusiones que de otro modo pueden ser muy frecuentes.

Con vista a la existencia inicial de cada uno de esos materiales necesarios y la que debe conservarse siempre como mínimo, y el consumo que representa el plan de producción, se determinan las recepciones necesarias y el momento en que deben llegar a la unidad, ordenándose las compras, tomando en cuenta el tamaño más económico del lote, con vista a los precios, la distancia del mercado abastecedor y la seguridad de la fecha de recepción. Es evidente que es necesario confirmar las posibilidades reales del proveedor.

El propósito de todo esto es garantizar que se pueda contar con todos los materiales necesarios cada uno de los días de producción, manteniendo las existencias dentro de los límites de seguridad y con los más bajos costos posibles. Es así como se formula el plan y el programa de compras o abastecimientos y se da su programa de recepciones al almacén.

Un cálculo de igual pronóstico, se realiza con la fuerza de trabajo necesaria y se programa su utilización de acuerdo con los recursos humanos disponibles u obtenibles, la capacidad de los diferentes departamentos de la planta y los distintos turnos de fabricación.

Periódicamente durante la ejecución del plan de abastecimientos con la frecuencia que demande la característica de cada material y sus suministros (cada día, semanalmente, cada quince días o cada mes) se revisan todos los componentes de cada programa, introduciendo los nuevos datos reales y rectificando el resto de las cifras, de manera de poder anticipar cualquier cambio que sea necesario realizar en cualquier programa. Por ejemplo, pueden haberse recibido instrucciones de aplazar el plan de entregas de tubos o reducir su ritmo, lo cual puede implicar aplazar o reducir el plan de producción y permitir hacerlos también con los programas de abastecimiento coordinándolo con los proveedores, puede ser también que las compras de rollos de placa realizadas no estén llegando en la forma esperada, sino con mayor atraso, lo cual puede

alterar el ritmo de la producción, salvo que tengamos otros medios extraordinarios de abastecimiento que sería necesario movilizar de inmediato.

En cualquiera de los innumerables cambios que pueden producirse, la continua planificación operativa debe anticipar lo más posible las decisiones que aseguren todas las medidas necesarias para garantizar la producción y el más económico empleo de los recursos.

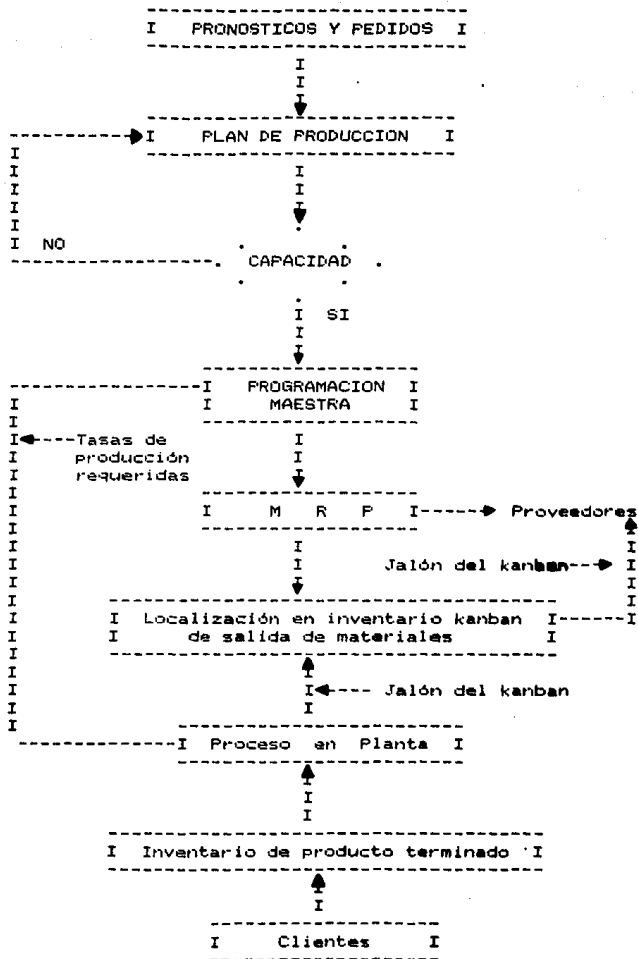
3.3. DIAGRAMA DEL PMP EN UN SISTEMA TRACTIVO O DE JALÓN (KANBAN)

En la siguiente figura se muestra el flujo de un sistema de jalón en la producción de tubería de acero inoxidable; obsérvese que el sistema utiliza el Plan de Producción considerando la Capacidad en Planta que de ser la adecuada se utiliza el Programa Maestro de Producción y una producción MRP. para hacer el pronóstico de la materia prima requerida a los proveedores y para establecer programas de acuerdo a nuestras tasas de producción con la planta. Entonces sí se inicia en el último centro de trabajo para el proceso antes de ir al inventario de productos terminados, el sistema jala el material requerido para la elaboración del producto considerado en el centro de abastecimiento del proveedor y del almacén. La figura muestra el proceso de jalón con una flecha en reversa que

señala el sentido desde el proceso de planta al almacén, y de éste hacia los proveedores.

Al combinar las mejores características de un sistema de empuje y un sistema de jalón, se podrá implantar un sistema efectivo justo a tiempo que nos permitirá planear, predecir y controlar los requerimientos de materiales en la planta. EL programa maestro de producción y el sistema MRP se utilizan para hacer la traducción de alto nivel del pronóstico de ventas a un programa de producción y requerimientos de materiales para cumplir con el programa de producción. Esta información la utilizamos para alertar a los proveedores y a la planta, de los requerimientos diarios de partes. Luego en base a la demanda real, el sistema de jalón mueve los materiales hacia la línea de producción.

(El concepto de jalón de materiales kanban se detalla en el Capítulo IV)



ACTIVIDADES DEL PLAN MAESTRO DE LA PRODUCCION.

Del diagrama anterior se derivan las siguientes actividades del FMP: demanda, requerimientos y órdenes de producción.

DEMANDA <----- ¿ Qué será vendido ?

- Pronósticos
- Órdenes de Clientes.

REQUERIMIENTOS <----- ¿ Qué necesita estar disponible ?

- Considerar demanda
- Considerar limitantes de producción.

ORDENES <----- ¿ Que será producido ?

- Considerar requerimientos
- Considerar inventario
- Considerar tiempo/producción

3.4. IMPORTANCIA DE LOS PRONOSTICOS

La planeación y el control de la fabricación se relaciona básicamente con el futuro. Una compañía puede sobrevivir sólo preparándose para cubrir las necesidades de sus clientes, por lo menos con la rapidez de sus competidores. La palabra pronóstico abarca las estimaciones de tales estimaciones futuras del cliente.

Al departamento de planeación se asigna la responsabilidad de planear para cubrir las futuras necesidades y fabricar el producto. El pronóstico de la demanda es el elemento vital en esta preparación. El personal de planeación necesita éste pronóstico para planear cuantos componentes comprar, cuánta materia prima adquirir, con qué cuotas maquinar o realizar los montajes y, lo más importante cuándo hacer el pedido.

TIPOS DE PRONOSTICOS Y SUS USOS.

PRONOSTICOS	REQUERIDO POR
1.- Formación de familias.	Comercialización: determinar el crecimiento total del mercado.
2.- Producción total requerida los próximos cinco años.	Fabricación: programa de expansión de la planta.
3.- Cantidad de horas (por tipo) requeridas los próximos dos años.	Fabricación: presupuesto de capital del siguiente año.
4.- Ventas del próximo año de productos individuales en agrupamientos de familias.	Ventas: cuotas. Finanzas: presupuesto de gastos. Fabricación: capacidades de trabajador y de máquina. Control de material: requerimientos estacionales de inventario y productos de compra abiertos.
5.- Ventas para el siguiente trimestre de productos individuales.	Control de material: capacidades del centro de trabajo, componentes fabricados y comprados.
6.- Ventas para la próxima semana de productos individuales.	Control del material: programas de montaje y prioridades de despacho.

Cabe señalar que el pronóstico de las ventas de tubería de acero inoxidable, no es un PMP, sino que nos proyecta la demanda del cliente, mientras que el PMP fija la producción de tubería para cubrir dicha demanda, considerando nuestra capacidad en la planta.

3.5. POLITICAS DEL PMP.

PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION.

La planeación de la producción establece su estrategia basándose en la demanda; si la demanda fuera constante la planeación sería fácil. Dentro de las respuestas a cambios en la demanda incluyen:

- Uso de tiempo extra.
- Implementar turnos adicionales.
- Cambiar el nivel de servicio.
- Modificar niveles de inventarios.
- Modificar mezcla de productos. Etc.

La gerencia debe decidir que variables modificar para lograr sus objetivos.

La PLANEACION es el proceso de definición y revisión de objetivos, asignando los recursos necesarios para su logro. La planeación de la producción incluye la coordinación de toda la demanda externa para elaborar un programa realista de producción de tubería terminada en períodos de tiempo definidos.

El CONTROL de la producción vigila el cumplimiento del programa maestro de la producción para asegurar que los requerimientos de fabricación se satisfagan en términos de fechas y de cantidad.

ELABORACION DEL PLAN DE PRODUCCION.

La elaboración del plan de producción debe siempre respetar dos principios básicos:

1.- En el plan de producción deben considerarse familias o grupos de productos fabricados con medios de fabricación similares, lo cual no implica mayor problema en la fabricación de tubería de acero inoxidable.

2.- El plan de producción debe ser expresado en los términos más sencillos para que sea significativo para el personal de la fábrica; esto es, las medidas de producción deben ser formuladas en kilogramos.

Los pasos seguidos para elaborar un plan de producción son:

A.- Determinación del período abarcado por el plan de producción. Muchas empresas elaboran un plan global de producción mensual con un año de antelación para establecer su política general referente a stocks-producción y como base para calcular la capacidad productiva necesaria. A continuación elaboran un plan de producción trimestral

desglosado por semanas para fijar las necesidades de personal.

B.- Establecimiento del nivel-base de stocks. Constituye la media de la mitad de las cantidades de pedido más los stocks de reserva de todos los artículos del grupo analizado cuando se aplica un sistema de puntos de pedido.

C.- Distribución de las previsiones de ventas a lo largo del período de planificación. Para ello deben tenerse en cuenta los ciclos regulares y los picos originados por políticas de promoción cuyo impacto sobre las tasas de ventas es muy significativo.

D.- Determinación de los stocks totales para el grupo de productos al principio del período de planificación. Suelen ser los stocks netos disponibles para nuevos pedidos, pero también pueden incluir los artículos fabricados pero todavía no empacados o enviados al almacén de producto terminado.

E.- Especificación del nivel deseado de stocks al final del período de la planificación. Constituya el nivel-base de stocks mencionado en el punto 1, más todas las existencias que deben ser añadidas para hacer frente a períodos de inactividad, picos estacionales u otras necesidades que se presenten al final de dicho período.

F.- Cálculo del cambio deseado en el nivel de stocks durante el período de planificación. Consiste sencillamente en hallar la diferencia entre los stocks del principio y fin del período de planificación.

G.- Cálculo de la producción total necesaria durante el período de planificación. Es igual a las ventas totales previstas más o menos todos los cambios deseados en el nivel de stocks entre el principio y el fin del período.

H.- Distribución de la producción total a lo largo del período. Para ello, deben considerarse las vacaciones u otros períodos de baja producción y el tiempo necesario para aumentar o disminuir las tasa de producción con respecto a los niveles actuales.

Partiendo de los stocks actuales, y suponiendo conocidos el nivel de stocks deseado al final del período de planificación y el pronóstico de ventas durante dicho período, podemos calcular la tasa semanal de producción mediante la siguiente relación:

$$R = \frac{D - S + EF}{N}$$

DONDE:

R= Tasa semanal de producción necesaria para alcanzar el nivel de prod. a lo largo del período de planif.

D= Stocks totales deseados al final del período de planificación.

S= Stocks totales reales al principio del período.

EF= Ventas totales previstas durante el período.

N= Número de semanas en el período.

Siguiendo con el ejemplo para stocks trimestrales:

U.M. Kgs.

	STOCK INICIAL	STOCK DESEADO	VENTAS	SEMANAS
Tp0151	843.38	5903.70	13831.53	12
Tp0072	825.20	6766.70	8458.38	12
Tp0062	3748.49	4997.99	7496.99	12

Por lo tanto:

$$R = \frac{D - S + EF}{N}$$

	TASA SEMANAL
Tp0151	1574.32
Tp0072	1199.99
Tp0062	728.87

**PLAN DE PRODUCCION SEMANAL
PARA EL PERIODO.**

ARTICULO SEMANA	Tp0151	VENTAS	PRODUCCION	STOCKS
-----				843.38
10-3	PREVISTO REAL	1180.74	1574.28	1236.92
10-10	PREVISTO REAL	1096.40	1574.22	1714.74
10-17	PREVISTO REAL	843.38	1574.22	2445.58
10-24	PREVISTO REAL	1433.75	1574.22	2586.05
10-31	PREVISTO REAL	2332.03	1574.22	1937.24
11-7	PREVISTO REAL	0.00	1574.22	3511.46
11-14	PREVISTO REAL	1180.74	1574.22	3904.94
11-21	PREVISTO REAL	2783.17	1574.22	2740.99
11-28	PREVISTO REAL	843.38	1574.22	3471.83
12-4	PREVISTO REAL	1433.75	1574.22	3612.30
12-11	PREVISTO REAL	2530.01	1574.22	2656.51
12-18	PREVISTO REAL	2614.49	1574.22	1616.24

En el cuadro se presenta el plan de producción semanal resultante. Los stocks iniciales y los esperados al final del período de planificación son iguales, por lo cual

la producción total es igual a las ventas previstas. El plan de producción se desglosa en dos partes, planeado o previsto y real. En los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre se comparan las ventas reales, la producción y los stocks con los datos del plan, a fin de comprobar y controlar la tasa de producción. Un plan de producción viene a ser como un presupuesto utilizado para comparar los resultados reales con los previstos y poder indicar de ésta manera las acciones correctivas que deben ser emprendidas.

El plan permite, además de planificar y controlar el nivel de la producción; regular el flujo de pedidos a la fábrica.

PLAN DE PRODUCCION ESTACIONAL.

En la elaboración de un plan de producción estacional o cuando se trabaja para stock, se dispone de tres alternativas:

- 1.- Mantener una tasa de producción uniforme a costa de almacenar altas cantidades de existencias.
- 2.- Mantener bajos los stocks variando la tasa de producción para satisfacer las ventas estacionales.
- 3.- Aplicar alguna combinación de las dos alternativas anteriores, con pocas modificaciones en la tasa de producción, pero realizadas en los momentos oportunos para minimizar los stocks excesivos y satisfacer la demanda estacionaria.

En términos generales un plan de producción estacional intenta equilibrar la inversión en stocks con los costos de modificar el nivel de producción.

ECUACION DE LA PLANEACION DE LA PRODUCCION.

FABRICACION PARA STOCK O ESTACIONAL (MAKE TO STOCK).

$$PP = P + IF - II$$

Donde:

PP = Plan de Producción.

P = Pronóstico.

IF = Inventario Final Programado.

II = Inventario Inicial.

PLANIFICACION DEL NIVEL DE PRODUCCION CUANDO SE TRABAJA SOBRE PEDIDO.

En éste caso el pedido de un cliente debe ser recibido antes de que el producto final sea producido. Por ello la mayoría de éstas empresas solamente planifican en función de los pedido acumulados, política que ignora de hecho, una característica básica de la previsión estacional: la previsión de grandes grupos de artículos puede ser relativamente exacta, inversamente a lo que ocurre con artículos individuales. Planificar en función de las previsiones en lugar de esperar la acumulación de pedidos permite reducir el plazo de entrega; lo que puede constituir una ventaja competitiva real.

El primer paso de la planificación, cuando se trabaja sobre pedido consiste en definir los grupos de

fabricación, que no son tan claros como en una empresa que trabaja para almacén. No obstante, suele haber grupos de producción similares que se fabrican con medios semejantes y que pueden ser identificados siempre que se tenga presente que el objetivo último es planificar la tasa productiva. Aunque los grupos determinados no representen la totalidad de la carga de trabajo de las máquinas, sin embargo, la elaboración de un plan de producción, aunque sea solamente para una porción de la capacidad total, siempre será más rentable que la ausencia total de planificación y justifica casi siempre su costo.

El paso siguiente consiste en analizar la demanda total pasada de los grupos de productos elegidos.

La fabricación de tubería pipa de acero inoxidable ya sea en T-304 o T-316, con medidas comerciales se hace para almacén, teniendo la opción de trabajar sobre pedido en medidas nominales que se salen de especificaciones o que simplemente no son lo suficientemente comerciales para poder incluirlas en un plan de producción estacional; y que por lo tanto entran en el plan de producción que depende de las necesidades especiales del cliente, es decir sobre pedido.

Especificada una tasa de producción semanal adecuada, es posible elaborar un programa semanal para los pedidos individuales que componen el total.

FABRICACION SOBRE PEDIDO (MAKE-TO-ORDER).

$$PP = P + PI - PF$$

$$PP = P + \text{AJUSTE DE } \text{-----} \rightarrow \text{INVENTARIO O PEDIDOS PENDIENTES.}$$

Donde:

- FP = Plan de Producción.
- P = Pronóstico.
- PI = Pedidos Pendientes Iniciales.
- PF = Pedidos Pendientes Finales.

MEDICION DE LA EJECUCION DEL PMP.

PRODUCCION:

PRODUCCION PLANEADA VS. PRODUCCION REAL

CAUSAS DE DIFERENCIAS:

CAMBIO DE CAPACIDAD, ORDENES VENCIDAS DE PERIODOS ANTERIORES.
Y NIVELES DE DESPERDICIO.

3.6. FORMATO DEL PMP.

El Plan Maestro es un informe de requerimientos de productos terminados por fecha y cantidad que se representa en forma de matriz listando:

Cantidades del producto final por período (ver figura), por conveniencia el tiempo por período para la planeación de requerimientos debe ser el mismo que el programa de producción.

El período de tiempo en el que se extiende el programa de producción es llamado horizonte de planeación que se divide en una parte firme y otra tentativa.

```

<-----HORIZONTE DE PLANEACION----->
<-----FIRME-----><-----TENTATIVO----->
-----
I   MES I A I M I J I J I A I S I O I N I D I E I F I M I
I PRODUCTO I I I I I I I I I I I I I I I I I
-----
I TUBO A.I. I I I I I I I I I I I I I I I I I
I T-304 I 50 I I I I I I I I I I I I I I I I
I 6" CED-10 I I I I I I I I I I I I I I I I
-----
I TUBO A.I. I I I I I I I I I I I I I I I I
I T-304 I 100 I I I I I I I I I I I I I I I
I 11/4CED-40 I I I I I I I I I I I I I I I I
-----
I TUBO A.I. I I I I I I I I I I I I I I I I
I T-316 I 250 250 200 150 150 150 100 150 150 200 50 50 I
I 1" CED-10 I I I I I I I I I I I I I I I I
-----

```

UNIDAD DE MEDIDA: KILOGRAMOS

3.7 PLANEACION DE LOS REQUERIMIENTOS DE CAPACIDAD. (CRP)

El proceso de fabricación de TUBERIA DE ACERO INOXIDABLE, está catalogado como un proceso de manufactura repetitiva o continua. Al analizar una industria de proceso como ésta, es necesario antes del MRP realizar una Planeación de Requerimientos de Capacidad (CRP).

Algunas de las principales razones son las siguientes:

- La capacidad instalada es fija o casi fija.

- La capacidad instalada no puede ser modificada fácilmente.
- El programa maestro y los requerimientos de materiales deben estar ajustados a la capacidad instalada.

Algunos otros ejemplos de las industrias de proceso continuo podrían ser las siguientes:

Industria de la Pintura, Industria del Cemento, Industria de laminación de Acero, etc.

OBJETIVOS:

- Controlar los tiempos de entrega de manufactura
- Mantener válido el plan de prioridades proporcionado por MRP
- Proporcionar herramientas que permitan tomar acciones correctivas en: Variaciones de tiempo, carga de máquinas y en el programa de producción.
- Minimizar el inventario en proceso
- Mejorar el servicio al cliente

CAPACIDAD Y PRIORIDAD.

IMPACTO EN EL PLAN MAESTRO DE LA PRODUCCION.

- . El PMP nivela la demanda con la capacidad.
- . Las prioridades las establece el PMP considerando las limitaciones.
- . Si no existe suficiente capacidad, el PMP debe ser ajustado.

CONFUSION ENTRE CAPACIDAD Y PRIORIDAD.

. Prioridad = Secuencia en que deben planearse las órdenes de fabricación de la tubería mas comercial.

. Capacidad = El nivel de producción de nuestro equipo

. Un problema de capacidad no se soluciona con prioridades, ni inversa.

3.8. PLANEACION Y CONTROL DE LA CAPACIDAD.

CAPACIDAD.- Es un ritmo comprobable de salida.

PLANEACION DE LA CAPACIDAD.- Es el proceso para determinar los recursos (mano de obra, máquinas, etc.), que se requieren para cumplir las metas de producción.

CONTROL DE LA CAPACIDAD.- Es el proceso de medición de la salida de producción y compararla contra el plan para determinar la variación y tomar las acciones correctivas.

OBJETIVO: Controlar que la capacidad planeada sea efectivamente disponible.

PRINCIPIO: Controlar las colas en los centros de trabajo.

- Si no hay cola, no hay problema de disponibilidad.

- Si hay cola de varios días o semanas, no hay capacidad efectivamente disponible.

TECNICAS:

Los informes de necesidades netas, completadas con el cálculo del tamaño del lote, indica la fecha en que debe estar terminada cada orden para cumplir el plan maestro para calcular el momento en que es necesario realizar el lanzamiento de cada orden de fabricación o compra, el MRP cuenta hacia atrás en el calendario de programación (calendario que refleja los periodos hábiles de programación) el lead time estimado, reordenado como un número entero de periodos de programación, sin tener en cuenta la capacidad del sistema. Sin embargo, esto no deja de ser una grosera aproximación de la realidad, ya que el lead time es una magnitud muy variable que depende en gran medida de la saturación del taller, en el momento en que se lanza una nueva orden.

Un primer intento de tener en cuenta esta variabilidad, dentro del determinismo propio del MRP, ha sido incluir una modificación de los lead times basada en registros históricos de los centros de trabajo; es decir, los lead times se corrigen con la utilización del centro de trabajo donde se realizan las órdenes (relación entre el tiempo disponible y el usado realmente en fabricación) y con la eficiencia del mismo (relación entre el estandar y el real empleado), datos que se actualizan cada cierto tiempo en función de la evaluación real del taller. Indudablemente, con este sistema pueden conseguirse ciertas mejoras, pero en cualquier caso no se garantiza que cuando se lance una orden

vaya a haber capacidad suficiente para su procesado, pues únicamente se considera la situación histórica del centro de trabajo, y no su situación futura.

Un paso más para la generación de programas factibles ha sido la utilización de un sistema de control de cada centro de trabajo para el control de la capacidad asignada. Esto se realiza habitualmente en el MRP con un informe de carga/capacidad para cada centro de trabajo como se muestra en la figura A.

El propósito de éste informe es mantener alerta a la dirección de planificación y control de la producción sobre la posible infactibilidad del plan maestro y las diversas decisiones propuestas sobre lotes, etc.

Ante situaciones de infatibilidad en los programas como en la figura A, el planificador deberá tomar acciones correctoras que le permitan reasignar las cargas o aumentar la capacidad en los puntos de sobre carga, tales como:

1.- Adelantar o retrasar órdenes y modificar los tamaños de lote en ese centro de trabajo.

2.- Cambiar el plan maestro propuesto inicialmente.

3.- Aumentar la capacidad disponible con acciones a corto plazo, tales como:

A) Utilizar horas extraordinarias.

B) Utilizar más turnos de trabajo.

C) Contratar mano de obra eventual.

D) Suncontratar algunas órdenes de trabajo.

E) Cambiar trabajadores de unos puestos de trabajo a otros.

En cualquier caso, la solución definitiva no deja de tener sus deficiencias, pues todos éstos retoques, que habitualmente son necesarios en la programación pueden generar retrasos en los plazos de entrega de los artículos, aumento de stock de productos en curso y mala utilización de las instalaciones. Por esto no es frecuente que los planes maestros propuestos se cumplan, a nivel detallado de programación y entonces la eficiencia del sistema suele ser peor de la prevista.

PROGRAMACION Y CONTROL DE LA CAPACIDAD

CENTRO DE TRABAJO NO. 00

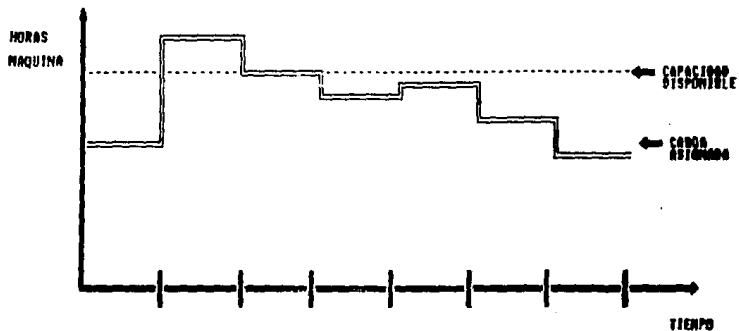


FIGURA A. INFORME CARGA/CAPACIDAD

CENTRO DE TRABAJO.- Podemos definir un centro de trabajo como cualquier recurso incluido en el proceso de fabricación, utilizado en el proceso de transformación de materia prima y que le agrega valor al producto terminado (tubería de acero inoxidable. Ejemplos pueden ser la máquinas formadoras, cortadoras, de enderezado etc. que en conjunto integran el proceso de fabricación; y que representa un 30% el costo de la tubería, mientras que el 70% restante esta representado por el costo de materia prima.

CAPACIDAD DE UN CENTRO DE TRABAJO.- Es el ritmo o tasa de producción del centro de trabajo, y se mide en la salida del centro.

En la fabricación de tubo de acero inoxidable contamos con una capacidad en el centro de trabajo de formado FD010 como a continuación se describe:

PRODUCTO	Tp0151	Tp0072	Tp0062
CAPACIDAD	103	52	45
EN KGS/HR	(7.5)	(15.37)	(18.01)
	mts.	mts.	mts.

TABLA DE CAPACIDAD DE FORMADO POR CENTRO DE TRABAJO.

FORMADORA 1. (FD010)

TUBING

Medida	Calibre	
Desde	1/4"	25
Hasta	4"	14

Promedio de velocidad de formado: 38 Kgs/hra.

FORMADORA 2. (FD010)

PIPE

Medida	Cedula	
Desde	3"	10
Hasta	6"	10

Promedio de velocidad de formado: 103 Kgs/hra.

FORMADORA 3. (FD010)

PIPE

Medida	Cedula	
Desde	1"	10
Hasta	2 1/2"	40

Promedio de velocidad de formado: 52 Kgs/hra.

FORMADORA 4. (FD010)

PIPE

Medida	Cedula	
Desde	1/8"	10
Hasta	2"	40

Promedio de velocidad de formado: 45 Kgs/hra.

La carga de los centros de trabajo que forman parte del resto del proceso de manufactura (horno continuo, estiradora, decapado, marcado, etc.) depende directamente de las órdenes liberadas en las formadoras.

Esto nos lleva a la conclusión de que nuestros centro de trabajo de formado sean considerados como Recursos de Capacidad Restringida; definiéndose ésta como cualquier recurso que si no es apropiadamente programado y manejado provoca que el flujo de materiales se desvíe de lo planeado.

BALANCEO DE LA CAPACIDAD DE LA PLANTA.-

El intento de balancear la capacidad de los distintos centros de trabajo de un proceso productivo toma un distinto matiz una vez reconocidos los dos fenómenos naturales de la manufactura ya mencionados: fluctuaciones estadísticas y la dependencia de eventos.

Suponiendo la fabricación de trubería de acero inoxidable de 6" Ced-10 (Tp0151) y considerando dos procesos para obtener el producto terminado se tiene el tiempo promedio por centro de trabajo como se muestra a continuación :

C1-----> FORMADO -----> 14.5 HRS.

C2-----> (ENDEREZADO, CORTE, PRUEBAS ECT.) --> 14.5 HRS.

(Promedio en hrs. para obtener un total de 108.20 mts o 1496 Kg. de tubo).

La relación de trabajo para las siguientes tres órdenes de producción se muestra a continuación:

No.Orden	Hora programada de arranque y paro de C1 (HRS)	Hora programada de arranque y para de C2 (HRS)
1	0 - 14.5	14.5 - 29.0
2	14.5 - 29.0	29.0 - 43.5
3	29.0 - 43.5	43.5 - 58.0

De acuerdo a ésta relación de trabajo, las tres órdenes de trabajo serán cubiertas en 58.0 horas es decir en 7.25 turnos de 8 horas cada uno.

Ahora haciendo una simulación de trabajo de acuerdo a las distribuciones de desempeño de cada centro se tiene que:

C1

No.ORDEN	ARRANQUE/PARO PROGRAMADO	ARRANQUE/PARO REAL	DESVIACION ACUMULADA
1	0 - 14.5	0 - 16.5	+2
2	14.5 - 29.0	16.5 - 33.0	+4
3	29.0 - 43.5	33.0 - 47.5	+4

C2

No.ORDEN	ARRANQUE/PARO PROGRAMADO	ARRANQUE/PARO REAL	DESVIACION ACUMULADA
1	14.5 - 29.0	16.5 - 31.0	+4
2	29.0 - 43.5	33.0 - 47.50	+4
3	43.5 - 58.0	47.5 - 62.0	+4

En ésta simulación se pueda ver que en promedio ambos centros trabajaron a su velocidad teórica. Para C2 no hubo desviaciones en su tiempo programado de proceso y en C1 las variaciones positivas y negativas de tiempo de proceso se cancelarán mutuamente, es más estas variaciones pueden estar dentro de la curva de desempeño esperada para C1.

El principal error en la planeación del trabajo es no reconocer las iteraciones que existen en todo sistema de manufactura. La dependencia de eventos aunada a las fluctuaciones estadísticas provocaron que todas las órdenes se entregaran con un retraso pese o gracias a la capacidad balanceada de la planta. La posibilidad de la cancelación de las órdenes o la pérdida del cliente por retraso en ellas es obvia. El impacto negativo en el dinero generado por la empresa es inmediato mientras que el inventario en proceso se conservó 4 horas más.

No hay que enfocarse a balancear las capacidades de la planta, sino en sincronizar el flujo.

Para lograr esto es necesario conocer perfectamente las capacidades de los recursos o centros de trabajo del negocio, una vez obtenida ésta información es posible sincronizar el flujo de los materiales a través de los diferentes recursos.

CARGA DE UN CENTRO DE TRABAJO.- Es el volumen de trabajo pendiente en el centro de trabajo. A continuación se muestra la carga de trabajo que se tiene en el área de formado:

Considerando una carga de trabajo de un rollo de 3,500 Kgs de el cual se va a obtener tubería de 3 medidas diferentes se establece la siguiente relación:

FORMADORA	C.T.	MEDIDA	CEDULA	CARGA DE TRABAJO
2	FD010	6"	10	1496 KGS
3	FD010	1 1/4"	40	1074 KGS
4	FD010	1"	40	837 KGS

CARGA INFINITA.-

Este concepto involucra la carga de trabajo sin considerar la capacidad disponible.

Empieza con un programa de operación por operación de una orden por centro de trabajo y se basa en los elementos normales de tiempo de manufactura.

CARGA FINITA.-

Este concepto establece que la carga para un centro de trabajo, debe ser la capacidad real por cada período de tiempo.

La carga finita se basa en la programación hacia adelante.

Cada período de tiempo es cargado a toda la capacidad disponible por cada centro de trabajo, cuando la capacidad disponible de un centro de trabajo es llevada por un período de tiempo, ninguna orden de trabajo puede ser programada en ese centro durante éste tiempo.

CUELLOS DE BOTELLA.-

Una vez reconocido que las capacidades de las distintas etapas de un negocio y en éste caso de la manufactura son diferentes entre sí, se establece una gran clasificación: cuellos de botella y no cuellos de botella.

Se define un cuello de botella como cualquier recurso cuya capacidad es igual o menor a la demanda que tiene que satisfacer. Un no cuello de botella será aquel recurso con capacidad sobrada para satisfacer la demanda dada. La manera de distribuir el tiempo de un recurso depende básicamente de si es o no un cuello de botella.

LEAD TIMES.-

El lead time de producción está constituido por: el tiempo de espera en cola, el de preparación en las máquinas, el de acopio de los materiales necesarios, el correspondiente al producto del tamaño del lote por el tiempo unitario de proceso, y el tiempo de control de calidad del lote fabricado.

El lead time de aprovisionamiento depende de la preparación del pedido, de su transmisión al proveedor, de

la situación en que se encuentra el proceso de producción del proveedor cuando recibe la orden, el transporte físico del material y del proceso de recepción del pedido.

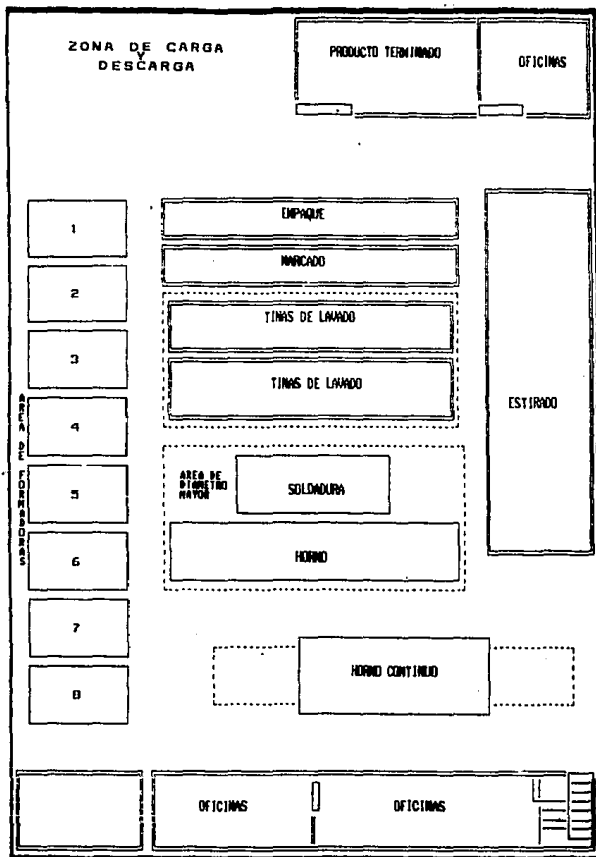
En la fabricación de tubería de acero inoxidable los elementos más importantes considerados dentro del Lead Time acumulado, se mencionan a continuación:

- Colocación de demanda de material a Compras
- Colocación de la orden de compra al proveedor
- Tiempo de entrega real del proveedor
- Inspección del material a su llegada
- Tiempo de espera para que la materia prima entre al proceso de producción
- Proceso de fabricación (preparación de maquinaria y tiempo de fabricación estimado por unidad de medida)

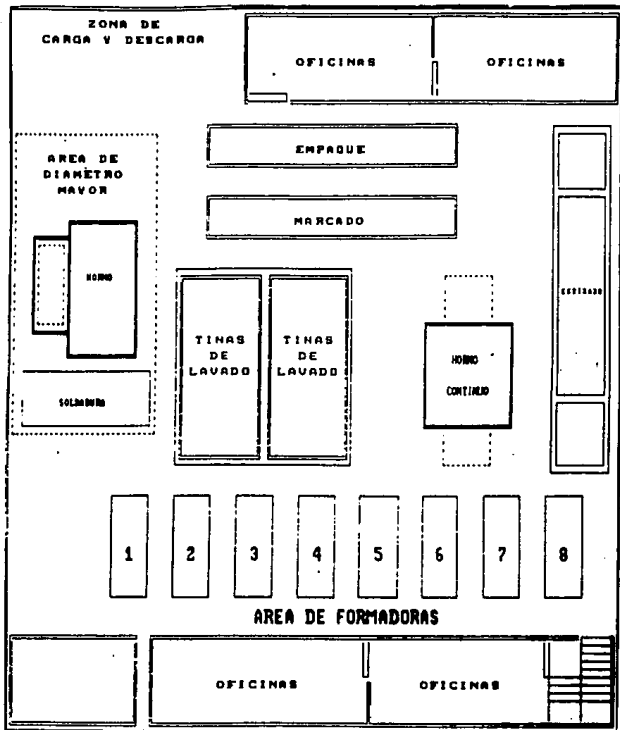
3.9. LAY OUT .

A continuación se presenta el Layout actual de la planta, que por la orientación de los centros de trabajo es inadecuado para la implantación de del sistema MRP-Justo a Tiempo (kanban), ya que el flujo de materiales dificultaría la visualización y control del kanban en cada centro de trabajo; limitando y también el óptimo flujo de materiales en la planta, por lo que se propone la modificación señalada.

LAYOUT PROPUESTO.



LAYOUT ACTUAL



CAPITULO IV

MECANICA DEL MRP Y CONTROL EN PISO (KANBAN FILOSOFIA JUSTO A TIEMPO)

4.1.EL KANBAN Y EL MRP II.

Un sistema de Planeación de Requerimientos de Manufactura (MRP II) consta de tres actividades principales:

- Administración de la demanda.
- Administración de la oferta.
- Administración de la capacidad.

Estas actividades se cumplen en dos fases: planeación y ejecución. La función básica de la administración de la demanda es controlar las proyecciones de ventas y los pedidos de los clientes.

La función básica de la administración de la oferta es controlar la planeación y la programación tanto en las fases de planeación como de ejecución. La administración de la oferta abarca tres niveles de programación:

- Planeación de la Producción
- Programación Maestra
- Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP)

La administración de la oferta incluye el control en la fábrica y el control de los proveedores en el cumplimiento de los plazos.

La función básica de la administración de la capacidad es identificar y resolver las restricciones a la capacidad dentro de las fases de planeación y ejecución.

La planeación de la capacidad es de importancia creciente para sincronizar mejor las operaciones con la carga impuesta a la producción por el programa maestro.

La unión crítica de la planeación y la ejecución se sitúa en la función del MRP. Si MRP II se reconoce como una estrategia de planeación y el JAT (Kanban) como una estrategia de ejecución entonces el MRP viene a ser el enlace de JAT(kanban)/MRP II.

Una de las primeras cuestiones a las que se enfrentan algunas de las empresas que planean la implantación de un sistema de kanban, es como podrá éste trabajar conjuntamente con sus sistemas MRP II. En algunos casos una empresa puede preguntarse si el sistema kanban puede sustituir al sistema MRP II.

El MRP II es un proceso que da a las áreas de manufactura, ventas y finanzas un panorama global de los materiales, de la capacidad y de las finanzas necesarias para cumplir con el pronóstico de ventas de la empresa. Por el contrario, el kanban es un proceso descendente que tiene una capacidad muy limitada para generar un programa global. La única información que ofrece al planificador de materiales es la de la necesidad de materiales entre los

procesos, con base en el consumo real. Un sistema de kanban con una larga cadena en la que los kanbanes individuales son los eslabones. No hay manera de que un eslabón en particular proporcione información sobre la longitud de la cadena.

En un sistema de kanban, el sistema MRP II puede proporcionar una planeación descendente y una claridad financiera para los diferentes procesos en el sistema. El resultado del MRP II puede también ser utilizado para predecir la elaboración mensual para la planta con base en un sistema de proceso tras otro. Esta información puede ser dada a los trabajadores a cargo de los centros. Pero éstos deben de emplear la información sólo como un pronóstico. Los compromisos reales de producción deben asentarse en las demandas de los kanbanes de retiro.

Un sistema de tal naturaleza necesita un centro de trabajo inicial que conozca el programa diario de producción. Este problema se resuelve si se da al último de los procesos las terminaciones reales de cada día. El área respectiva comenzará a elaborar de inmediato el producto y empleará a los kanbanes de retiro para comunicar sus necesidades de materiales a los procesos precedentes.

SISTEMA DE PLANEACION Y CONTROL DE MANUFACTURA

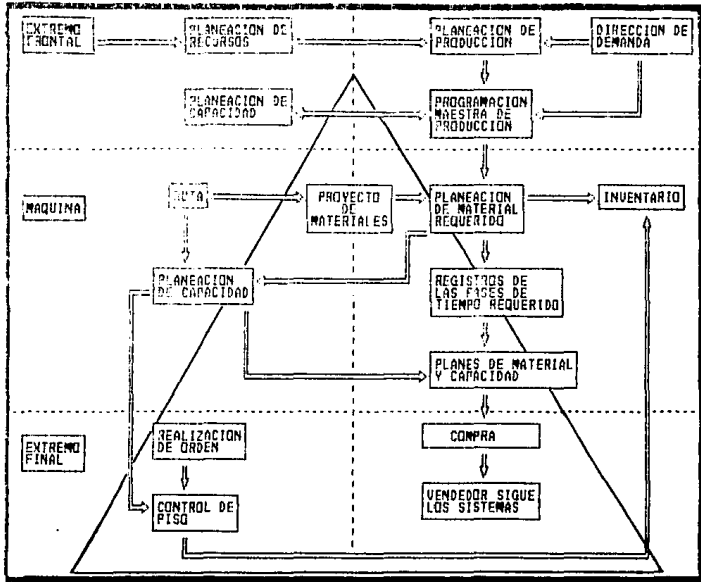


FIGURA 1

4.2.¿ QUE ES EL MRP ?

Planeación de Requerimientos de Materiales es una serie de técnicas establecidas prioritariamente, para planear partidas de componentes abajo del producto o del último nivel de artículos. Utiliza la planeación de la manufactura (Plan Maestro de Producción), el cual determina que componentes deben ser ordenados y cuando deben ser ordenados. Tomando ésta información el MRP debe presentar un plan de los componentes específicos defasados en el tiempo que se necesitan en una serie planeada.

El término partidas de componentes conforme el MRP establece a todos los artículos de inventario debajo del producto terminado (tubería de Acero Inoxidable Tipo 304 de 6" Ced-10, 1 1/4 Ced-40 y 1" Ced-40); y que en este caso son el felje y el rollo de acero inoxidable.

La principal función de un efectivo sistema de control de manufactura, es tener los materiales correctos, en cantidades correctas, disponibles en el tiempo exacto y satisfacer la demanda de las compañías de productos terminados. El objetivo del MRP determina rápida y exactamente los requerimientos para incrementar el control durante el proceso completo de manufactura.

La principal entrada al sistema MRP es el PMP (Plan Maestro de Producción); las principales salidas son

específicamente: la reprogramación de las órdenes liberadas planeadas (a futuro), la recomendación de las órdenes llamadas para liberar las órdenes actuales o en curso, y la cancelación o reprogramación de órdenes abiertas.

Originalmente concebido como una propuesta para controlar inventarios, MRP se ha fundamentado para proporcionar otras funciones (para ofrecer otros tipos de uso), principalmente la prioridad en la planeación y la planeación de requerimientos de capacidad.

4.3. NATURALEZA DE LA DEMANDA.

La lógica del MRP el cual sitúa la demanda para las partidas de componentes dependientes sobre la demanda del producto final, es vital para entender como trabaja el MRP. En consecuencia la diferencia entre demanda Dependiente e Independiente, debe ser comprendida.

DEMANDA INDEPENDIENTE.

Demanda que no se relaciona con la demanda de un ensamble de nivel más alto o simplemente la de otro producto.

Este tipo de demanda debe ser pronosticada, y el punto de reorden debe ser usado en éste tipo de demanda.

DEMANDA DEPENDIENTE.

Demanda derivada o que se relaciona directamente de artículos o ensambles de más alto nivel o del producto terminado. Este tipo de demanda puede ser calculada y de hecho no debe ser pronosticada. La propuesta del MRP debe ser utilizada con el cálculo de la Demanda Dependiente.

En el caso especial de la tubería de Acero Inoxidable, podría ser considerada como de demanda independiente, pero al tener incluidos los componentes en una lista de materiales de donde se deriva una demanda entonces la producción de dicho material debe ser tratada como una demanda dependiente.

EJEMPLO.

		TUBO AC. INOX. T-304 C/C 152.00 mm (10)
Independiente	0	I
		I
		I
		I
		I
		I
		I
		I
Dependiente	1	p40151 FLEJE AC. INOX. T-304 152.00 mm.

NIVEL DE
ENSAMBLE (formado)

Como se observa en el ejemplo el fleje depende de la demanda del producto terminado, que en este caso es Tubo de 6" C-10; lo mismo ocurre con el Tubing.

La demanda dependiente puede ser calculada, y la planeación de requerimientos de materiales (MRP) es la técnica correcta. Esta regla general o principios es una guía útil y no una dura y segura ley a seguir a cualquier precio.

4.4. ASIGNACION DE MATERIALES.

ORDEN PLANEADA.- Es una salida de MRP que sugiere cantidad a ordenar, fecha de liberación y fecha de vencimiento o compromiso después de calcular los requerimientos netos.

ORDEN PLANEADA EN FIRME.- Son las órdenes planeadas que pueden ser congeladas en cantidad y tiempo. Son el medio normal para establecer el plan maestro de la producción.

ORDEN LIBERADA.- Orden en proceso que ha sido entregada a producción o al proveedor por control de producción o compras. La liberación de órdenes no es función del MRP sino del usuario.

-Cuando una orden pasa de planeada a planeada en firme, las cantidades requeridas de sus componentes deben ser asignadas a la orden.

- El material asignado a una orden debe desconectarse de las existencias para saber cuanto es el disponible.

- Cuando una orden pasa de planeada en firme a liberada, el material asignado se convierte en comprometido y no puede ser asignado a otra orden.

- Indispensable para mantener el equilibrio entre niveles.

PASOS BASICOS PARA LA PLANEACION DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES.

Después de haber determinado los requerimientos brutos de partidas maestras así como las cantidades y fechas de vencimiento, se empieza al nivel más alto.

1.- Determinar el requerimiento neto por partida, empezando por los vencimientos inmediatos, reduciendo el disponible conforme se satisfacen requerimientos brutos.

DISPONIBLE = EXISTENCIA - ASIGNADO + ORDENADO

REQUERIMIENTOS NETOS = REQUERIMIENTOS BRUTOS - DISPONIBLE

2.- Planear órdenes para satisfacer requerimientos netos, considerando:

- Fechas de Vencimiento = Fechas de vencimiento de req. bruto

- Fechas de inicio = Fechas de Vencimiento - Tiempo de Entrega

- Cantidades = Cantidades Netas Requeridas.

3.- Obtener requerimientos brutos para el siguiente nivel hacia abajo:

- Fechas Requeridas = Fecha de Inicio de Ordenes Planeadas

- Cantidades = Cantidades de Ordenes Planeadas X Cantidades según la estructura del producto.

(LISTA DE MATERIALES INDENTADA)

* Si los requerimientos son cero o negativo se deben saltar los incisos 2 y 3.

4.5. CARACTERISTICAS DEL MRP.

REQUERIMIENTOS DEFASADOS EN EL TIEMPO.- El MRP explota todos los componentes requeridos por medio de una lista de material, que va de nivel a nivel por orden de requerimientos, y balanceándolos; basándose en el tiempo guía de cada componente.

Esta práctica muestra en el tiempo las cantidades y la relación existente entre los siguientes conceptos:

- Requerimientos (brutos y netos)
- Recepciones Programadas
- Salidas proyectadas.
- Liberación de órdenes planeadas.

REQUERIMIENTOS BRUTOS.- Es la cantidad total de demandas independientes y dependientes de un artículo.

REQUERIMIENTOS NETOS.- Cantidad calculada por MRP, resultante de aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{REQUERIMIENTOS NETOS} = \text{REQUERIMIENTOS BRUTOS} - \text{CANTIDAD DISPONIBLE} + \text{ORDENES POR LLEGAR.}$$

SALDOS PROYECTADOS.- Es el cálculo defasado en el tiempo para preveer las cantidades disponibles o faltantes de inventarios en períodos futuros:

$$\text{SALDO} = \text{EXISTENCIAS} + \text{ORDENADO} - \text{ASIGNADO.}$$

FUNCIONES PRINCIPALES.- Las principales funciones que un sistema MRP puede proporcionar son:

- INVENTARIO:**
- ORDENAR LOS PRODUCTOS CORRECTOS.
 - ORDENAR LAS CANTIDADES CORRECTAS.
 - ORDENAR EN EL MOMENTO ADECUADO.
- PRIORIDADES:**
- ORDENAR CON LA FECHA DE VENCIMIENTO ADECUADA.
 - MANTENER LA FECHA DE VENCIMIENTO VALIDA.

ADMINISTRACION DE PRIORIDADES.- Una prioridad es la importancia relativa entre varios trabajos también conocida como secuencia de ejecución.

La planeación de prioridades es una función que determina que material es requerido y cuando.

El control de las prioridades es el proceso de comunicar las fechas de inicio y terminación a producción para ejecutar el plan, normalmente se usa una lista de despacho para realizar ésta acción.

LISTA DE DESPACHO.

DEPARTAMENTO:PRODUCCION

FECHA:00/00/00

ORDENES EN EL DEPARTAMENTO

<u>No.de Orden</u>	<u>Articulo</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Fecha Inicio</u>	<u>Hrs.Std.</u>
5800	Tubo T-304 6" C-10	122 Kgs.	01-24	1.18
5900	Tubo T-304 1"1/4 C-40	244 Kgs.	01-31	4.69
6000	Tubo T-304 1" C-40	750.3 Kgs.	02-7	14.42

ORDENES POR LLEGAR:

6010	Tubo T-304 1"1/4 C-40	122 Kgs.	02-14	2.34
6020	Tubo T-304 1" C-40	750.3 Kgs.	02-21	14.42

PRIORIDAD FORMAL.- Secuencia de ejecución de órdenes asignadas por el sistema.

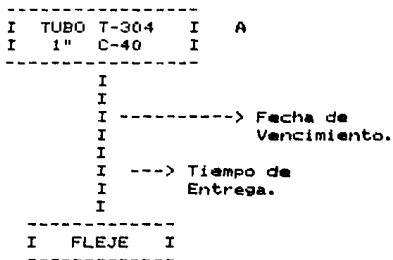
PRIORIDAD REAL.- Secuencias de ejecución de órdenes definidas por los eventos reales no considerados por el sistema (como paros no programados de planta).

PRIORIDAD DEPENDIENTE VERTICAL.- Prioridad de un artículo de nivel superior en relación con las prioridades

de un artículo de nivel inferior en la estructura del producto.

PRIORIDAD DEPENDIENTE HORIZONTAL.- Prioridad relativa de un artículo en relación con las prioridades de otros artículos del mismo nivel en la estructura del producto.

EJEMPLO: En la fabricación de tubería de acero inoxidable, ya sea Tubing o Pipe el producto terminado o final es éste mismo, por lo que se presenta una administración de prioridades del tipo dependiente vertical.



La prioridad de B depende de las prioridades de A.

PRIORIDAD DE OPERACIONES.- Prestablecida en la hoja ruta del artículo, no debiera alterarse en forma normal. Si fuera requerido, debiera hacerse por un procedimiento formal de cambios de ingeniería.

SALIDAS.- El sistema MRP genera información para controlar prioridades, planear y controlar capacidades.

Las principales salidas del sistema MRP son:

- Reportes de Anomalías.
- Reportes de Excepción.
- Plan de Requerimientos Netos.
- Reporte de Acción.

REPORTES DE ANOMALIAS.- Informa los errores o incongruencias detectadas durante una corrida de MRP.

Ejemplos: partes padre sin hijos, parte padre comprada, órdenes no liberadas, partes no existentes y partes sin estructura.

REPORTE DE EXCEPCION.- Es una lista de partes críticas para que los responsables tomen acciones inmediatas sobre partes o componentes, ya que sus fechas de necesidades están por cumplirse o no fueron cumplidas

PLAN DE REQUERIMIENTOS NETOS.- Informa los requerimientos netos para cada período el cual es la principal entrada para:

- La planeación de requerimientos de capacidad.
- El presupuesto financiero.

REPORTES DE ACCION.- Sugiere las prioridades para la emisión de órdenes de producción y compras. Aparte de las modificaciones o cancelaciones de las órdenes abiertas en cuanto a fechas de vencimiento, (replaneación de prioridades).

Después de haber determinado los requerimientos de materiales, éstos pueden ser utilizados

como entradas válidas para otros sistemas de manufactura como son:

- Planeación y Control de Inventarios
- Planeación de Requerimientos de Capacidad.
- Control de Piso

PLANEACION Y CONTROL DE INVENTARIOS.- Un sistema MRP es ajustable constantemente en la replaneación por sí mismo y busca de nuevo las existencias en inventario para cambiar los requerimientos vía un proceso establecido. Por lo tanto los inventarios de manufactura son relativamente minimizados para el manejo en el Plan Maestro de Producción y políticas del número de lote.

PLANEACION DE REQUERIMIENTOS DE CAPACIDAD.- El MRP provee de entradas a la Planeación de Requerimientos de Capacidad; sin embargo en caso de procesos de manufactura continuo como lo es la fabricación de tubería Pipe y Tubing de Acero Inoxidable, ésta planeación se hace antes del MRP.

La Planeación de Requerimientos de Capacidad determina la capacidad requerida, por el centro de trabajo por período para satisfacer el Plan de Producción. En la salida del sistema MRP se indica que y cuantas partidas de componentes deben tenerse para lo que se va a producir y cuando, y éstos datos pueden, por consiguiente ser convertidos dentro de la capacidad requerida para producir un elemento.

De ésta información, podemos obtener una proyección de carga de trabajo, comparada con el departamento disponible y en la capacidad del centro de trabajo y ayudar a responder preguntas tales como:

- ¿Debemos trabajar horas extra?
- ¿Debemos transferir el trabajo de un dpto. a otro?
- ¿Debemos transferir gente de un departamento a otro?
- ¿Debemos mandar hacer trabajos fuera?
- ¿Debemos implementar algún cambio?
- ¿Debemos contratar o despedir gente?

CONTROL DE PISO.- MRP es la llave para un Control de Piso. Provee a Control de Piso de órdenes abiertas con fechas de vencimiento esenciales para la planeación de prioridades y el control de las mismas. Una orden con fecha de vencimiento establece la relativa prioridad de la orden en cuestión, la cual se debe sostener por la limitada capacidad de producción con otras órdenes en el piso. Además una orden también impone un número de operaciones que debe ser desempeñado para la realización de la orden. Una distinción debe ser, por lo tanto trazar las operaciones entre prioridad orden y prioridad operación.

El sistema MRP, en general tiene un ciclo de retroalimentación que recibe información acerca del estado que guarda el trabajo en proceso en la planta, al tiempo que planea los requerimientos. Sin embargo el tiempo de

respuesta del sistema es demasiado lento. Cuando las correcciones del programa llegan al piso de manufactura, los excesos de inventarios y de productos terminados son ya un hecho.

Quienes hacen la planeación de materiales tienen una tendencia a dejar salir las órdenes de trabajo en el área sin detenerse a ver el estado final de aquellas que fueron previamente emitidas. Podría existir un gran traslape de órdenes de trabajo en el área, en diferentes estados de terminación. Esto conduce al desperdicio de tener un exceso de inventarios en el área de manufactura.

Como solución a éste problema se ha propuesto en éste trabajo la combinación del MRP a nivel traducción del pronóstico de ventas, sugiriéndonos un programa de producción y la planeación de nuestros requerimientos de compras de materia prima (Rollo de Acero Inoxidable, y un sistema Justo a Tiempo para controlar, la producción en piso através de un sistema de jalón (kanban), donde el consumo de material rige a lo largo del proceso, en vez, de los programas descendentes y las salidas.

4.6. UN ENFOQUE PRACTICO MRP/KANBAN.

CONTROL EN PISO.

El Justo a Tiempo da prioridad a la reducción de materiales inútiles en el piso o área de manufactura. Los materiales que se encuentran bajo la forma de inventarios de seguridad no sólo son un desperdicio desde el punto de vista de inversión de efectivo, sino que también ocultan problemas latentes de calidad y en el proceso de manufactura. Los materiales innecesarios son fáciles de descubrir en el área de manufactura, pero las razones de su estadia ahí no son siempre tan evidentes. Entre las causas posibles que los conducen a dicha área se encuentran: los desequilibrios de la línea en el proceso de producción, los problemas de rendimiento en un centro de trabajo en particular, o los problemas de procedimiento que son el resultado de la salida de materiales que no se necesitan; ésto puede ser parte de los fenómenos naturales en un ambiente de manufactura (Eventos Dependientes y Fluctuaciones Estadísticas), ya explicados en éste trabajo.

El Justo a Tiempo ofrece una manera sistemática de analizar los excesos de materiales y proporciona soluciones para su eliminación. Una de éstas soluciones es el sistema de jalón.

4.7. SISTEMA DE JALON

En un sistema de jalón, el consumo de material rige el flujo a lo largo del proceso; y la última de las

terminaciones en el proceso de manufactura, antes de que el producto llegue al punto donde se encuentran los productos terminados es el factor de tracción que mueve a los materiales a lo largo de la línea de producción.

Por ejemplo, imaginemos una larga fila de dominó. En un sistema de empuje (MRP) se empujaría a la primera ficha de la fila, ésta a su vez, empujaría a la siguiente, y así sucesivamente. Tal proceso produce un empuje hacia adelante, y una vez que empieza es muy difícil detener; antes de que caiga la última ficha.

Supóngase ahora que las fichas están conectadas con un hilo invisible de manera que se tenga mucho espacio entre ellas y que sea necesario jalar las piezas una a una con el objeto de hacerlas caer a todas. Entonces se hace caer a la primera pieza del dominó, y luego que ésta ha caído, se decide hacer caer la siguiente y así sucesivamente. El resultado sería el mismo, pero el trabajo se ha llevado a cabo de una manera diferente. Las piezas se hacen caer una a una. La ventaja de éste sistema es que fácilmente se puede detener la caída de las fichas en un momento determinado. Si se tiene un problema con alguna ficha de la hilera y se desea que las restantes se detengan, puede dejarse de jalar la siguiente ficha de la hilera y detener las que caen hasta que el problema quede resuelto.

Considerando el movimiento de los materiales en nuestra planta durante la producción; la línea tiene que ver solamente con los materiales (fleje de acero inoxidable) que

se necesitan para cumplir con nuestro programa de producción. También el proceso se detendrá rápidamente por sí mismo cuando un trabajador descubra un problema, y no se tendrá más consumo en el centro de trabajo afectado por el problema; produciendo con ésta operación menos exceso de material en la línea de producción que un sistema de empuje.

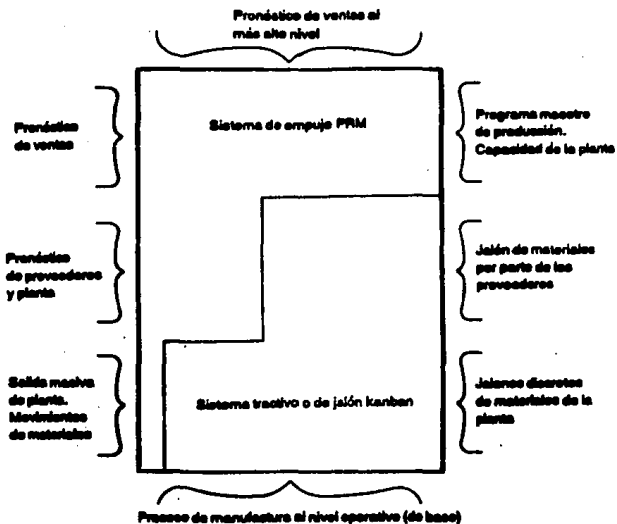
Para implantar un sistema de jalón debe crearse el hilo invisible que jalará la ficha de dominó; llamándose en justo a tiempo kanban; sin embargo un sistema kanban no constituye en sí mismo una solución completa. Dentro de un ambiente de manufactura como el que se muestra en la fabricación de tubería de acero inoxidable, se debe contar con sistema complejo de órdenes de trabajo con el objeto de manejar el programa de elaboración para que la mano de obra continúe con su trabajo; y ésta puede ser el MRP propuesto en éste trabajo.

Un sistema de jalón solo tiene una regla sencilla: los materiales deben moverse a la línea de producción solo cuando se necesiten. Esto significa que los materiales se mueven de acuerdo con la demanda. En cambio un sistema de empuje mueve a los materiales por abastecimiento.

A continuación se muestra la manera en la que un programa maestro de producción y un sistema MRP adaptarían un sistema kanban de jalón. La idea es utilizar el MRP para planear los requerimientos de materiales y utilizar ésta información como un pronóstico que se proporcionará a los diferentes centros de trabajo. Luego gracias al sistema

kanban, los materiales son captados por los proveedores en el momento en que realmente se necesitan. Esta actividad debe ser coordinada con cuidado, de manera que se tenga un resultado realista del MRP, pues los proveedores emplearán esta información para planear el resultado de las líneas de producción.

Mediante del justo a tiempo podemos llamar a un conjunto elegido de proveedores de calidad, de rollo de acero inoxidable, que se comprometan a hacer entregas frecuentes. Una manera de recompensar a los proveedores por éste servicio suplementario es ofrecerles un compromiso de exclusividad a largo plazo. El sistema MRP puede producir un pronóstico que podemos proporcionar a nuestros proveedores y el sistema kanban puede jalar los materiales en el momento requerido.



4.8. KANBAN

(EL JALON DE LOS MATERIALES EN LA PLANTA).

Siguiendo con el ejemplo de la hilera de fichas de dominó, suponiendo que tenemos un programa de producción para obtener tubería de acero inoxidable T-304 de 6" C-10, 1 1/4" C-40 y 1" C-40 y éste programa es entregado al centro de trabajo correspondiente encargado de realizar la última operación en el proceso (marcado de tubería MR010). Este es el centro de trabajo que envía las partes ya terminadas al área de productos terminados (inspección y embarque). Imaginemos que el supervisor en el centro de trabajo se entera que debe de completar 270 piezas de tubo de 1" C-40 T-304 (Tp0062) ; necesita 4107.97 Kg.de fleje (p40062), luego el supervisor verifica la cantidad de fleje que dispone, si no tiene el suficiente enviará una solicitud al centro de trabajo anterior (cortar rollo CC010), que abastece la cantidad de fleje, para pedir las cantidades exactas que requiere la elaboración del tubo terminado. Este proceso crea un efecto onda inversa a lo largo de toda la planta.

Este tipo de sistema modula a sí mismo como respuesta a las variaciones en la tasa de producción durante el tiempo necesario de fabricación; de ésta manera evita el exceso de materiales en los centros de trabajo. Además si surge un problema serio que requiera detener la línea, el sistema reacciona con rapidéz.

En éste sistema, un centro de trabajo solicita materiales de otro con una tarjeta llamada kanban,

por lo que el sistema se denomina también kanban. Este sistema es equivalente al hilo invisible que jala a todas las piezas del dominó.

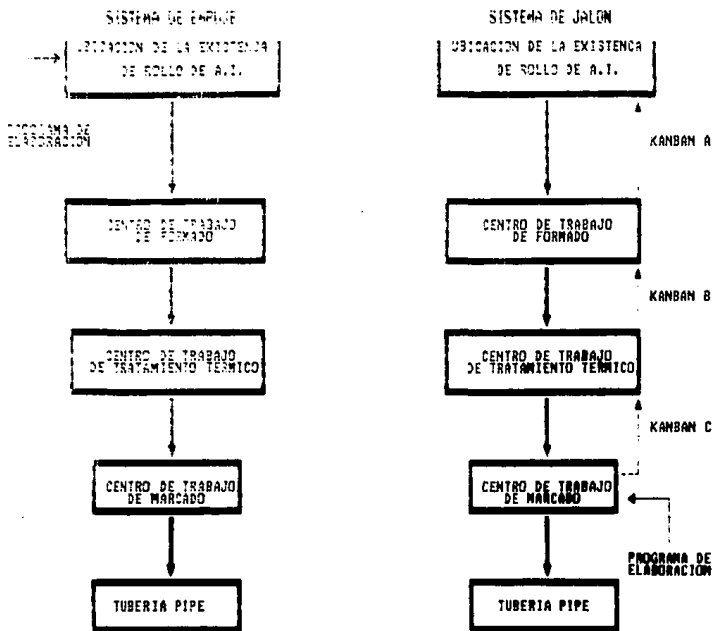
En la siguiente figura se muestran las diferencias entre un sistema de jalón y un sistema de empuje; éste es un proceso sencillo de flujo en el que el desplazamiento de los programas de fabricación y los materiales sigue la misma dirección. En el sistema de jalón existe un doble flujo. Los materiales viajan en una dirección y los programas de fabricación viajan en sentido inverso. El sistema de kanban se emplea para comunicar éste programa de un centro a otro.

LA PALABRA JAPONESA KANBAN SIGNIFICA EN ESPAÑOL REGISTRO VISIBLE.

Dentro de los fenómenos naturales en un sistema de manufactura podemos encontrar como ya mencionamos los Eventos Dependientes y dentro de éstos podemos encontrar los procesos subsiguientes y los precedentes; un proceso subsiguiente, en un caso particular, podría ser precedente a otros; todo depende de su posición relativa en el flujo de manufactura.

Para visualizar el concepto de flujo de manufactura, imaginemos una serie de arroyos en lenta dirección al mar. Las corrientes a veces se juntan con otras para formar otras más grandes, pero siempre continúan en movimiento. El flujo de los materiales es análogo al del

DIFERENCIAS ENTRE UN SISTEMA DE JALÓN
Y UN SISTEMA DE EMPUJE



agua que corre río abajo hacia el océano, que representa en este ejemplo el destino final: los clientes.

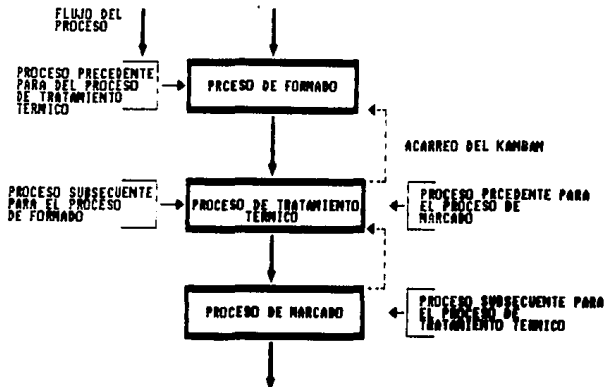
Elija cualquier lugar a lo largo de la corriente, existe siempre otro lugar aguas abajo que recibe el flujo que pasa por el lugar escogido. Existen también lugares río arriba que envían agua al sitio seleccionado. En fin cada corriente tiene una fuente, y un final donde desemboca: el océano. En un sistema de kanban las fuentes son los proveedores de materiales. Los finales corresponden a las operaciones últimas del proceso de manufactura, antes de que los productos lleguen a los puntos de terminación del proceso.

4.9. PROCESOS SUBSECUENTES Y PRECEDENTES.

PROCESOS SUBSECUENTES.

Supóngase ahora que estamos en un centro de trabajo en donde se corta la tubería para un producto en particular. Después de que el centro de trabajo termina, el operador las envía a otro centro de trabajo para el siguiente paso, en el proceso normal de producción. El proceso de manufactura río abajo, hacia donde el proceso normal lleva las partes, se llama proceso subsecuente. El centro de trabajo que recibe la tubería cortada es el subsecuente al proceso de corte.

PROCESOS SUSECUENTES Y PRECEDENTES



PROCESOS PRECEDENTES.

Continuando con el ejemplo supóngase que caminamos hasta el proceso que recibe la tubería cortada y vemos, río arriba, hacia el proceso que las marca. Este proceso será el precedente al proceso frente al que nos encontramos ahora.

Un kanban siempre tomará partes de los procesos precedentes y las enviará a los subsecuentes.

4.10. KANBAN DE RETIRO Y DE PRODUCCION.

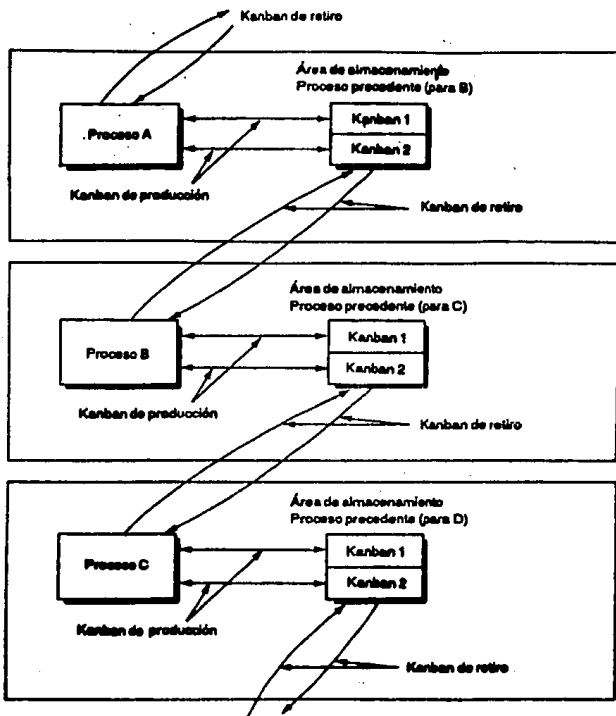
El kanban requiere de dos tipos de kanban para operar correctamente: uno de retiro y otro de producción. Ambos tipos no difieren entre sí en su apariencia, sino en una etiqueta que indica su tipo y que debe aparecer en caracteres grandes en la parte superior de cada tarjeta. Para diferenciarlos por su tipo se pueden emplear distintos colores, de manera que los trabajadores sepan de inmediato cual es cual y sean capaces de evitar el error de mezclarlos.

KANBAN DE RETIRO.- Este kanban viaja entre los centros de trabajo y su finalidad es autorizar el movimiento de partes de uno a otro centro. En un sistema de kanban, el de retiro debe siempre de acompañar al flujo de materiales de un proceso a otro, siempre debe de especificar el número de parte y el nivel de revisión; también debe de especificar el tamaño de el lote y la dirección del proceso precedente y su localización en el edificio, así como el proceso subsecuente y su localización. Una vez que un kanban de

retiro toma las partes, se queda con ellas durante todo el tiempo, después cuando los procesos subsiguientes han consumido la última parte de el lote, el kanban viajará de nuevo hacia el proceso precedente para obtener nuevas partes.

KANBAN DE PRODUCCION.- El objetivo del kanban de producción es enviar la orden al proceso precedente para que se elaboren más partes. Cuando el kanban de retiro llega a un proceso precedente, es casi seguro que encuentre disponibles uno o varios contenedores con las partes que habrán de ser tomadas. El kanban de producción debe acompañar a los contenedores en ese momento. El empleado que está al servicio del centro de trabajo colocará el kanban de retiro en un lugar visible en los contenedores y luego los enviará al proceso subsiguiente. Antes de mover los contenedores, recogerá el kanban de producción, éste autoriza al centro de trabajo para elaborar un nuevo lote de partes. El kanban de producción irá junto con otros a una línea de espera en el centro de trabajo. Después que se han elaborado las nuevas partes, viajará de regreso al área de espera hasta que un nuevo kanban de retiro reinicie el ciclo.

En la siguiente figura se muestra la iteración entre el kanban de producción y el de retiro en tres centros de trabajo.



TARJETA KANBAN

KANBAN

NÚMERO 03

ORDEN DE PRODUCCION :

1328

PROCESO PRECEDENTE :

ARTICULO : 7-2262

FORMADO

NOMBRE DEL ARTICULO :

TUBO DE ACEPO INOX. 7-104 1" OD-42

TAMAÑO DEL LOTE :

PROCESO SUBSECUENTE:

45

PZAS.

TRATAMIENTO
TERMICO

4.11. BENEFICIOS OBTENIDOS EN LA FABRICACION DE TUBERIA.

Los beneficios más relevantes que nos aporta una metodología de esta naturaleza, dentro de un sistema de manufactura de tubería de acero inoxidable son principalmente en las tres áreas más importantes de la planta para poder cumplir con la satisfacción del cliente.

1.- La administración de la demanda.-La cual implica obtener una proyección de las ventas lo más confiable posible, así como los pedidos de los clientes tomando en cuenta la capacidad de lo que se puede fabricar contra lo que el cliente solicita. Esto se puede llevar a cabo mediante capacitación constante al vendedor para que conozca el producto y lo que se le puede ofrecer al cliente

2.- Teniendo toda la información necesaria obtenida del conocimiento de la demanda podemos controlar nuestra oferta, es decir la tubería de acero inoxidable que fabricamos, estableciendo primeramente un Plan de Producción semanal o mensual de lo que necesitamos fabricar en función del producto terminado tubo de 6" C-10 T-304, tomando como base ésta se establece una Programación Maestra que nos determina cuando podemos empezar nuestra producción y que cantidades vamos a producir. Utilizando ésta información como entrada al sistema MRP así como las lista de material necesario para poder cumplir con el plan de producción de tubería, se

establece lo que debe ser fabricado y comprado con que prioridades y cantidades; así como el control del cumplimiento de nuestros principales proveedores de rollo de acero inoxidable, tanto en tiempo de entrega, cantidad y calidad.

3.- Por último una de las áreas mas importantes para poder cumplir con una demanda establecida, es la capacidad instalada. Tomando en cuenta las restricciones que existen en la planta y considerando una planeación de requerimientos de capacidad: podemos cumplir con dicha demanda. Es importante que en el area de ejecución o fabricación tomemos medidas para controlar el flujo de los materiales en el piso, ya sea de fleje de acero a el area de formado o el abastecimiento del tubo ya formado a las areas de estirado, cortado, tratamiento térmico etc. La utilización de visualización como son las tarjetas kanban nos evitaría en gran cantidad el inventario en piso, nos ayudaría a parar un proceso a tiempo cuando la materia prima no es adecuada o el centro de trabajo en cuestión no tiene la capacidad de poder hacer el proceso en cantidad y con la calidad requerida. Con ésto podemos controlar nuestros procesos con mayor facilidad antes de que el tubo ya este en el almacén de producto terminado y con defectos que serian mas dificiles de corregir si no sabemos que operación del proceso está fallando.

CAPITULO V. METODOLOGIA DE IMPLANTACION.

Para la implantación de éste sistema propuesto MRP-Justo a Tiempo(Kanban), se debe realizar un estudio que cubra:

- un análisis del tipo de industria , en donde tenemos que definir si nuestro proceso de fabricación es continuo, por lotes, por ensambles continuos o ensambles por lote. La manufactura de tubería de acero inoxidable como se ha definido en este trabajo tiene la característica principal de un flujo estructurado, en donde podemos trabajar más fácilmente al contar con dos únicos niveles de estructura abajo del producto terminado; el fleje de acero inoxidable y el rollo, además de ser una fabricación continua donde nuestro producto pueda estar hecho a la orden (Make To Order), o puede ser una producción para stock (Make To Stock).

- un análisis de nuestros inventarios en donde podemos hacer una clasificación ABC dependiendo de las características de demanda de cada tipo de tubería; y hacer conteos cíclicos continuos.

- un análisis de aplicabilidad de un método como lo es el MRP II; la fabricación de la tubería de acero inoxidable en esta planta requiere de un mayor control a todos niveles como son la administración de la demanda, de la oferta y de

la capacidad instalada; lo que justifica una implantación del sistema propuesto.

5.1. PROCESO DE IMPLANTACION DEL SISTEMA.

Tomando como base el estudio ya mencionado en donde se visualizan las principales características del proceso de fabricación de tubo, sus necesidades y objetivos es factible realizar una metodología de implantación.

Al establecer el MRP como unión crítica entre la etapa de Planeación (método MRP II) y la etapa de Ejecución (estrategia JIT/KANBAN) podemos realizar la implantación en dos etapas, planeación y ejecución:

1.- Nivel planeación.- en donde deben llevarse a cabo una serie de actividades de una manera formal y ordenada, con la involucración de las personas adecuadas.

- Definición de requerimientos.

En ésta etapa participa el director general y todos los directores o gerentes funcionales. Consta de tres pasos:

- objetivos de la fábrica de tubería
- problemas que impiden el logro de los objetivos
- soluciones o aplicaciones que resuelven estos problemas.

- Identificación de la aplicación.

Esta actividad consiste en definir la función que va a desempeñar cada departamento dentro del sistema; producción control de calidad, compras, control de inventarios etc. En ésta etapa se sugiere la participación de la gerencia.

- Definición de requerimientos de la aplicación.

En ésta etapa los usuarios de la aplicación, definen la forma en que quieren que sea el sistema en forma específica, las necesidades y compromisos de cada departamento involucrado.

- Definición del sistema.

Consiste en definir el flujo de información en el sistema así como los usuarios responsables de los diferentes datos.

En ésta etapa se define que reportes y despliegues se van a producir para cada departamento o área y la forma de alimentar los diferentes datos; deben crearse manuales de procedimientos administrativos para soprtar el sistema.

- Adaptación del sistema.

Consiste en detallar en forma total: reportes y despliuges, formas, procedimientos administrativos, sistema de seguridad, mensajes de acción, reglas de decisión, procedimientos de evaluación y auditorías al sistema.

- Implantación del sistema.

Durante ésta actividad se desarrolla lo que fue especificado en la etapa anterior, se adecuan los diferentes programas y bases de datos, se realizan y prueban los diferentes procedimientos. Se lleva a cabo una implantación piloto para probar el sistema y se realizan cambios en función de la experiencia obtenida.

Esta es una etapa crítica, pues si no se logra que los usuarios utilicen el sistema, se pierde confianza y tiende a fracasar, representando una pérdida considerable para la compañía.

2.- Nivel ejecución.- en ésta etapa para mover éste utilizador de MRP hacia un ambiente de Justo a Tiempo, se sugieren los siguientes cambios dentro de la planta:

- Cambiar varias de las operaciones del Layout inicial para tener cierta coordinación respetando el flujo de fabricación y de materiales, así como minimizar el trabajo manual y los movimientos dentro del ciclo (layout propuesto).

- Reducir el número de niveles del programa y su excesiva complejidad. Abajo del producto terminado tubo de acero inoxidable contamos únicamente con dos niveles fleje de acero y rollo, mientras que materiales como tintas y aceites sean manejados por la planta por medio de punto de reorden.

- Introducir a los mas altos especializados trabajadores para ser capaces de trabajar equipo desde formadoras, estiradoras y cortadoras de tubo hasta el área de embarque.

- Utilizar el inventario de los bienes terminados como base para llenar pedidos y al ser vendida la tubería, realizar una orden a la planta para reemplazar esos tubos; con esto la planta será capaz de jalar los pedidos y reponer solo lo que se ha vendido.

- Utilizar un sistema de visualización como el kanban, que además de hacer su función de jalar la producción desde la planta, recolecciona información, para rastrear órdenes, materiales y trabajo en la línea. Mientras que las órdenes se mueven dentro de la planta más rápidamente, el inventario y las órdenes necesitarán ser actualizadas dentro de unas bases temporales.

El implemento de estos cambios justo a tiempo sobre un bien fundado sistema de planeación MRP en la fabricación de tubería será realmente el jalar todos juntos.

5.2. IMPLANTACION DEL SISTEMA JUSTO A TIEMPO.

Es necesario tener una idea general de lo que se trata cuando se habla del justo a tiempo. El justo a tiempo puede entenderse como un sistema de producción diseñado para eliminar todo el desperdicio en el medio de la manufactura.

Como complemento de la definición de justo a tiempo, existen dos reglas que deben ser observadas para la implantación de éste sistema, en la planta de tubería.

Primero, sólo se deben emplear rollo de acero inoxidable y procesos de alta calidad. El justo a tiempo requiere de existencias mínimas de seguridad tanto en materiales como en tubo de acero ya terminado. Por eso cuando llega el instante de elaborar el tubo, el fleje de acero inoxidable en el proceso de producción, deben ser el mejor que se pueda obtener. Esta regla asegura altos rendimientos y previsión en la línea de producción. La segunda regla tiene que ver con las dimensiones del lote de tubería a ser fabricado. La magnitud del lote ideal en el justo a tiempo es uno. Por ello la segunda regla es la siguiente: siempre se deberá elaborar el tamaño del lote más pequeño para cualquier tipo de tubo, independientemente del volumen de producción del mismo.

Estas dos reglas constituyen los pilares de los principios de operación del justo a tiempo. Una violación de cualquiera de ellos ocasionaría serios problemas en la implantación del sistema.

5.3.DETALLE DE IMPLEMENTACION.

Como herramienta para la implementación del sistema se sugiere una idea que puede ser generalizada para cualquier tipo de compañía, en este caso utilizado en la

fabricación de tubería de acero inoxidable; teniendo como principales características:

1.- Generar un planteamiento de prioridades y separar lo fundamental de lo trivial conservando cierta perspectiva.

2.- Establecer un proceso definido de implementación. Este proceso de implementación está organizado de tal forma que constantemente se fije la atención en aquellos puntos que tienen un gran impacto para lograr el éxito. El sistema solo puede trabajar cuando la gente sabe ¿Qué es?, ¿Cómo trabaja? y ¿Qué responsabilidades genera?. Por esta razón la educación y entrenamiento están incluidas como parte principal del plan de implementación. El software y el soporte de programación no son como otros factores tan importantes para obtener éxito, así que estos tópicos están cubiertos por el plan más adelante.

El plan de implementación es un estado general en términos de departamentos y títulos de trabajo, que deben ser reemplazados por el nombre de la persona responsable para cierta labor.

El plan también debe llevar una aproximación del tiempo necesario para planear las labores de los tópicos funcionales. Las fechas planeadas para cada labor deben estar bajo un encabezado de FECHA.; éstas fechas de vencimiento están basadas en la dependencia entre las

distintas labores. La fecha de inicio en el plan es la fecha compromiso dada para el proyecto. Ejemplo:

ACTIVIDAD:

A: especificar reportes de salida a la planta.

B: elaborar visualización de tarjetas kanban en la planta, y su coordinación entre c/centro de trabajo.

RSPONSABLE:

A: Jefe del departamento planes de producción.

B: Jefe del departamento de producción.

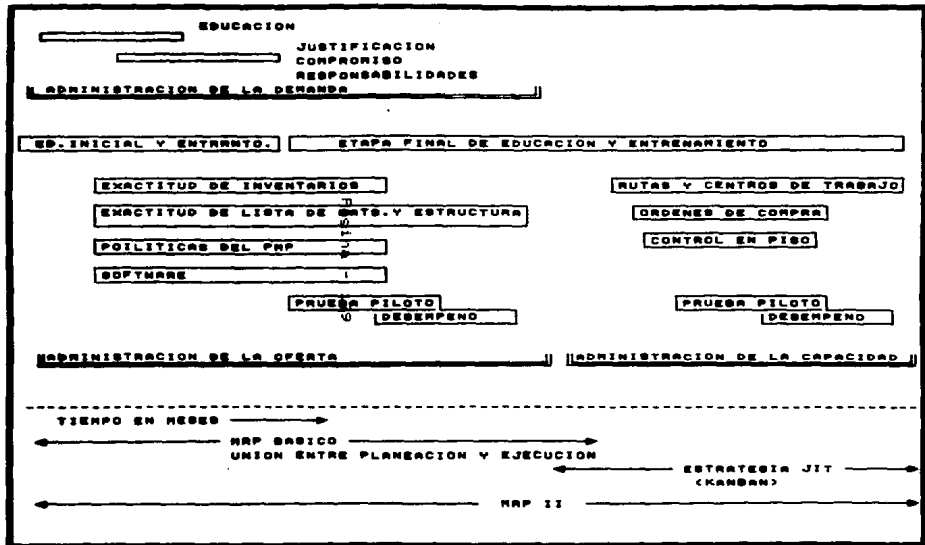
FECHA:

A: Planeado:
del: JUN/20/94
al: JUL/20/94
Real:
del: JUN/20/94
al: JUL/10/94

B: Planeado:
del: JUL/01/94
al: AGO/12/94
Real:
del: JUL/12/94
al: AGO/25/94

De ésta forma se puede llevar a cabo el plan de implementación, considerando los tópicos que se describen a continuación en forma de gráfica de gantt, traslapando fechas entre el nivel de planeación y el de ejecución en la planta; para poder relacionar cada etapa y corregir deficiencias a tiempo.

TOPICOS MAS IMPORTANTES EN LA IMPLANTACION DEL SISTEMA



5.4. SIMULACION DEL SISTEMA EN LA FABRICA DE TUBERIA.

Al haber establecido la estructura de cada tipo de tubería, sabemos que para obtener una familia de productos como lo son:

Tubo Ac.Inox. T-304 c/c 152mm C-10 (Tp0151)

Tubo Ac.Inox. T-304 c/c 31.8mm C-40 (Tp0062)

Tubo Ac.Inox. T-304 c/c 25.4mm C-40 (Tp0072)

Debemos partir de un solo tipo de rollo de acero inoxidable: Rollo Ac.Inox. T-304 C-11 (RL0151); y que nos genera el fleje respectivo para cada tipo de tuberías:

Fleje Ac.Inox. T-304 152mm C-10 (p40151)

Fleje Ac.Inox. T-304 31.8mm C-40 (p40072)

Fleje Ac.Inox. T-304 25.4mm C-40 (p40062)

Al enviar al sistema una corrida de MRP con las cantidades y fechas establecidas en el Plan de Producción explota los requerimientos brutos de materia prima para cada tipo de tubo; tomándolas en éste caso del disponible existente en el almacén de materia prima de fleje de acero inoxidable; mediante una orden de trabajo; y se abastece el centro de trabajo de formado y soldado (FD010) con dicha orden y material necesario para su proceso. Al mismo tiempo el sistema nos va a ir sugiriendo cantidades y fechas de corte de rollo de acero inoxidable, para abastecer nuestro inventario de fleje, apoyado de un sistema de visualización

(kanban) en cada contenedor de fleje indicando el punto de reorden, mínimo y máximo a almacenar en el contenedor.

EL proceso principal de la fabricación del tubo es el de formado y soldado, el cual abastece de tubo a los centros de trabajo subsiguientes, y desde el almacén de producto terminado podemos ir jalando la producción a través de cada centro de trabajo por medio de tarjetas de visualización que nos permitirán darle un mejor seguimiento a las órdenes de trabajo previamente emitidas, estableciendo las cantidades exactas de cada tipo de tubo podemos cumplir con las necesidades del almacén de producto terminado y por consiguiente de nuestros clientes.

MODELO ACTUAL DE OPERACION VS. MODELO PROPUESTO.

A continuación se identifican las principales diferencias entre el modelo clásico de operación de la planta de tubería de acero inoxidable y el modelo propuesto, específicamente en tubería de 6" ced-10; y que se pueden identificar más fácilmente en los siguientes conceptos: Tiempo ciclo de Fabricación, Lead Time de la orden, el Tiempo de Reacción de la planta ante nuevos productos y el Inventario tanto de producto terminado como de materia prima.

Cantidad a Fabricar: 17 tubos Ac.Inox. T-304 6" Ced-10

MODELO ACTUAL.

TIEMPO CICLO DE FAB.....40.0 Hrs.

Considerando un el proceso de fabricación utilizado en donde primero se forma el tubo y posteriormente se pasa al proceso de soldado; más el tiempo de traslado entre operaciones.

LEADTIME DE LA ORDEN.....49.0 Hrs.

Este leadtime de la orden de fabricación desde que es generada hasta que se libera, esta constituido por el tiempo de acopio de materiales en el almacén, el tiempo de espera de la materia prima para entrar al proceso (colas), el tiempo de preparación de la máquina y el tiempo ciclo de fabricación.

TIEMPO DE REACCION ANTE NUEVOS PRODUCTOS.....8.0 Hrs.

Constituido basicamente por la capacidad de el proceso para poder fabricar otro tipo de tubo, considerando el tiempo de preparación de la maquinaria, asi como el Layout del que depende en gran parte el flujo de los materiales.

INVENTARIO DE:

MATERIA PRIMA.....0.5 Meses de Cobertura.
PRODUCTO TERMINADO.....0.5 Meses de Cobertura.

Al contar con un control limitado de las ventas agregando una administración de nuestros inventarios de producto terminado y de materia prima no controlados nos ocasiona el no tener materiales a tiempo y en cantidad necesaria.

MODELO PROPUESTO.

TIEMPO CICLO DE FAB.....30.0 Hrs.

Considerando una mejora en el proceso en donde al mismo tiempo de formar el tubo se suelda es posible reducir un tiempo de 6 Hrs., mientras que el layout propuesto nos conduce a una reducción de 4 Hrs. aprox. por el mejor flujo de los materiales.

LEADTIME DE LA ORDEN.....34.0 Hrs.

Gracias al control visual en el piso, es posible darle mayor fluidéz a la entrada y salida de materiales del almacén, así como reducir el tiempo de espera (colas) de la materia prima a cada operación y si a esto le sumamos la reducción establecida del tiempo ciclo de fabricación: es posible una mejora.

**TIEMPO DE REACCION
ANTE NUEVOS PRODUCTOS.....4.0 Hrs.**

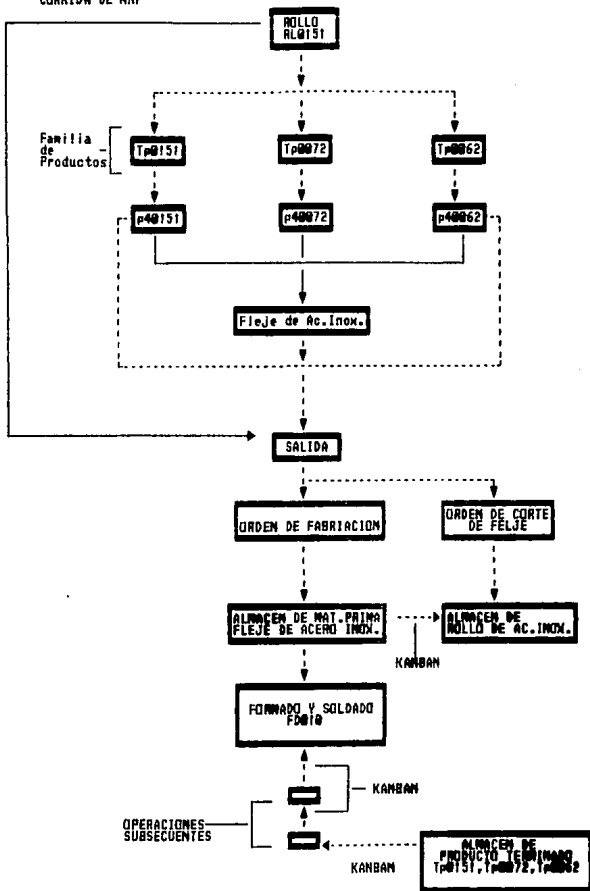
Es importante mencionar que al establecer un control en piso como es el kanban, es posible dar un mejor seguimiento a cada orden de fabricación, aunado a la mejor distribución de la planta se mejor el flujo de materiales. lo que nos ayuda a tener una flexibilidad de nuestro proceso para poder reaccionar a la fabricación de nuevos productos.

INVENTARIO DE:
MATERIA PRIMA.....1.5 Meses de Cobertura.
PRODUCTO TERMINADO.....1 Mes de Cobertura.

Como resultado mas tangible del modelo propuesto podemos mencionar el mejor control del inventario, contando con coberturas de materiales de 1 a 1.5 meses, procurando que nuestra rotación de inventario tenga este perfil, y no caer en altas inversiones.

**SIMULACION DEL SISTEMA
EN LA FABRICACION DE TUBO.**

CORRIDA DE MRP



CONCLUSIONES

Con el paso del tiempo y la experiencia de varias empresas al trabajar con un sistema como lo es el MRP, se ha podido comprobar que el tiempo de respuesta de éste no es inmediato, lo que afecta al control de la producción en piso ocasionando exceso de inventarios en proceso y de producto terminado.

Derivándose la conclusión de que un sistema MRP por sí solo no es eficiente del todo, por lo que se puede pensar en una estrategia de manufactura en donde la reducción de inventario, recursos humanos y mecánicos sean el objetivo. El Justo a Tiempo puede ser una buena opción, además de que permite mejorar la calidad, reduce los niveles de inventario y proporciona un máximo de motivación para la solución de los problemas tan pronto como éstos surgen.

El sistema Justo a Tiempo implica que los materiales necesarios sean traídos al lugar necesario para elaborar productos necesarios en el momento exacto en que éstos son requeridos; esto significa que los materiales se mueven de acuerdo a la demanda obteniendo como resultado un sistema de jalón; en cambio un sistema de empuje mueve los materiales por abastecimiento y con una capacidad de reacción lenta como lo es el MRP.

Al combinar las mejores características de un sistema de empuje y un sistema de jalón como se trata de hacer en la manufactura de tubería de acero inoxidable , se obtiene como resultado un sistema efectivo justo a tiempo que permitirá planear, predecir y controlar los requerimientos de materiales en la planta. El programa maestro de producción y el sistema MRP se utilizan para hacer la traducción de alto nivel del pronóstico de ventas a un programa de producción y requerimientos de materiales para cumplir con un programa de producción de tubería establecido. Esta información se utiliza para alertar a los proveedores y a la planta, de los requerimientos diarios de material; luego en base a la demanda real, el sistema de jalón mueve los materiales desde la línea de producción.

Varias compañías manufactureras están concientes de los beneficios potenciales de la entrada al ambiente Juusto a Tiempo. Usualmente se han invertido años y cientos de miles de dólares implementando los sistemas MRP. La mayoría de la gente tiene la impresión de que el Justo a Tiempo y MRP, son sistemas diametralmente opuestos y que dirigirse hacia el Justo a Tiempo requiere desechar un sistema MRP. Hay también aquellas compañías sin sistema de planeación formales que quieren irse directamente al Justo a Tiempo.

Ambas situaciones son el resultado de varios mal entendidos que han delegado la adopción de principios y procesos Justo a Tiempo. El fuerte ambiente de planeación del MRP es lo que hará trabajar la ejecución del Justo a Tiempo.

Es de suma importancia que una compañía cuente con un buen sistema de planeación para asegurar que los materiales se encuentren disponibles para la programación Kanban que Justo a Tiempo proporciona. Las compañías con pocas o con ninguna constante planificadora tienden a sobrecompensar, produciendo más temprano de lo necesario, así hay sobreproducción de inventarios. El sistema de planeación MRP dirige la sobrecompensación senciorándose de que sólo los recursos y materiales adecuados sean disponibles a un tiempo propicio. Justo a Tiempo se une a los tamaños reducidos de lotes y adelanta tiempo mientras se hacen materiales y productos sólo para satisfacer reales demandas en lugar de reglas económicas de órdenes (EOQ). Ambos, MRP y Justo a Tiempo, tienen el mismo mensaje. MRP le da cuerpo a la planeación kanban haciendo el producto antes de lo requerido.

Cuando Justo a Tiempo es implementado, se vuelve exigente que el programa maestro sea lo más estable posible para el siguiente período de planeación. Si esto sucede el sistema MRP deberá estar funcionando bien con los procesos y procedimientos de soporte en su lugar. Justo a Tiempo tendrá un efecto en todas las áreas de planeación

manufacturera y de sistemas de control. (ver fig. 1 Cap. IV)
El fin último es cambiado más radicalmente, en particular con la manera en que las órdenes manufactureras y de adquisición son realizadas en la planta. En inventario será muy dinámico, jalando las órdenes, mientras la planeación MRP es aplicada para asegurar que los materiales estén disponibles.

De lo anterior se puede concluir como objetivo primario que la Planeación será realizada por medio de el sistema MRP, en cuanto a órdenes de rango medio y alto así como la planeación de inventarios y de capacidad; mientras que la ejecución será tarea de Justo a Tiempo en cuanto a la colocación del índice de producción y jalar las partes diarias en manufactura. También al considerar el Layout propuesto se presume una cierta mejoría en el flujo de los materiales através de todo el proceso, evitando con esto grandes cantidades de fleje de acero inoxidable o tubería semiterminada en inventario en proceso además de minimizar el número de órdenes en las salidas del MRP provocando un mejor control y seguimiento de órdenes en el piso através del kanban.

En conjunto todas éstas mejoras nos llevan a obtener un mejor control de la fábrica de tubería y aumentar la productividad en tres principales niveles:

- administración de la demanda, y conocer realmente las necesidades de nuestros clientes.

- administración de la oferta, lo que nos implicaría manejar mejores costos y mejor calidad en el tubo.

- administración de la capacidad, que nos genera manejar mejores tiempos de entrega y mejor calidad del tubo.

Como resultados tangibles con respecto al modelo utilizado al proponer un sistema de éste tipo encontramos una mejora del 25% en cuanto al Tiempo Ciclo de Fabricación.

Con respecto al Leadtime de la orden de fabricación desde que es generada hasta su liberación, podemos mencionar una mejora del 29%.

En el Tiempo de Reacción ante nuevos productos podemos esperar una mejora de hasta un 50%.

Por último en cuanto a Inventario de Materia Prima y de Producto Terminado podemos esperar una mejora del 300% y 200% respectivamente.

Estos resultados esperados nos llevarían a concretar los principales objetivos.

BIBLIOGRAFIA.

- **BOCK, J.**
PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION.
ED.LIMUSA, MEXICO 1978.
- **ELIYAHU M.GOLDRATT; JEFF COX**
LA META; UN PROCESO DE MEJORA CONTINUA
ED.CASTILLO, MEXICO 1991.
- **HERNANDEZ, ARNALDO**
MANUFACTURA JUSTO A TIEMPO
ED.CECSA, MEXICO 1992.
- **MATHER, HAL**
BILL OF MATERIAL
MC.GRAW HILL, ATLANTA 1977.
- **ORLICKY, JOSEPH; GEORGE W. PLOSSL**
MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING
ED. MC.GRAW HILL, NUEVA YORK 1975.
- **PLOSSL, GEORGE W.**
EL CONTROL DE LA PRODUCCION Y LOS STOCKS
EDICIONES UNIV. DE NAVARRA, BARCELONA 1974.
- **PLOSSL, GEORGE W.**
EL CONTROL DE LA PRODUCCION Y DE INVENTARIOS
PRENTICE HALL, 2a ED., MEXICO 1987.
- **VAZQUEZ, ARTURO**
ADMINISTRACION DE LA PRODUCCION
ED. LIMUSA, MEXICO 1974.
- **WILLIAM A. SANDRAS JR.**
JUST IN TIME MAKING IT HAPPEN
ED. OLIVER WIGHT.
- **MAYNARD, HEROLD**
MANUAL DE LA INGENIERIA DE LA PRODUCCION
ED. REVERTE, BARCELONA 1978.
- **PUBLICACION APICS**
MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING, VIRGINIA 1979.
- **PUBLICACION APICS**
BILL OF MATERIAL, VIRGINIA 1985.
- **PUBLICACION IBM VERSION 2**
MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING, ATLANTA 1987.

ANEXO I

CODIGOS DE LAMINA Y PLACA EN ROLLO

RL	304	LAMINA Y PLACA EN ROLLO T-304 Y T-316				INCLAS	
		304L	316	316L			
931	3.2	RL3013	RL3011	RL8013	RL3014	RL3017	RL3019
932	5.4	RL3023	RL3021	RL3023	RL3024	RL3027	RL3029
933	9.5	RL3039	RL3031	RL3032	RL3034	RL3037	RL3039
934	12.7	RL3040	RL3041	RL3043	RL3044	RL3047	RL3049
935	19.1	RL3050	RL3051	RL3053	RL3054	RL3057	RL3059
936	25.4	RL3063	RL3061	RL3063	RL3064	RL3067	RL3069
937	31.8	RL3070	RL3071	RL3073	RL3074	RL3077	RL3079
939	38.1	RL3093	RL3091	RL3093	RL3094	RL3097	RL3099
939	50.0	RL3090	RL3091	RL3093	RL3094	RL3097	RL3099
913	63.5	RL3100	RL3101	RL3103	RL3104	RL3107	RL3109
911	76.2	RL3110	RL3111	RL3113	RL3114	RL3117	RL3119
912	98.9	RL3120	RL3121	RL3123	RL3124	RL3127	RL3129
915	182	RL3130	RL3131	RL3133	RL3134	RL3137	RL3139
914	127	RL3140	RL3141	RL3143	RL3144	RL3147	RL3149
915	152	RL3150	<u>RL3151</u>	RL3153	RL3154	RL3157	RL3159
816	293	RL3160	RL3161	RL3163	RL3164	RL3167	RL3169
817	254	RL3170	RL3171	RL3173	RL3174	RL3177	RL3179
919	385	RL3180	RL3181	RL3183	RL3184	RL3187	RL3189
919	358	RL3190	RL3191	RL3193	RL3194	RL3197	RL3199
828	406	RL3200	RL3201	RL3203	RL3204	RL3207	RL3209
821	457	RL3210	RL3211	RL3213	RL3214	RL3217	RL3219

CODIGOS DE FLEJE

FLEJE DE AC. INOX. T-304									
24	5	10	42	80	3.0	3.6	4.0	5.2	
001	3.2	p40010	p40011	p40012	p40013	p40015	p40017	p40018	p40019
002	6.4	p40020	p40021	p40022	p40023	p40026	p40027	p40029	p40029
003	9.5	p40030	p40031	p40032	p40033	p40036	p40037	p40038	p40039
004	12.7	p40040	p40041	p40042	p40043	p40046	p40047	p40048	p40049
005	19.1	p40050	p40051	p40052	p40053	p40056	p40057	p40058	p40059
006	25.4	p40060	p40061	p40062	p40063	p40066	p40067	p40068	p40069
007	31.6	p40070	p40071	p40072	p40073	p40076	p40077	p40078	p40079
008	38.1	p40080	p40081	p40082	p40083	p40086	p40087	p40088	p40089
009	50.8	p40090	p40091	p40092	p40093	p40096	p40097	p40098	p40099
010	63.5	p40100	p40101	p40102	p40103	p40106	p40107	p40108	p40109
011	75.2	p40110	p40111	p40112	p40113	p40116	p40117	p40118	p40119
012	88.9	p40120	p40121	p40122	p40123	p40126	p40127	p40128	p40129
013	102	p40130	p40131	p40132	p40133	p40136	p40137	p40138	p40139
014	127	p40140	p40141	p40142	p40143	p40146	p40147	p40148	p40149
015	152	p40150	p40151	p40152	p40153	p40156	p40157	p40158	p40159
016	203	p40160	p40161	p40162	p40163	p40166	p40167	p40168	p40169
017	254	p40170	p40171	p40172	p40173	p40176	p40177	p40178	p40179
018	305	p40180	p40181	p40182	p40183	p40186	p40187	p40188	p40189
019	356	p40190	p40191	p40192	p40193	p40196	p40197	p40198	p40199
020	406	p40200	p40201	p40202	p40203	p40206	p40207	p40208	p40209
021	457	p40210	p40211	p40212	p40213	p40216	p40217	p40218	p40219

CODIGOS DE FLEJE

FLEJE DE AC. INOX. T-316

p6	5	'0	40	80	3.0	3.6	4.0	5.0	
001	3.2	p60010	p60011	p60012	p60013	p60016	p60017	p60018	p60019
002	5.4	p60020	p60021	p60022	p60023	p60026	p60027	p60028	p60029
003	9.5	p60030	p60031	p60032	p60033	p60036	p60037	p60038	p60039
004	12.7	p60040	p60041	p60042	p60043	p60046	p60047	p60048	p60049
005	19.1	p60052	p60051	p60052	p60053	p60056	p60057	p60058	p60059
006	25.4	p60060	p60061	p60062	p60063	p60066	p60067	p60068	p60069
007	31.0	p60070	p60071	p60072	p60073	p60076	p60077	p60078	p60079
008	38.1	p60080	p60081	p60082	p60083	p60086	p60087	p60088	p60089
009	50.0	p60090	p60091	p60092	p60093	p60096	p60097	p60098	p60099
010	63.5	p60100	p60101	p60102	p60103	p60106	p60107	p60108	p60109
011	76.2	p60110	p60111	p60112	p60113	p60116	p60117	p60118	p60119
012	88.9	p60120	p60121	p60122	p60123	p60126	p60127	p60128	p60129
013	102	p60130	p60131	p60132	p60133	p60136	p60137	p60138	p60139
014	127	p60140	p60141	p60142	p60143	p60146	p60147	p60148	p60149
015	152	p60050	p60151	p60052	p60153	p60056	p60157	p60058	p60159
016	203	p60160	p60161	p60162	p60163	p60166	p60167	p60168	p60169
017	254	p60170	p60171	p60172	p60173	p60176	p60177	p60178	p60179
018	305	p60180	p60181	p60182	p60183	p60186	p60187	p60188	p60189
019	356	p60190	p60191	p60192	p60193	p60196	p60197	p60198	p60199
020	406	p60200	p60201	p60202	p60203	p60206	p60207	p60208	p60209
021	457	p60210	p60211	p60212	p60213	p60216	p60217	p60218	p60219

CÓDIGOS DE FLEJE

CINTA PARA TUBING DE AC. INOX. T-304											
t4	C-12	C-14	C-16	C-18	C-20	C-22	C-25	C-11	C-13	C-10	
001	3.2	140010	140011	140012	140013	140014	140015	140016	140017	140019	140019
002	4.0	140020	140021	140022	140023	140024	140025	140026	140027	140028	140029
003	6.4	140030	140031	140032	140033	140034	140035	140036	140037	140038	140039
004	7.9	140040	140041	140042	140043	140044	140045	140046	140047	140048	140049
005	9.5	140050	140051	140052	140053	140054	140055	140056	140057	140058	140059
006	12.7	140060	140061	140062	140063	140064	140065	140066	140067	140068	140069
007	15.9	140070	140071	140072	140073	140074	140075	140076	140077	140078	140079
008	19.1	140080	140081	140082	140083	140084	140085	140086	140087	140088	140089
009	25.4	140090	140091	140092	140093	140094	140095	140096	140097	140098	140099
010	31.8	140100	140101	140102	140103	140104	140105	140106	140107	140108	140109
011	38.1	140110	140111	140112	140113	140114	140115	140116	140117	140118	140119
012	50.8	140120	140121	140122	140123	140124	140125	140126	140127	140128	140129
013	53.5	140130	140131	140132	140133	140134	140135	140136	140137	140138	140139
014	75.2	140140	140141	140142	140143	140144	140145	140146	140147	140148	140149
015	102	140150	140151	140152	140153	140154	140155	140156	140157	140158	140159
016	22.2	140160	140161	140162	140163	140164	140165	140166	140167	140168	140169
017	26.6	140170	140171	140172	140173	140174	140175	140176	140177	140178	140179
018	38.9	140180	140181	140182	140183	140184	140185	140186	140187	140188	140189
019	11.1	140190	140191	140192	140193	140194	140195	140196	140197	140198	140199
020	14.3	140200	140201	140202	140203	140204	140205	140206	140207	140208	140209

CODIGOS DE FLEJE

CINTA PARA TUBING DE AC. INOX. T-316											
16	C-12	C-14	C-16	C-18	C-20	C-22	C-25	C-11	C-13	C-18	
001	3.2	t60010	t60011	t60012	t60013	t60014	t60015	t60016	t60017	t60019	t60019
002	4.8	t60020	t60021	t60022	t60023	t60024	t60025	t60026	t60027	t60029	t60029
003	6.4	t60030	t60031	t60032	t60033	t60034	t60035	t60036	t60037	t60039	t60039
004	7.9	t60040	t60041	t60042	t60043	t60044	t60045	t60046	t60047	t60049	t60049
005	9.5	t60050	t60051	t60052	t60053	t60054	t60055	t60056	t60057	t60059	t60059
006	12.7	t60060	t60061	t60062	t60063	t60064	t60065	t60066	t60067	t60069	t60069
007	15.9	t60070	t60071	t60072	t60073	t60074	t60075	t60076	t60077	t60079	t60079
009	19.1	t60080	t60081	t60082	t60083	t60084	t60085	t60086	t60087	t60089	t60089
009	25.4	t60090	t60091	t60092	t60093	t60094	t60095	t60096	t60097	t60099	t60099
010	31.8	t60100	t60101	t60102	t60103	t60104	t60105	t60106	t60107	t60109	t60109
011	38.1	t60110	t60111	t60112	t60113	t60114	t60115	t60116	t60117	t60119	t60119
012	50.0	t60120	t60121	t60122	t60123	t60124	t60125	t60126	t60127	t60129	t60129
013	62.5	t60130	t60131	t60132	t60133	t60134	t60135	t60136	t60137	t60139	t60139
014	76.2	t60140	t60141	t60142	t60143	t60144	t60145	t60146	t60147	t60149	t60149
015	102	t60150	t60151	t60152	t60153	t60154	t60155	t60156	t60157	t60159	t60159
016	22.2	t60160	t60161	t60162	t60163	t60164	t60165	t60166	t60167	t60169	t60169
017	28.6	t60170	t60171	t60172	t60173	t60174	t60175	t60176	t60177	t60179	t60179
018	88.9	t60180	t60181	t60182	t60183	t60184	t60185	t60186	t60187	t60189	t60189
019	11.1	t60190	t60191	t60192	t60193	t60194	t60195	t60196	t60197	t60199	t60199
020	14.3	t60200	t60201	t60202	t60203	t60204	t60205	t60206	t60207	t60209	t60209

CODIGOS DE TUBERIA

TUBING AN. IMOX. T-304 CON COSTURA											
TS	C-12	C-14	C-16	C-18	C-20	C-22	C-25	C-11	C-13	C-18	
001	3.2	T50010	T50011	T50012	T50013	T50014	T50015	T50016	T50017	T50018	T50019
002	4.0	T50020	T50021	T50022	T50023	T50024	T50025	T50026	T50027	T50028	T50029
003	6.4	T50030	T50031	T50032	T50033	T50034	T50035	T50036	T50037	T50038	T50039
004	7.9	T50040	T50041	T50042	T50043	T50044	T50045	T50046	T50047	T50048	T50049
005	9.5	T50050	T50051	T50052	T50053	T50054	T50055	T50056	T50057	T50058	T50059
006	12.7	T50060	T50061	T50062	T50063	T50064	T50065	T50066	T50067	T50068	T50069
007	15.9	T50070	T50071	T50072	T50073	T50074	T50075	T50076	T50077	T50078	T50079
008	19.1	T50080	T50081	T50082	T50083	T50084	T50085	T50086	T50087	T50088	T50089
009	25.4	T50090	T50091	T50092	T50093	T50094	T50095	T50096	T50097	T50098	T50099
010	31.0	T50090	T50091	T50092	T50093	T50094	T50095	T50096	T50097	T50098	T50099
011	39.1	T50110	T50111	T50112	T50113	T50114	T50115	T50116	T50117	T50118	T50119
012	50.6	T50120	T50121	T50122	T50123	T50124	T50125	T50126	T50127	T50128	T50129
013	63.5	T50130	T50131	T50132	T50133	T50134	T50135	T50136	T50137	T50138	T50139
014	76.2	T50140	T50141	T50142	T50143	T50144	T50145	T50146	T50147	T50148	T50149
015	90.2	T50150	T50151	T50152	T50153	T50154	T50155	T50156	T50157	T50158	T50159
016	22.2	T50160	T50161	T50162	T50163	T50164	T50165	T50166	T50167	T50168	T50169
017	29.6	T50170	T50171	T50172	T50173	T50174	T50175	T50176	T50177	T50178	T50179
018	38.9	T50180	T50181	T50182	T50183	T50184	T50185	T50186	T50187	T50188	T50189
019	11.1	T50190	T50191	T50192	T50193	T50194	T50195	T50196	T50197	T50198	T50199
020	14.3	T50200	T50201	T50202	T50203	T50204	T50205	T50206	T50207	T50208	T50209

CODIGOS DE TUBERIA

TUBING AC. INOX. T-316 CON COSTURA											
TB	C-12	C-14	C-16	C-18	C-20	C-22	C-25	C-31	C-33	C-36	
201	3.2	T20010	T20011	T20012	T20013	T20014	T20015	T20016	T20017	T20018	T20019
202	4.0	T20020	T20021	T20022	T20023	T20024	T20025	T20026	T20027	T20028	T20029
203	5.4	T20030	T20031	T20032	T20033	T20034	T20035	T20036	T20037	T20038	T20039
204	7.9	T20040	T20041	T20042	T20043	T20044	T20045	T20046	T20047	T20048	T20049
205	9.5	T20050	T20051	T20052	T20053	T20054	T20055	T20056	T20057	T20058	T20059
206	12.7	T20060	T20061	T20062	T20063	T20064	T20065	T20066	T20067	T20068	T20069
207	15.9	T20070	T20071	T20072	T20073	T20074	T20075	T20076	T20077	T20078	T20079
208	19.1	T20080	T20081	T20082	T20083	T20084	T20085	T20086	T20087	T20088	T20089
209	25.4	T20090	T20091	T20092	T20093	T20094	T20095	T20096	T20097	T20098	T20099
210	31.8	T20100	T20101	T20102	T20103	T20104	T20105	T20106	T20107	T20108	T20109
211	38.1	T20110	T20111	T20112	T20113	T20114	T20115	T20116	T20117	T20118	T20119
212	50.8	T20120	T20121	T20122	T20123	T20124	T20125	T20126	T20127	T20128	T20129
213	63.5	T20130	T20131	T20132	T20133	T20134	T20135	T20136	T20137	T20138	T20139
214	76.2	T20140	T20141	T20142	T20143	T20144	T20145	T20146	T20147	T20148	T20149
215	102	T20150	T20151	T20152	T20153	T20154	T20155	T20156	T20157	T20158	T20159
216	22.2	T20160	T20161	T20162	T20163	T20164	T20165	T20166	T20167	T20168	T20169
217	28.6	T20170	T20171	T20172	T20173	T20174	T20175	T20176	T20177	T20178	T20179
218	80.9	T20180	T20181	T20182	T20183	T20184	T20185	T20186	T20187	T20188	T20189
219	11.1	T20190	T20191	T20192	T20193	T20194	T20195	T20196	T20197	T20198	T20199
220	14.3	T20200	T20201	T20202	T20203	T20204	T20205	T20206	T20207	T20208	T20209

CODIGOS DE TUBERIA

TUBO PIPE AC. INOX. T-304 COM COSTURA

Tp	5"/N	10"/N	40"/N	50"/N	5"/O	10"/O	40"/O	50"/O	
001	3.2	Tp0010	Tp0011	Tp0012	Tp0013	Tp0016	Tp0017	Tp0018	Tp0019
002	5.4	Tp0020	Tp0021	Tp0022	Tp0023	Tp0026	Tp0027	Tp0028	Tp0029
003	9.5	Tp0030	Tp0031	Tp0032	Tp0033	Tp0036	Tp0037	Tp0038	Tp0039
004	12.7	Tp0040	Tp0041	Tp0042	Tp0043	Tp0046	Tp0047	Tp0048	Tp0049
005	19.1	Tp0050	Tp0051	Tp0052	Tp0053	Tp0056	Tp0057	Tp0058	Tp0059
006	25.4	Tp0060	<u>Tp0061</u>	Tp0062	Tp0063	Tp0066	Tp0067	Tp0068	Tp0069
007	31.0	Tp0070	<u>Tp0072</u>	Tp0072	Tp0073	Tp0076	Tp0077	Tp0078	Tp0079
008	38.1	Tp0080	Tp0081	Tp0082	Tp0083	Tp0086	Tp0087	Tp0088	Tp0089
009	50.8	Tp0090	Tp0091	Tp0092	Tp0093	Tp0096	Tp0097	Tp0098	Tp0099
010	63.5	Tp0100	Tp0101	Tp0102	Tp0103	Tp0106	Tp0107	Tp0108	Tp0109
011	76.2	Tp0110	Tp0111	Tp0112	Tp0113	Tp0116	Tp0117	Tp0118	Tp0119
012	88.9	Tp0120	Tp0121	Tp0122	Tp0123	Tp0126	Tp0127	Tp0128	Tp0129
013	102	Tp0130	Tp0131	Tp0132	Tp0133	Tp0136	Tp0137	Tp0138	Tp0139
014	127	Tp0140	Tp0141	Tp0142	Tp0143	Tp0146	Tp0147	Tp0148	Tp0149
015	152	Tp0150	<u>Tp0151</u>	Tp0152	Tp0153	Tp0156	Tp0157	Tp0158	Tp0159
016	203	Tp0160	Tp0161	Tp0162	Tp0163	Tp0166	Tp0167	Tp0168	Tp0169
017	254	Tp0170	Tp0171	Tp0172	Tp0173	Tp0176	Tp0177	Tp0178	Tp0179
018	305	Tp0180	Tp0181	Tp0182	Tp0183	Tp0186	Tp0187	Tp0188	Tp0189
019	356	Tp0190	Tp0191	Tp0192	Tp0193	Tp0196	Tp0197	Tp0198	Tp0199
020	406	Tp0200	Tp0201	Tp0202	Tp0203	Tp0206	Tp0207	Tp0208	Tp0209
021	457	Tp0210	Tp0211	Tp0212	Tp0213	Tp0216	Tp0217	Tp0218	Tp0219

CODIGOS DE TUBERIA

TUBO PIPE AC. INOX. T-316 COM COSTURA									
TP	5/8"	1 1/8"	1 3/8"	1 7/8"	2 1/2"	3"	4"	6"	8"
001	3.2	TP0010	TP0011	TP0012	TP0013	TP0016	TP0017	TP0018	TP0019
002	5.4	TP0020	TP0021	TP0022	TP0023	TP0026	TP0027	TP0028	TP0029
003	9.5	TP0030	TP0031	TP0032	TP0033	TP0036	TP0037	TP0038	TP0039
004	13.7	TP0040	TP0041	TP0042	TP0043	TP0046	TP0047	TP0048	TP0049
005	19.1	TP0050	TP0051	TP0052	TP0053	TP0056	TP0057	TP0058	TP0059
006	25.4	TP0060	TP0061	TP0062	TP0063	TP0066	TP0067	TP0068	TP0069
007	31.8	TP0070	TP0071	TP0072	TP0073	TP0076	TP0077	TP0078	TP0079
008	39.1	TP0080	TP0081	TP0082	TP0083	TP0086	TP0087	TP0088	TP0089
009	50.8	TP0090	TP0091	TP0092	TP0093	TP0096	TP0097	TP0098	TP0099
010	53.5	TP0100	TP0101	TP0102	TP0103	TP0106	TP0107	TP0108	TP0109
011	76.2	TP0110	TP0111	TP0112	TP0113	TP0116	TP0117	TP0118	TP0119
012	88.9	TP0120	TP0121	TP0122	TP0123	TP0126	TP0127	TP0128	TP0129
013	102	TP0130	TP0131	TP0132	TP0133	TP0136	TP0137	TP0138	TP0139
014	127	TP0140	TP0141	TP0142	TP0143	TP0146	TP0147	TP0148	TP0149
015	152	TP0150	TP0151	TP0152	TP0153	TP0156	TP0157	TP0158	TP0159
016	203	TP0160	TP0161	TP0162	TP0163	TP0166	TP0167	TP0168	TP0169
017	254	TP0170	TP0171	TP0172	TP0173	TP0176	TP0177	TP0178	TP0179
018	305	TP0180	TP0181	TP0182	TP0183	TP0186	TP0187	TP0188	TP0189
019	356	TP0190	TP0191	TP0192	TP0193	TP0196	TP0197	TP0198	TP0199
020	406	TP0200	TP0201	TP0202	TP0203	TP0206	TP0207	TP0208	TP0209
021	457	TP0210	TP0211	TP0212	TP0213	TP0216	TP0217	TP0218	TP0219