

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE QUIMICA

NORMAS Y CONTROL DE LA PRODUCCION  
EN UNA FABRICA DE EQUIPO

T E S I S  
QUE PARA OBTENER  
EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A  
RICARDO DE VECCHI ARMELLA

MEXICO, D. F.

M-165688

1973

M-165688



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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.

PRESIDENTE: ENRIQUE LÁNGEL TRAVINO

VOCAL: EDUARDO ROJO Y DE REGIL

JURADO ASIGNADO

SECRETARIO: GUILLERMO CARSOLO PACHECO

1er. SUPLENTE: JOSE L. PADILLA DE ALBA

2o. SUPLENTE: ALBERTO TORRES DURAZO

Tema desarrollado en : VECO, S.A. CALLE 13 E LOTES 9, 10 Y 11  
CIVAC, MORELOS.

SR. RICARDO DE VECCHI ARBILLA.

I.Q. EDUARDO ROJO Y DE REGIL.

" I N D I C E "

|  |     |
|--|-----|
| Introducción . . . . .   |     |
| 1.- Historia de la producción. . . . .   | 1   |
| 2.- La dirección y la toma de decisiones. . . . .  | 18  |
| 3.- Planeación y control de la producción. . . . .   | 40  |
| 4.- Análisis y reducción de costos. . . . .  | 61  |
| 5.- Responsabilidad de la producción. . . . .  | 73  |
| 6.- La función de la planeación y el control<br>de la producción. . . . .                              | 79  |
| 7.- Tamaño económico del lote de producción. . . . .   | 110 |
| 8.- Línea de producción para varios artículos<br>semejantes. . . . .                                   | 121 |
| 9.- Método de programación lineal. . . . .   | 128 |
| 10.- Las cargas de trabajo y la programación de<br>la producción. . . . .                              | 138 |
| 11.- Orden óptimo de fabricación con secuencia-<br>fija cuando no hay traslape de operaciones. . . . . | 146 |
| 12.- Método de camino crítico. . . . .   | 157 |
| 13.- Conclusiones y cuestionario. . . . .  | 167 |
| Bibliografía. . . . .  | 174 |

## I N T R O D U C C I O N

El objetivo de esta tesis está encaminado a - resolver el problema complejo de la planeación y el control de la producción.

Para llevar a cabo lo anterior estableceremos, los objetivos normales de una empresa que son los de proporcionar un bien de consumo, con calidad previamente establecida y - al mínimo costo de fabricación.

Para esto sintetizo los tipos de producción en dos grandes ramas partiendo de una orden de fabricación.

Los grupos generales : Por lote de fabricación y por - unidad de fabricación.

Para explicar un poco éstos conceptos tenemos que la - primera es la de proporcionar bienes de consumo popular esto es a grandes escalas y por pronosticos de venta previamente establecidos.

El segundo grupo es el de la fabricación de unidades - pequeñas de producto, o sea necesarios, pero de un uso muy-especializado y que no es fácil pronosticar su venta y esto hace que su fabricación se lleve a cabo en el momento que - ha sido pedido o incluso vendido.

En la producción de cualquier tipo tenemos que depender de factores muy importantes para cumplir con los requisitos previamente establecidos el de calidad al menor costo.

Estos factores son : MATERIALES

MANO DE OBRA

ENERGIA

Los materiales deben de estar en el lugar y en el tiempo en que se deben utilizar, en la cantidad necesaria, para mantener el inventario adecuado sin falta ni exceso de materiales lo cual se gravaría directamente en el costo de producción.

La mano de obra necesaria y con los mínimos tiempos -- muertos, causados por, falta de material, falta de atención y por llevar la producción fuera de un orden lógico en su - secuencia.

La energía necesaria en el lugar adecuado y perfectamente balanceada para no causar problemas en las líneas de producción.

En ésta tesis trato de resolver estos problemas por medio de una planeación íntegra de elementos y factores que nos encaminen al éxito en el desempeño de la producción.

Una vez explicado cada uno de los factores tomados en cuenta para resolver éste problema planteo un cuestionario de autodiagnostico para saber el estado actual del negocio.

## HISTORIA DE LA PRODUCCION

Mediante los sistemas de producción ponemos para aprovechamiento del consumo diario los bienes y servicios en -- las enormes cantidades que se requieren. Por este motivo -- la dirección de los procesos productivos en sus infinitas -- variedades es una de las actividades más fascinantes de la vida moderna; ha cautivado la mente de algunos de nuestros -- sabios más eminentes y la operación diaria de sistemas de -- producción ha inducido a una gran parte de nuestros intelectuales a dedicar sus vidas y a ganar su sustento en alguna -- faceta directiva de la producción. Hace un siglo a un hombre se le consideraba instruido por sus conocimientos en -- arte, literatura, lengua y de los clásicos. En el mundo -- actual un hombre difícilmente puede considerarse perteneciente al grupo de los instruidos si no sabe nada respecto -- a comercio, economía, ciencia y tecnología. La dirección -- de la producción no está representada totalmente por ninguno de estos campos, sino que es una combinación delicada de todos ellos. Aquellas personas que se están creando una posición en este campo general, tienen una importante participación en la creación de nuestra forma básica de vida, que tanto depende de la abundancia.

### BREVE RESEÑA HISTORICA.

El primer estudio sobre economía de la producción lo efectuó el gran economista Adam Smith en la época en que estaba surgiendo el sistema de fábricas. En 1776, él escribió *The Wealth of the Nations*, obra en la cual indicó tres ventajas económicas básicas que resultaban de la división del trabajo. Estas eran el desarrollo de una habilidad o perí --

cia cuando una sola tarea era realizada repetidamente; un ahorro de tiempo que normalmente se perdía al pasar de una actividad a otra, y la invención de máquinas o herramientas cuya necesidad se hizo evidente cuando los hombres especializaban sus esfuerzos en tareas de alcance limitado.- Smith no dedujo estas ideas en forma teórica, sino que, bajo el sistema de fábricas, la división del trabajo estaba desarrollándose como un método lógico de producción cuando un grupo considerable de trabajadores se juntaba para producir en grandes cantidades. Bajo estas condiciones era - recomendable hacer un enfoque cooperativo. Smith observó esta práctica, notó las tres ventajas y escribió acerca de ellas en su libro. El libro fue un paso importantísimo en el desarrollo de las economías de producción, no solamente porque las observaciones de Smith probablemente aceleraron la división del trabajo, sino también porque un gran intelectual había reconocido que existía una forma de racionalizar la producción. El desarrollo actual de la racionalización habría de tomar mucho tiempo. Como habremos de notar, actualmente hemos alcanzado al fin la etapa de un desarrollo verdaderamente rápido en donde la dirección de la producción como disciplina está emergiendo de una fase puramente descriptiva para asumir las características de una ciencia aplicada.

Después de Adam Smith, otro inglés, Charles Babbage, aumentó las observaciones de aquél y planteó varias cuestiones excitantes acerca de la organización y economía de la producción.

Siendo Babbage fundamentalmente un matemático que se interesó en la producción industrial, su mente inquisitiva y orientación científica le indujeron a examinar muchos de los sistemas existentes. Sus pensamientos se sintetizaron en el libro titulado *On the Economy of Machinery and Manufactures* (1832). En lo que respecta a las ventajas económicas resultantes de la división del trabajo, Babbage estuvo de acuerdo con Smith, pero observó que éste había pasado



por alto una de las ventajas más importantes, por ejemplo Babbage utilizó un estudio de la fabricación de alfileres según se realizaba en aquel tiempo. El nivel de especialización consistía en siete operaciones básicas para hacer alfileres. Estas eran:

1. Estirado del alambre. Esta operación consistía en estirar el alambre pasándolo a través de un troquel para reducirlo al diámetro deseado.
2. Enderezado del alambre.
3. Aguzado.
4. Torcimiento y corte de las cabezas.
5. Encabezado.
6. Estañado o blanqueado. Esta operación era comparable al proceso moderno de galvanoplastia para prevenir la oxidación del alambre de acero.
7. Empacado. Esta operación consistía en colocar los alfileres terminados en papeles o cartones perforándolos.

Babbage observó la escala de salarios para estas diferentes especialidades, en chelines y peniques (s.d.), véase la Tabla I.

TABLA I

ANALISIS DE PROCESOS Y COSTOS DE FABRICACION DE ALFILERES  
FABRICACION INGLESA.

(178.) Alfileres "Elevens", 5,546 pesan una libra; "One dozen", 6,932 alfileres pesan 20 onzas, y requieren 6 onzas de papel.

| Nombre del proceso                      | Trabajadores | Tiempo para hacer una Lib. de alfile | Costo para hacer una libra de alfileres, peniques | Ganancias diarias por trabajador |          | Precio de Fabricación de cada parte de un alfiler en millonésimas de penique |
|---|--------------|--------------------------------------|---|----------------------------------|----------|--|
|   |              |                                      |   | s.                               | d.       |  |
| 1. Estirado del alambre (170.)          | Hombre       | .3636                                | 1.2500  | 3                                | 3        | 225  |
| 2. Enderezado del alambre (171.)        | Mujer        | .3000                                | .2840   | 1                                | 0        | 51   |
|   | Muchacha     | .3000                                | .1420   | 0                                | 6        | 26   |
| 3. Aguzado (172.)                       | Hombre       | .3000                                | 1.7750  | 5                                | 3        | 319  |
| 4. Torcimiento y corte de cabezas (173) | Muchacho     | .0400                                | .0147   | 0                                | 4.5      | 3  |
|   | Hombre       | .0400                                | .2103   | 5                                | 4.5      | 38   |
| 5. Encabezado (174.)                    | Mujer        | 4.0000                               | 5.0000  | 1                                | 3        | 901  |
| 6. Estañado o blanqueado (175.)         | Hombre       | .1071                                | .6666   | 6                                | 0        | 121  |
|   | Mujer        | .1071                                | .3333   | 3                                | 0        | 60   |
| 7. Empacado (176.)                      | Mujer        | <u>2.1314</u>                        | <u>3.1973</u>                                     | <u>1</u>                         | <u>6</u> | <u>576</u>   |
|   |              | 7.6892                               | 12.8732   |                                  |          | 2.320  |

Número de personas empleadas: hombres, 4; mujeres, 4; niños, 2; Total, 10.

Entonces él señaló que si la fábrica se organizaba de tal modo que cada hombre realizara toda la secuencia de operaciones, el salario que se pagara a estos hombres se determinaría por la habilidad más difícil o rara requerida para la operación completa. De tal manera, la empresa pagaría por la habilidad de estañado, aun cuando el trabajador estuviera enderezando, encabezando o empacando. Sin embargo, teniendo división del trabajo, sólo que requeriría comprar la cantidad de habilidad necesaria. Por tanto, además de las ventajas en la productividad citadas por Adam Smith, Babbage reconoció el principio de habilidades limitantes como base para el pago.

Después de las observaciones de Adam Smith y Charles-Babbage, la división del trabajo continuó y se aceleró durante la primera mitad del siglo XX. Muestras grandes líneas de producción representan el principio de la división del trabajo llevado a su límite máximo. De hecho, este principio ha llegado tan lejos que algunas personas están dudando respecto a su actual nivel de aplicación. Las reducciones de costos basadas en la ampliación del alcance de las labores se están mencionando actualmente en la literatura. Se ha acuñado incluso un nombre para esta nueva tendencia, "ampliación del trabajo". Tal vez el nivel óptimo ya lo han excedido algunas industrias.

Frederick W. Taylor es sin duda el personaje histórico más destacado en el desarrollo del campo de la dirección en la producción. Smith y Babbage fueron observadores y escritores, pero Taylor fue tanto un pensador como ejecutor. También fue autoritario con una voluntad indomable, hecho por el cual fue muy criticado, pero al mismo tiempo pudo haber sido el origen de sus grandes contribuciones. La Práctica de aquellos tiempos era permitir que los mismos trabajadores decidieran los medios que se utilizarían para alcanzar la producción. Ellos determinaban el modo de producir una pieza, de acuerdo con sus habilidades y experiencias pasadas, y el tiempo y costo de producción se regulaba mediante métodos tradicionales. "Laborar sin pro

vecho" y disminuir el ritmo del trabajo eran entonces prácticas comunes.

Taylor estaba familiarizado con estos métodos porque entró al sistema industrial como obrero y como tal rehusó seguir las prácticas de otros trabajadores, y en lugar de ello produjo tanto como pudo. Progresó rápidamente y después tuvo oportunidad de experimentar alguna de sus ideas. Para comprender el alcance de los logros de Taylor, debemos entender que fue un innovador en un ambiente donde había apatía general en la administración, en donde existían fuertes tradiciones que otorgaban libertad a los trabajadores para establecer métodos de producción y el derecho de guardar sus conocimientos como secretos de trabajo. En este ambiente estático, Taylor desató una oleada de cambios en la filosofía de la dirección que estremeció toda la estructura de muchas organizaciones.

Esencialmente la nueva filosofía de Taylor expresaba que el método científico podía y debía aplicarse a todos los problemas de la dirección, y que los métodos mediante los cuales se realizaba el trabajo los debía determinar la gerencia por medio de la investigación científica. Enumeró cuatro nuevas tareas de la dirección que pueden resumirse como sigue:

1. El desarrollo de un método científico para cada elemento del trabajo del obrero, a fin de reemplazar los viejos métodos manuales.
2. La selección científica, el entrenamiento y preparación de trabajadores, en lugar del viejo método de permitir al trabajador escoger sus propias tareas y adiestrarse lo mejor que pudiera.
3. El desarrollo de un espíritu de sincera cooperación entre el trabajador y la dirección para asegurar que el trabajo se llevara a cabo de acuerdo con los procedimientos científicamente formulados.
4. La división de trabajo entre los trabajadores y la dirección en partes casi iguales, asumiendo cada grupo el trabajo para el que estaba mejor capacitado, en lu-

gar de las antiguas condiciones mediante las cuales la mayor parte del trabajo y de la responsabilidad recaían en el trabajador.

Estas cuatro ideas, que condujeron a un nuevo concepto acerca de la organización de la Dirección, están tan arraigadas en las actuales prácticas de organización, que es difícil creer que la situación fue alguna vez diferente. El trabajo de Taylor bajo el encabezado general número 1 se desarrolló en el campo de ingeniería de métodos y medida del trabajo. En años más recientes, esta área se ha desarrollado mucho mediante la ayuda experimental de investigadores psicológicos y fisiológicos, cuya materia se conoce actualmente como "ingeniería humana" que tiene aplicación general en la dirección de la producción. De los números 2 y 3 evolucionó el campo del personal, con sus técnicas de selección y colocación de éste, junto con la función organizadora de las relaciones industriales. El número 4, la división de trabajo entre el trabajador y la administración, ha tenido implicaciones de largo alcance. Las funciones básicas directivas de la planeación y control cubren actualmente gran parte del trabajo que antiguamente realizaban los trabajadores, dándoles libertad al capataz principal y a los trabajadores para concentrarse en la ejecución de planes cuidadosamente establecidos.

Taylor también es conocido por algunos de los experimentos iniciales que realizó. Estos se hicieron en diversas áreas, incluyendo la organización básica de la producción, teoría del pago de salarios, y el desarrollo de procedimientos fundamentales para trabajos tales como el maquinado de metal, manejo de hierro en lingotes de paleo, que eran usuales en la industria de acero en esa época. A través de sus experimentos sobre corte de metales, Taylor gastó miles de libras de metal en un período de diez años, obteniendo así especificaciones para la alimentación y velocidades que podrían usarse para diferentes metales y materiales para herramientas. También en relación con estos experimentos y con la colaboración de Maunsel White, descubrió el acero-

de alta velocidad, un descubrimiento que lo enriqueció y que le permitió dedicar la mayor parte de sus últimos -- años a fomentar su filosofía. Taylor creyó que sus apor- taciones importantes fueron su filosofía general y el en- foque hacia los problemas de la dirección, más bien que- cualesquiera descubrimientos específicos. Estos últimos eran simplemente aplicaciones de "la dirección científica" a situaciones particulares.

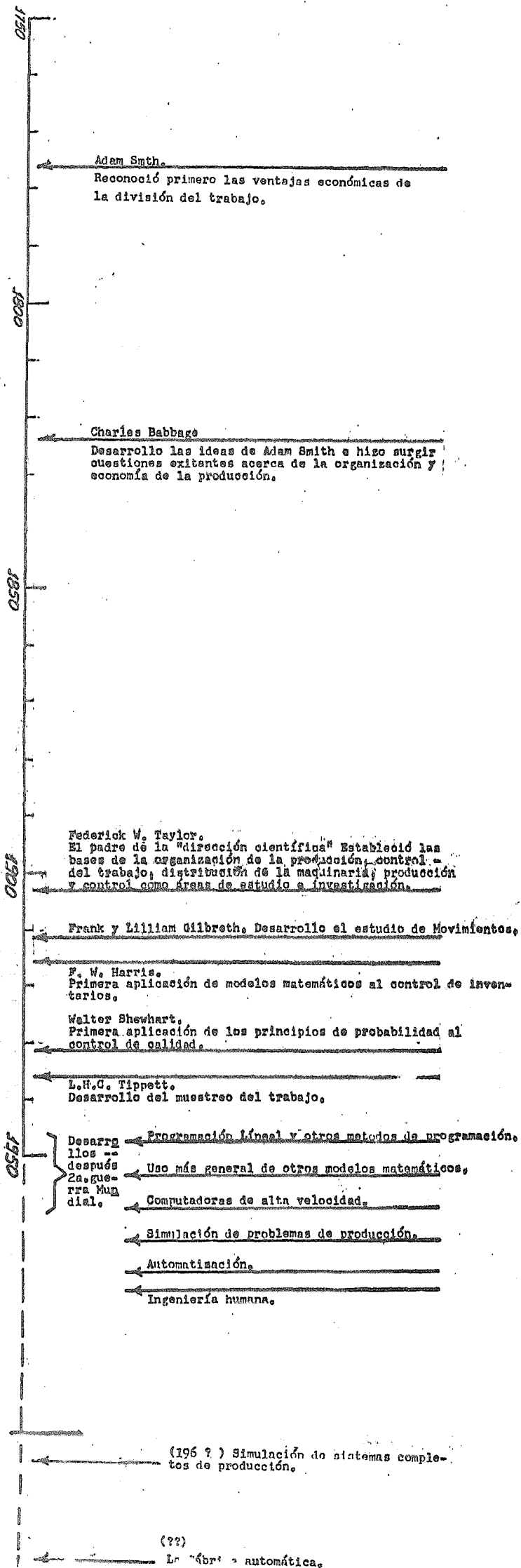
La actitud firme de Taylor para desarrollar y reali- zar sus ideas, provocó muchas controversias y fue combati- do enérgicamente en muchas partes. En el ambiente en que trabajaba Taylor, quizá era necesario tener un hombre de- su personalidad impulsiva para cambiar la forma industrial de su tiempo. Sus discípulos fueron numerosos. Carl - - Barth, Henry L. Gantt, Harrington Emerson, Frank y Lillian Gilbreth y otros, trabajaron dentro de la estructura gene- ral y la filosofía de Taylor. Hubo otras personas que -- pretendieron realizar su trabajo sin tener sus conocimien- tos y competencia, y que por un dólar fácil, se hicieron- pasar como consultores que podían implantar "el sistema - de Taylor". El desautorizó a estos "chacales", sin embar- go, ellos causaron mucho daño, y por el descrédito que le dieron a la dirección científica probablemente retardaron el desarrollo de prácticas adecuadas en este campo. Poco cambio hubo en las ideas básicas de Taylor. La literatura estaba llena de falsedades y variaciones insignificantes- de lo que evidentemente era producto del pensamiento de - Taylor, tales como los planes para el pago de salarios, - los métodos para estudios de tiempo y las gráficas y ta- bleros de control mecánico. Pero la ciencia de la direc- ción de la producción, tal como la concibió Taylor, se de- sarrollaba muy lentamente.

Existen muchas razones para este lento desarrollo. -- No se disponíagún de los conocimientos y las herramien- tas adecuadas, y los errores del período posterior a Tay- lor tenían que corregirse. Las mediciones en los siste- mas de producción usualmente muestran gran variación. Por ejemplo, ¿cuánta producción podemos esperar de una opera-

ción? La producción depende del trabajador y de las condiciones de trabajo. Aun para un mismo hombre, podemos esperar grandes variaciones de hora a hora, día a día, semana a semana etc. Para describir este sistema necesitamos conceptos de probabilidad y conocimiento de métodos estadísticos. Durante años se trató de enfocar tales problemas respetando la producción de un hombre o de un sistema de hombre-máquina mediante un solo número, como era usual en la mayoría de los problemas de ingeniería y este método simplemente no era adecuado para esta situación. En campos tales como la ingeniería mecánica, ingeniería eléctrica e ingeniería química, era pequeña la variabilidad de las mediciones y los modelos determinísticos daban resultados -- bastante buenos. En los problemas de producción, sin embargo, la variabilidad era característica. Actualmente -- con los conocimientos generales de estadística y los conceptos de probabilidad que poseemos y con su creciente aplicación a los problemas de producción, nuestros modelos de sistemas de producción se asemejan más que antes a la realidad.

Otra gran dificultad que estorbó a los investigadores responsables en el período posterior a Taylor, fue la complejidad de los problemas en gran escala que surgieron cuando parecía que todas las variables de cualquier problema -- estaban completamente relacionadas. Era obvio que se necesitaban técnicas matemáticas, pero no había ninguna disponible que diera las soluciones requeridas, y aun cuando estas estuvieran disponibles, el tiempo que se requería para lograr soluciones manuales tendría que medirse en cientos de años. Se necesitaban las computadoras digitales modernas de alta velocidad, pero éstas no estarían disponibles -- aun para las más fuertes y grandes empresas hasta los años de 1950. En 1914, F.W.Harris hizo un intento de análisis matemático, siendo él quien desarrolló el primer modelo -- del tamaño del lote económico para una situación simple; -- posteriormente éste fué perfeccionado por F. E. Raymond y otras personas, pero las aplicaciones de esta idea en la -- industria no fueron generales. Tratamos de dar una descripción gráfica de estos hechos históricos en la figura I.

FIGURA 1. Progresión de los desarrollos en la dirección de la Producción.





## LA ERA ACTUAL.

El notable progreso actual de la producción de tipo general es consecuencia de los dos acontecimientos ocurridos en los años de 1930, que ayudaron a establecer las bases y señalar el camino para el futuro. Estos fueron el desarrollar e introducir en la industria el control estadístico de la calidad por Walter Shewhart en 1931 y el desarrollo en 1934 de la teoría de muestreo del trabajo (un procedimiento de muestreo para determinar patrones para retrasos, tiempo de trabajo etc.) del autor L.H.C. Tippett, que trabajaba en Inglaterra. Los conceptos del control estadístico de la calidad avanzaron rápidamente y la aplicación de estos conceptos de probabilidad al control de la calidad del producto llegaron a ser de aplicación general, especialmente al iniciarse la Segunda Guerra Mundial. Al aceptar los trabajadores, capataces y dirección, los conceptos básicos de muestreo, gráficas de control etc., hubo un importante progreso preliminar que señalaba lo que habría de venir en el período de la posguerra. Sin embargo, el procedimiento de Tippett acerca del muestreo del trabajo iba a permanecer casi completamente ignorado por veinte años, y finalmente fue actualizado y utilizado por algunas compañías progresistas en la década de 1950. Actualmente tal procedimiento se utiliza ampliamente y es probable que sustituirá a los métodos tradicionales utilizados en la medición del trabajo.

El actual ritmo de progreso del concepto, teoría y técnicas de la producción empezó poco después de la segunda Guerra Mundial. Las investigaciones respecto a las operaciones bélicas efectuadas por las fuerzas armadas produjeron nuevas técnicas matemáticas y de cálculo, y también proporcionaron conocimientos para aplicar viejas técnicas a problemas de operaciones militares. Estos últimos parecían similares a los problemas existentes en las operaciones de producción, de modo que los enfoques de los problemas bélicos empezaron a introducirse en el uso industrial.

Uno de los progresos más importantes de este género fue la introducción de la programación lineal. Al fin existía una herramienta básica matemática capaz de manejar muchos de los problemas más complejos en gran escala, para programar y distribuir los recursos limitados de un sistema de producción. Aún más importante fue el invento de la computadora de alta velocidad, que permitió resolver problemas de programación lineal en gran escala. La programación lineal sin computadoras hubiera tenido solamente un pequeño campo de aplicación.

Se desarrollaron otras técnicas matemáticas. La teoría de las líneas de espera, que se había usado por algún tiempo en la industria telefónica para analizar sistemas telefónicos, se utilizó en líneas de producción, almacenes de herramientas, mantenimiento de maquinaria, etc. Ahí se desarrollaron modelos de inventarios más nuevos y realistas que incluían la incertidumbre de la demanda y otras condiciones. En general, todos los modelos de remplazo, mantenimiento y de concurso se incorporaron a la tendencia general de formalizar los problemas de producción.

La computadora se manifestó como una poderosa herramienta con derecho legítimo, y no únicamente como un instrumento para realizar el trabajo tedioso del cálculo. Con su auxilio, los sistemas de producción pudieron simularse y modelarse después de establecer condiciones realistas. Si un sistema complejo se simulaba en una computadora, el efecto de proposiciones alternativas podría determinarse rápidamente sin invertir dinero y tiempo para probar prácticamente estas proposiciones. Se han realizado simulaciones en mayor escala, en partidas de decisiones comerciales desarrolladas por AMA, UCLA y otros. Actualmente se están haciendo intentos para simular la operación real de compañías completas en UCLA. Ciertamente, en breve se lograrán estos propósitos, y en un futuro próximo las empresas progresistas simularán sus operaciones de manera que el efec-

to probable de grandes decisiones alternativas, pueda de--terminarse antes de efectuar la operación. La computadora también ha ayudado al nuevo campo de automatización. En este campo se programa la computación para controlar máquinas--herramienta a través de todo su ciclo de operación, obte--niendo las piezas terminadas sin la ayuda humana. Estos -progresos tienen gran importancia futura tanto social como económicamente. A medida que avanza la tecnología en este campo, las computadoras programarán sistemas de máquinas--herramienta numéricamente controladas de acuerdo con hora--rios determinados po la propia computadora. El resultado--final será la muy discutida fábrica automática. En algunas industrias ya estamos más cerca de este logro que lo que -piensa la mayoría de la gente. Por ejemplo, en las indus--trias de procesos químicos continuos tales como la de ja--bón y petróleo, es usual el control automático de los pro--cesos y la mayor parte del trabajo es de naturaleza indi--recta o de vigilancia.

Debe comentarse una consecuencia final de la guerra,--que consiste en la atención que se le ha dado a los facto--res humanos. Esto se debe a los problemas que surgieron -por las gravosas exigencias que se le hicieron al hombre -respecto a los sistemas de radar y sonar, vuelo supersóni--co, vuelo a gran altura, etc. Se emplearon investigadores--sicológicos y fisiológicos durante y después de la guerra, para ayudar a diseñar sistemas que casi igualaban las capa--cidades humanas de la vista, oído, tacto, olfato y habili--dad de movimientos, así como la tolerancia humana para fac--tores ambientales, tales como el calor, luz, radiación y -ruido. Se han acumulado grandes cantidades de datos. Aun--que los factores de esfuerzo humano en los negocios y en -la industria son usualmente menos rígidos que muchos de --aquellos experimentados en la guerra, en concepto los pro--blemas son similares, esto es, diseñar tareas y sistemas -de producción que reconozcan las limitaciones del operador

humano y aprovechen sus aptitudes. El campo que ahora se llama de la ingeniería humana, factores humanos, o de biotecnología, proporciona los datos básicos para el diseño del trabajo. Los diseños de máquinas-herramientas standard todavía no aprovechan al máximo los conocimientos actuales, pero se han realizado mejoras. En la fábrica, los diseños especiales de las máquinas reflejan cada vez más el hecho de que no es la máquina la que produce, sino el sistema de hombre-máquina y que el diseño de la máquina debe reconocer este hecho. La ingeniería humana es el resultado de los estudios de movimiento originalmente desarrollados por los hermanos Gilbreth. Su concepto es más amplio que los estudios de movimiento y acepta un conjunto de criterios más extensos, tales como la frecuencia de error, costos psicológicos y fisiológicos, así como los criterios anti-guos de economía de movimientos o costo de trabajo.

#### DONDE NOS ENCONTRAMOS ACTUALMENTE.

Han transcurrido casi dos siglos desde que vivió Adam-Smith. ¿Qué hemos aprendido acerca de la dirección de la producción en este período? ¿Cuál es la situación de nuestro conocimiento actual? Al evaluar el pasado podemos decir -- que los resultados hablan por sí mismos. La productividad y la capacidad productiva se han extendido enormemente. La vida del hombre promedio en nuestra civilización occidental se ha transformado en una simple existencia a un nivel de vida que no lo soñó Smith. Durante este período, la dirección de la producción ha progresado mucho como una ciencia-aplicada "empírica". Durante estos 200 años hemos respondido al mercado en expansión y al crecimiento de las unidades industriales cada vez mayores, por medio de la división del trabajo y mediante la mecanización progresiva a fin de aprovechar las economías de la producción en gran escala.

En el transcurso de los años hemos aprendido cada vez-

más a diseñar mejores lugares de trabajo, mejores equipos - de manejo de materiales, y mejores edificios para alojar -- las actividades productivas. Hemos creado líneas de produc- ción y aún máquinas automáticas. Hemos aprendido los prin- cipios básicos de la economía de la producción y, por tanto hemos aprendido a utilizar a los trabajadores, materiales y máquinas en forma sumamente equilibrada para igualar los -- valores relativos cambiantes de estos componentes básicos - de la producción. Hemos aprendido a controlar los sistemas de producción que diseñamos, de tal forma que los productos o servicios satisfagan normas de calidad, estén disponibles cuando se necesiten y a un costo que pueda predecirse con - suficiente exactitud. La mayoría de este desarrollo ha sido evolutivo; pudimos mejorar sistemas existentes a través de- un proceso de aproximaciones sucesivas. Únicamente en los- últimos 20 años hemos empezado a elaborar principios que -- permitan diseñar instalaciones y sistemas de control con -- cierto grado de predicción respecto a sus resultados; esta- es una medida real de nuestros conocimientos acerca de la - dirección de la producción. Actualmente estamos empezando- a descubrir respuestas a problemas de alcance limitado, sa- biendo que el resultado es el mejor posible, esto es, ópti- mo y no simplemente mejor que la solución anterior. Este - es un progreso verdadero, e indica que la ciencia aplicada- que soñó Taylor se está desarrollando.

Donde nos encontramos actualmente, respecto a la direc- ción de la producción como ciencia aplicada, es en el um-- bral de una fase de rápido desarrollo. El progreso del co- nocimiento acerca de un campo particular a menudo se rela- ciona con una curva de crecimiento y saturación, en donde- los desarrollos iniciales son difíciles y lentos. A medi- da que se ordenan pequeñas porciones de capacidad el ritmo de crecimiento se acelera hacia la fase de rápido desarro- llo y finalmente se estabiliza a medida que se acerca a un nivel de saturación. En la figura 2 aparece esta curva de

crecimiento. En los próximos años aumentará el alcance de los problemas para los cuales podemos encontrar soluciones óptimas probables. La teoría de los sistemas de producción se difundirá y abarcará sistemas integrados-completos y no sólo partes de un sistema, aumentado nuestra habilidad para diseñar instalaciones productivas y sistemas de control que tengan características pronosticadas. Será usual utilizar computadoras para simular sistemas, así como los diversos tipos de procesos de producción numéricamente controlados (mediante el uso de computadoras).

En el pasado, lo mejor de la teoría de la dirección de producción estaba representado por su actual uso en los negocios y en las industrias; y la enseñanza en las universidades se guiaba por esta práctica. Actualmente, la teoría está conduciendo a las mejores prácticas, lo que probablemente continuará por algún tiempo en el futuro.

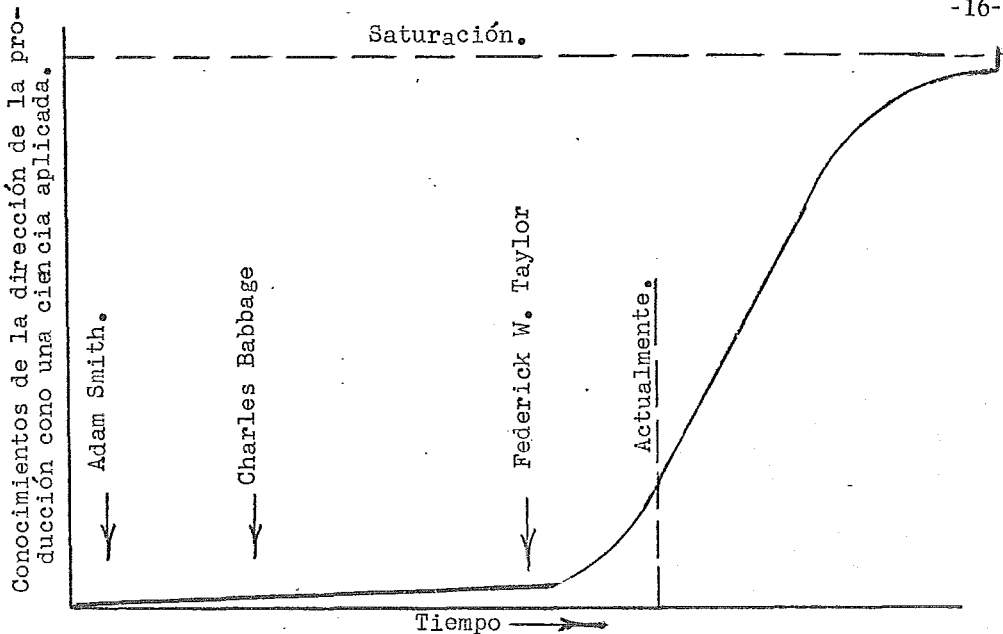


Figura 2. Curva de desarrollo del conocimiento de la dirección de la producción como una ciencia aplicada.  
 (Modern Production Management, 1965. J. Wiley & Sons.)

**LAS GRANDES EMPRESAS FRENTE A LAS PEQUEÑAS.**

A menudo se hace el comentario: "Todas estas pláticas acerca de un nuevo enfoque en la dirección de la producción son buenas para las grandes empresas. ¿Qué sucede con las pequeñas empresas?" Los principios básicos de la economía de producción y el diseño y control de instalaciones se aplican tanto en pequeñas como en grandes empresas. La realización de estos principios, sin embargo, debe cambiar con el tamaño y la pujanza financiera de la organización. Una gran organización puede utilizar una computadora de alta velocidad para ayudar a producir un plan que satisfaga sus necesidades con inventarios mínimos. La pequeña empresa puede verse obligada a tomar una solución similar menos precisa para sus problemas de planeación, utilizando métodos manuales y medios gráficos. Ambas organizaciones están tratando de utilizar el mismo principio de planeamiento de su producción. Las técnicas son diferentes, pero los principios son generales.

Vemos que la dirección de la producción no es un conjunto de técnicas. Al contrario, es un conjunto de principios generales para la economía de la producción, diseño de instalaciones, designación de puestos, disposición de horarios, control de la calidad, control de inventarios, medición del trabajo y control presupuestario y de costos. ¿Quiere decir esto que ignoramos las técnicas? No; más bien con el poder de las técnicas avanzadas desarrollamos y perfeccionamos --- principios. Una técnica avanzada, tal como la simulación en computadoras, puede ser utilizada para desarrollar y probar varias reglas que sincronicen la producción de acuerdo con los objetivos de la empresa. Las reglas resultantes se vuelven principios por medio de los cuales podemos programar la producción. Estos pueden aplicarse tanto en pequeñas como en grandes compañías. Una técnica matemática puede utilizarse para desarrollar reglas de decisión, respecto a la cantidad económica de materiales que se deben comprar en determinado momento. Las reglas resultantes se vuelven los principios mediante los cuales tomamos ciertas decisiones de compra. En tanto las condiciones sean comparables, tanto la pequeña como la gran empresa pueden usar estos principios. Por consiguiente, cuando estudiamos métodos analíticos y técnicas avanzadas, no estamos necesariamente estudiando la dirección de una gran empresa. Tratamos con conceptos e ideas que pueden demostrarse mediante métodos avanzados, en donde fallan instrumentos menos poderosos. Los conceptos e ideas resultantes comúnmente tienen una aplicación general.



## LA DIRECCION Y LA TOMA DE DECISIONES

La principal actividad de la dirección es tomar las decisiones que determinen el curso futuro de acción de la organización, a corto y a largo plazos. Estas decisiones pueden regirse en cualquier área física y de organización concebible; pueden referirse a la planeación financiera de mercados, personal, así como a la fase de operaciones o de producción. Muy a menudo las decisiones combinan todas estas líneas funcionales.

La teoría de la decisión tiene por objeto determinar - el modo de tomar decisiones racionales. Intenta establecer una estructura lógica para las decisiones que se basen en - la ciencia y en las matemáticas, así como en la realidad. - Dentro de este esquema que correlaciona los dos campos de - la ciencia y de la realidad respecto a varios cursos posi-- bles de acción, los riesgos se evalúan de manera que quien- toma las decisiones, basándose en su conocimiento de resul- tados probables, pueda decidir qué hacer. Estas decisiones conciernen a cualquier factor dentro de la organización. -- Para decisiones diarias de operación o repetidas, un conjunto de reglas de decisión permite efectuar una operación continua y fluida como por ejemplo, la referente al control industrial de la calidad. Las decisiones en gran escala, ta- les como la determinación de la capacidad de una nueva planta, utilizan los mismos conceptos generales de la teoría de la decisión, pero ocurren sólo de vez en cuando.

### NATURALEZA DE LA TOMA DE DECISIONES.

Evidentemente la naturaleza de una decisión es la existencia de alternativas y el proceso de toma de decisiones - selecciona de estas alternativas el curso de acción que debe seguirse. La manera más simple de tomar decisiones es,-

desde luego, lanzar una moneda al aire o permitir que algún otro sistema aleatorio determine la elección. Este sistema es tan sencillo como simple; a menos que los resultados de las decisiones sean todos igualmente deseables. Al evaluarse la calidad de lo deseado, inmediatamente se señala la necesidad de: a) un propósito y b) criterios para medir o comprar la conveniencia de las alternativas en relación con el propósito. Esto es, ciertamente, muy sencillo.

Tenemos alternativas y un objetivo que lograr, y necesitamos criterios de comparación. Sin embargo, el proceso se vuelve más difícil cuando nos damos cuenta que invariablemente nos referimos a valores futuros y que desgraciadamente tales valores a menudo entran en conflicto. Cada alternativa puede tener aspectos tanto deseables como indeseables, y estos valores en conflicto deben ser conciliados. Dado que -- son resultados futuros los que esperan, ¿qué seguridad tenemos de obtenerlos? ¿Cuál es la probabilidad de obtener los resultados en cada alternativa? o, al revés, ¿Cuál es el riesgo de no obtener el resultado predicho?

Realmente la ventaja final de las alternativas es el -- producto del beneficio relativo asequible y la probabilidad de lograrlo. De tal modo, una apuesta en el hipódromo que -- pagara 200 dólares por un boleto de 2.00 dólares, tendría -- una probabilidad de realizarse de 1%. Un "favorito" que -- pagara únicamente 2.80 dólares pero con una probabilidad de ganar de 80%, es más deseable porque es mayor el valor de la -- probabilidad pesada: 2.24 dólares contra 2.00 dólares. Ciertamente, si uno gana en la apuesta más arriesgada, gana mucho más, pero la probabilidad de ganar es tan pequeña que la deseabilidad pesada de las dos alternativas es tal, que para tomar una decisión racional en este caso, se debe elegir al favorito. En la figura 1 se esquematiza la estructura de la situación para tomar decisiones con alternativas, datos reales y criterios, y valores que representan información para el que toma las decisiones.

Dentro del sistema de toma de decisiones, se calculan los valores relativos predichos de las alternativas, de acuerdo con los criterios y valores. Finalmente, la calidad de lo deseado relativa a las alternativas, se determina pesando los valores con la probabilidad de su realización. El método de acción que maximiza este afán final es la decisión racional.

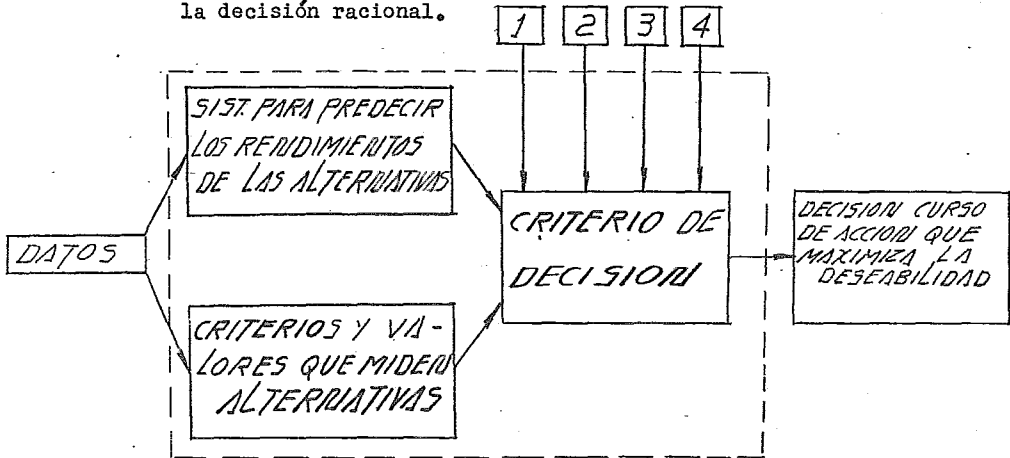


Figura 1. Estructura de la toma de decisión  
(McGraw-Hill Production Management, 1965. J. Wiley & Sons, Inc.)

La complicación de la toma de decisiones para un área determinada depende del nivel del conocimiento dentro del área y de la complejidad de las decisiones que van a tomarse. Algunas veces encontraremos que los criterios y valores son claros y precisos, los datos fácilmente asequibles, los valores futuros bastante pronosticables y los riesgos suficientemente claros. En tales casos la toma de decisiones parece científica, matemática, casi automática. En muchos otros casos, los criterios y valores son vagos y a menudo toman varias formas, cuya comparación es difícil de establecer. La predicción del riesgo y la realización futura pueden ser aún más difíciles. Entonces, el sentido

común es el medio para balancear valores contradictorios, evaluar riesgos y, finalmente, seleccionar un método de acción. En todos los casos, sin embargo, la toma de decisiones es un intento para escoger aquellos métodos de acción que son los más deseados, en los cuales la metodología científica que se aplica se utiliza al máximo y el juicio personal al mínimo.

#### UN EJEMPLO.

Pongamos un ejemplo dentro de la estructura que hemos discutido. Suponga que usted es presidente de una compañía que fabrica reguladores eléctricos. El puesto que desempeña requiere algunas decisiones relacionadas entre sí. La forma esencial de estos problemas se determina por las decisiones que usted toma en un conflicto sindical y en ofertas para realizar dos contratos con el gobierno. La situación se describe como sigue:

##### 1. Conflicto de Trabajo.

Usted se encuentra envuelto en un conflicto de trabajo. El sindicato ha fijado una fecha para la huelga a las 12.00 de la medianoche de este día, si no se acepta su solicitud de un aumento de 10% en los salarios. Usted está seguro que el sindicato llevará a cabo su amenaza y que la huelga resultante le costará a la empresa alrededor de 300,000 dólares. Si usted accede a las demandas sindicales su costo total por unidad de reguladores aumentará a 4.05 dólares comparado con el costo actual de 3.80 dólares por unidad. Usted está seguro que el sindicato será derrotado si va a la huelga y por tanto sus costos actuales permanecerán fijos en el próximo año. Usted debe decidir.

##### Conflicto Sindical. Decisión Táctica.

A. Otorgar a los trabajadores el aumento de salarios y soportar un costo más alto de producción.

B. Permanecer con la actual escala de salarios y su

frir la pérdida resultante de la huelga.

## 2. Contrato con el gobierno.

Sus tácticas con el sindicato se complican por el hecho de que el gobierno va a otorgar un gran contrato por 10 millones de reguladores en el siguiente mes y usted no podrá hacer propuestas para este contrato si sus trabajadores van a la huelga. Sin embargo, aun si usted accede a las demandas del sindicato y evita una huelga, no tendrá la seguridad de conseguir el contrato a menos que su oferta sea menor que la de sus competidores. Las ofertas posibles y probabilidades resultantes de ganar el contrato son las siguientes:

### Contrato con el Gobierno. Decisión Táctica.

X. LA COMPAÑIA EN HUELGA NO PUEDE HACER OFERTAS (Vea la decisión citada).

|    | <u>Precio por unidad.</u> | <u>Probabilidad de Obtener el contrato.</u> |
|----|---------------------------|---|
| C. | Oferta \$ 4.15            | 30%   |
| D. | " \$ 4.12                 | 50%   |
| E. | " \$ 4.10                 | 60%   |
| F. | " \$ 4.07                 | 80%   |

## 3. Inversión en equipo de prueba.

Afortunadamente, se prevé que a fin de año habrá un segundo contrato principal con el gobierno si a usted no se le otorga el provechoso contrato mencionado previamente (A causa de las limitaciones existentes en producción, no será posible que usted se encargue de los dos contratos si recibiera el primero). Para estar en condiciones de hacer ofertas para el segundo contrato, es necesario que desde ahora consiga adecuado apoyo financiero para garantizarle al gobierno que usted puede adquirir cierto equipo de prueba costoso, si usted recibiera el contrato.

Mientras más grande sea el equipo de prueba que usted - pueda adquirir, más probabilidades hay que le sea otorgado el contrato. La ganancia líquida anticipada para este segundo-proyecto es de 3.000,000 de dólares, si su costo unitario es de 4.05 dólares y 4.000,000 de dólares si su costo unitario es 3.80 dólares. Esta cantidad no incluye la gran inversión en equipo especial de prueba que debe ser amortizado durante la vigencia del contrato.

Inversión en equipo de prueba. Decisión Táctica:

|    |                            | <u>Probabilidad de obtener el contrato.</u> |
|----|----------------------------|---|
| G. | Invertir 2.000,000.00 Dls. | 20%   |
| H. | " 2.400,000.00 Dls.        | 40%   |
| I. | " 2.600,000.00 Dls.        | 50%   |
| J. | " 2.900,000.00 Dls.        | 60%   |

LA SOLUCION.

¿Cuántas posibilidades hay? Primero, debemos observar - la estructura de las diversas posibilidades que tiene quien-toma la decisión. Esta estructura se muestra en la figura 2, y puede parecer sorprendente ver que hay 20 posibilidades. - Estas 20 posibilidades se dividen en 16 que resultan si la - estrategia básica A (no huelga) se adopta, más cuatro posibi-lidades adicionales que se asocian con la estrategia básica-B (sufrir la huelga)

ESTRUCTURA DE DECISIONES ALTERNATIVAS.

|   |                        |              |                      |     |                                     |
|---|------------------------|--------------|----------------------|-----|-------------------------------------|
|   |                        |              | PRIMER CONTRATO.     |     | SEGUNDO CONTRATO                    |
| A | No huelga.             |              | Precio \$4.15: proba | (C) | (G) Invers. 2.0 Millones Prob. 20%  |
|   | Se accede al sindicato | Alternativas | bilidad, 30%.        |     |                                     |
|   | to Costo \$4.05/Bobina |              | Precio \$4.12: proba | (D) | (H) Invers. 2.4 Millones: Prob. 40% |
|   |                        |              | bilidad, 50%.        |     |                                     |
|   |                        |              | Precio \$4.10: proba | (E) | (I) Invers. 2.6 Millones: Prob. 50% |
|   |                        |              | bilidad, 60%.        |     |                                     |
|   |                        |              | Precio \$4.07: proba | (F) | (J) Invers. 2.9 Millones: Prob. 60% |
|   |                        |              | bilidad, 80%         |     |                                     |

16 alternativas, estas, Cy G, C y H, etc.  
D y G, D y H, Etc.

|   |                        |              |                                     |
|---|------------------------|--------------|-------------------------------------|
|   |                        |              | UNICAMENTE SEGUNDO CONTRATO.        |
| B | HUELGA:                |              | (G) Invers. 2.0 millones: Prob. 20% |
|   | Costo, \$ 3.80/bobina. | Alternativas | (H) Invers. 2.4 millones: Prob. 40% |
|   | Costo de la huelga=    |              | (I) Invers. 2.6 millones: Prob. 50% |
|   | \$ 300,000             |              | (J) Invers. 2.9 millones: Prob. 60% |

FIGURA 2. Estructura de las posibilidades.

Reconocemos que si se adopta B, podemos hacer oferta - tan sólo en el segundo contrato, de tal modo que únicamente tenemos las posibilidades BXG, BXH, BXI, y BXJ. Recuérdese - que la X representa el hecho de que no podemos hacer oferta en el primer contrato a causa de la huelga.. Por otra parte, si seguimos la estrategia básica A, ambos contratos están disponibles para nosotros aunque únicamente podemos aceptar uno de ellos por limitaciones en la producción. Por -- tanto, nuestra estrategia puede combinar ambos contratos.

Si se nos otorga el primer contrato, no podemos aceptar el segundo. Si perdemos el primero, aún tenemos oportunidad para el segundo. Por tanto, si hay cuatro posibilidades básicas de oferta para el primer contrato, y cuatro para hacer oferta en el segundo contrato, hay 16 combinaciones ( 4 x 4 ). Encabezaremos cada una de las 16 con A (no huelga) y tenemos ACG, ACH, ACI y ACJ que son todas las combinaciones de C con las cuatro posibilidades básicas del segundo contrato. Las otras combinaciones son: ADG, ADH, ADI, -- ADJ, AEG, AEH, AEI, AEJ, AFG, AFH, AFI y AFJ.

¿Cómo calcular? Hagamos los cálculos primero para las situaciones más simples, aquellas encabezadas por B (huelga) Por cada una de las cuatro posibilidades podemos calcular - por simple aritmética cuánto ganaríamos en cada posibilidad si recibieramos el contrato.

Tenemos una ganancia líquida de 4.000,000.00 de dólares de los cuales debemos deducir la inversión requerida en equipo de prueba. Pero la cifra resultante debe ser estimada teniendo en cuenta que se nos conceda el contrato. Por tanto, BXG rinde una ganancia posible de 2.000,000.00 de dólares después de deducir la inversión, pero la probabilidad de recibir el contrato con una pequeña inversión en equipo de pruebas, es muy pequeña, únicamente el 20%. Por tanto, - el valor de esta posibilidad en relación a las otras es únicamente el 20% de 2.000,000.00 de dólares, o sea 400,000.00 dólares. De esta cifra debemos deducir la pérdida segura de



300,000.00 dólares por la huelga, de tal modo que el resultado final del valor relativo de BXG es únicamente - - 100,000.00 dólares. Los resultados para las cuatro posibilidades de huelga se dan en la tabla I.

TABLA I. RESULTADOS DE LAS POSIBILIDADES DE HUELGA.

| (1)                      | (2)                                       | (3)                              | (4)            | (5)  | (6)   | (7)  |
|--------------------------|---|----------------------------------|----------------|--|---|--|
| Posi-<br>bili-<br>dades. | Ganancia lí-<br>quida del --<br>contrato. | Menos<br>inversión<br>requerida. | Es igual a.    | Probabi-<br>lidad de<br>recibir<br>el con-<br>trato. | (4) X (5)<br>valor neto<br>del con-<br>trato pre-<br>visto. | Menos la pérdi-<br>da segura de -<br>los 300,000.00<br>dólares costo<br>de la<br>huelga. |
| BXG                      | \$4.000,000.00                            | \$2.000,000.00                   | \$2.000,000.00 | 20%  | \$400,000.00  | \$100,000.00   |
| BXH                      | 4.000,000.00                              | 2.400,000.00                     | 1.600,000.00   | 40%  | 640,000.00  | 340,000.00   |
| BXI                      | 4.000,000.00                              | 2.600,000.00                     | 1.400,000.00   | 50%  | 700,000.00  | 400,000.00   |
| BXJ                      | 4.000,000.00                              | 2.900,000.00                     | 1.100,000.00   | 60%  | 660,000.00  | 360,000.00   |

Ejemplo anterior tomado de: Principles of Engineering Economy , 1950. The Ronald Press Co. N.Y.

CONTINUA EL EJEMPLO.

Vemos que el valor de las probabilidades interviene directamente en los cálculos en forma muy importante. La ganancia posible puede ser muy alta, por ejemplo, para -BXG es 2.000,000.00 de dólares menos el costo de la huelga, pero si la propiedad es muy pequeña es bajo el valor relativo de la posibilidad, dado que se puede tener una excelente oportunidad de obtener ganancias más moderadas por las otras posibilidades.

Los cálculos para las posibilidades A (no huelga) -- son un poco más complejos, pero las ideas básicas de las ganancias posibles, calculadas por probabilidades de logro, son las mismas. La leve complicación reside en el hecho de que no podemos aceptar ambos contratos. Por tanto, para cada combinación debemos calcular:

(Ganancias posibles del primer contrato)

X (Probabilidad de recibir el primer contrato)

+ (Ganancias posibles del segundo contrato)

X (Probabilidad de recibir el segundo contrato y no recibir el primero.)

De tal modo, tenemos un valor de probabilidad calculado del primer contrato más un valor de probabilidad calculado del segundo y la última probabilidad admite el derecho de que no podemos obtener el primer contrato.

El último valor de probabilidad es fácil de calcular. Lo podemos ver de esta manera: Si la probabilidad de obtener el primer contrato es de 20%, entonces la de no obtenerlo es de 80%. Si la probabilidad de obtener el segundo contrato es de 40%, entonces la probabilidad combinada de obtener el segundo y perder el primero es 80% multiplicado por 40%, esto es,  $0.80 \times 0.40$ , ó 32%. Ilustremos esto con la posibilidad ACG:

Primer Contrato:

10.000,000 de reguladores.  
Precio por unidad = 4.15 Dls.  
Costo por unidad = 4.05 Dls.  
Probabilidad = 30%

Segundo Contrato:

Ganancias del contrato = 3.000,000 Dls.  
Inversión requerida = 2.000,000 Dls.  
Probabilidad = 20%  
Probabilidad de obtener el número 2 y no el número 1 es:  
(1-0.30) X 0.20 ó 14%.

El Cálculo:

$10.000,000 (4.15 - 4.05) 0.30 + (3.000,000 - 2.000,000) 0.14 = 300,000 + 140,000 = 440,000$  Dls.

Los resultados de los valores relativos del conjunto de posibilidades de " no huelga " son:

|                  |                  |                  |
|------------------|------------------|------------------|
| ACG 440,000 dls. | ADH 470,000 dls. | AEI 380,000 dls. |
| ACH 468,000 dls. | ADI 450,000 dls. | AEJ 324,000 dls. |
| ACI 440,000 dls. | ADJ 380,000 dls. | AFG 200,000 dls. |
| ACJ 342,000 dls. | AEG 380,000 dls. | AFH 208,000 dls. |
| ADG 450,000 dls. | AEH 396,000 dls. | AFI 200,000 dls. |
|                  |                  | AFJ 172,000 dls. |

Para cada caso de las 16 posibilidades de la serie A (no huelga) y de las 4 posibilidades de la serie B (huelga), tenemos cifras que miden la calidad de cada posibilidad. Cada una es pesada por la probabilidad de su realización. Estos son los datos principales para propósitos de decisión.

Es importante reconocer, sin embargo, que estos datos no nos dicen cuánto ganaríamos por cada posibilidad. Más bien -

nos dicen la importancia relativa para propósitos de elección. Dado que ADH nos da el valor más alto, supongamos -- que la escogemos. La tabla II nos dice cuánto ganaríamos -- bajo estas tres condiciones:

1. Obtener el primer contrato, dejar el segundo.
2. Perder el primer contrato, pero obtener el segundo.
3. Perder ambos contratos.

TABLA II. GANANCIAS REALES BAJO LAS TRES CONDICIONES.

|  | (1)   | (2)   | (3)                     |
|--|---|---|-------------------------|
|  | Obtener el primer contrato, dejar el segundo. | Perder el primer contrato, pero obtener el segundo. | Perder ambos contratos. |
| Ganancias del contrato                     | 700,000 dls.                                  | 3.000,000 dls.                                      | 0                       |
| Inversión para obtener el segundo contrato | - - dls.                                      | 2.400,000 dls.                                      | 0                       |
| Ganancia total.                            | 700,000 dls.                                  | 600,000 dls.  | 0                       |

De esta forma, si adoptamos ADH como nuestra estrategia, podríamos ganar una suma neta de 700,000 dls., 600,000 dls., o cero. Pero al decidir cuál de las dos posibilidades es mejor, es necesario pasar a las ganancias con la probabilidad. Obviamente, nuestros datos harán que los contadores se vuelvan locos, e igualmente, nosotros no nos atreveríamos a utilizar directamente sus datos.

Observemos ahora cuidadosamente un punto importante:

en el problema de decisión que tratamos en este libro, los métodos de acción posibles no están pesados aparentemente con la probabilidad de realizar cada método de acción. -- ? Por qué no? ?Estamos haciendo lo contrario a la teoría general y al ejemplo que acabamos de expresar? No, en la mayoría de las situaciones concernientes a la producción a que nos referimos, las probabilidades de realizar métodos posibles de acción son iguales o, al menos, no tenemos bases para decir que no lo son. Por ejemplo, si hemos desarrollado tres formas diferentes de realizar una determinada operación productiva, y si estimamos costos de operación para los tres sistemas, las probabilidades de lograr los costos estimados son casi las mismas. Esto es, nuestra habilidad para predecir costos es igual para los tres sistemas. Por otra parte, si no estuviéramos seguros que uno de los sistemas fuera práctico a causa de un problema de diseño, deberíamos tomar en cuenta este hecho, asignándole un margen de probabilidad pesada para el logro de esta posibilidad.

El ejemplo del problema de decisión de la fábrica de reguladores demostró que los métodos posibles de acción no siempre son completamente evidentes, y asimismo demostró la importancia de los riesgos involucrados. Podríamos preguntarnos de dónde vienen esos valores de probabilidad. -- Las probabilidades para el primer contrato podrían estimarse a base de un análisis de los datos con precios variables de las anteriores ofertas de la compañía. Aquellos para el segundo contrato, relativos a inversiones en equipo de pruebas, podrían estimarse de un análisis de la pujanza financiera de sus competidores y de su conducta anterior al hacer ofertas. Aun si las posibilidades se basaran en las mejores predicciones de los ejecutivos de la organización, estamos en mejor posición para escoger que si no se hubiera realizado el análisis. El elemento de predic--

ción fue pequeño en el ejemplo y por lo simplificado de su estructura todo pudo reducirse a valores monetarios de forma que el problema de criterios y de valores en conflicto no fue importante. Al encuadrar el problema dentro de una estructura o modelo, el efecto de los diversos factores -- que intervienen en la dirección pueden determinarse más fácilmente. Las ideas involucradas en modelos informativos son muy importantes para nosotros, por tanto examinémoslos con más cuidado.

#### MODELOS.

Desde la infancia hemos tratado modelos diversos, y es probable que las muñecas, modelos de aeroplanos y cochecitos con los que jugamos, nos ayudaron a aprender algo -- del valor de sus duplicados reales. Los modelos son de importancia vital en cualquier planteamiento intelectual de un problema, y los utilizamos tal vez más frecuentemente de lo que pensamos. ¿Con qué frecuencia en una discusión, por ejemplo, utilizamos analogías para explicar o señalar un punto? El profesor en sus clases usa analogías y modelos físicos, gráficas y abstractos. De hecho, para pensar claramente, se requiere entender la naturaleza y el papel de los modelos.

Un modelo es siempre una abstracción en algún grado -- de una cosa o un proceso de la vida real para el cual queremos predecir su funcionamiento. Por ejemplo, el especialista en aerodinámica utiliza modelos y un túnel para estudiar su diseño. Evidentemente el modelo no intenta reproducir todas las características del proyecto. Aunque factores de forma, peso, resistencia de las piezas, temperatura etc., son todas ellas importantes para determinar cómo ha de comportarse el avión en estudio; el ingeniero está -- estudiando el comportamiento aerodinámico, en el que la -- forma es la principal característica. Por tanto, su mode-

lo reproduce precisamente la forma e ignora otros factores. El modelo que se utiliza permite una medición fácil, la manipulación de variables a voluntad, etc., y todo a un bajo costo. Si se trata de realizar estudios similares - con aviones reales no sólo sería costoso y difícil, sino- que probablemente no se obtendría tanta información. Al- abstraerse de la situación de la vida real el especialis- ta en aerodinámica puede concentrar su atención en algo - más simple, sin importarle el hecho de que se hayan igno- rado muchos detalles.

Pero la persona que utiliza modelos puede incurrir - en graves errores si se da por satisfecha únicamente con- el modelo. Un modelo "de sillón " puede parecer cómodo- pero "la prueba del postre está al comérselo". Un modelo que no refleja exactamente lo que ocurre en el mundo real es simplemente otro modelo. Los modelos deben probarse a veces repetidamente. Lo que se necesita es un modelo - - que prediga con éxito lo que ocurre en la realidad. Cier- tamente los primeros experimentos en túneles no hicieron- esto perfectamente, pero al correlacionar resultados de - pruebas de dichos túneles con resultados de pruebas de -- vuelos reales, el especialista en aerodinámica ha podido mejorar sus modelos en tal forma que sus pronósticos son- buenos. Aun así, dentro de la marcha del progreso, se --- presentaron situaciones para las cuales los viejos mode--- los no pueden ser utilizados como en el caso del vuelo --- supersónico, por ejemplo. Entonces deben construirse nue- vos modelos.

La figura 3 muestra las fases sucesivas de progreso- en el mundo de los modelos y en la vida real, con evalua- ciones intermedias utilizadas para dar validez a un modelo.



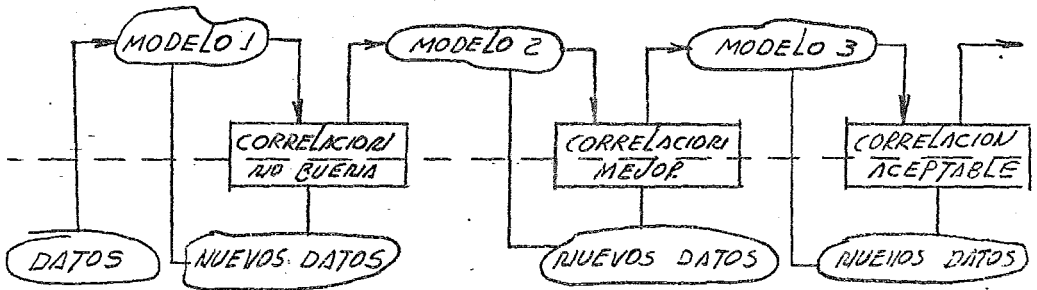
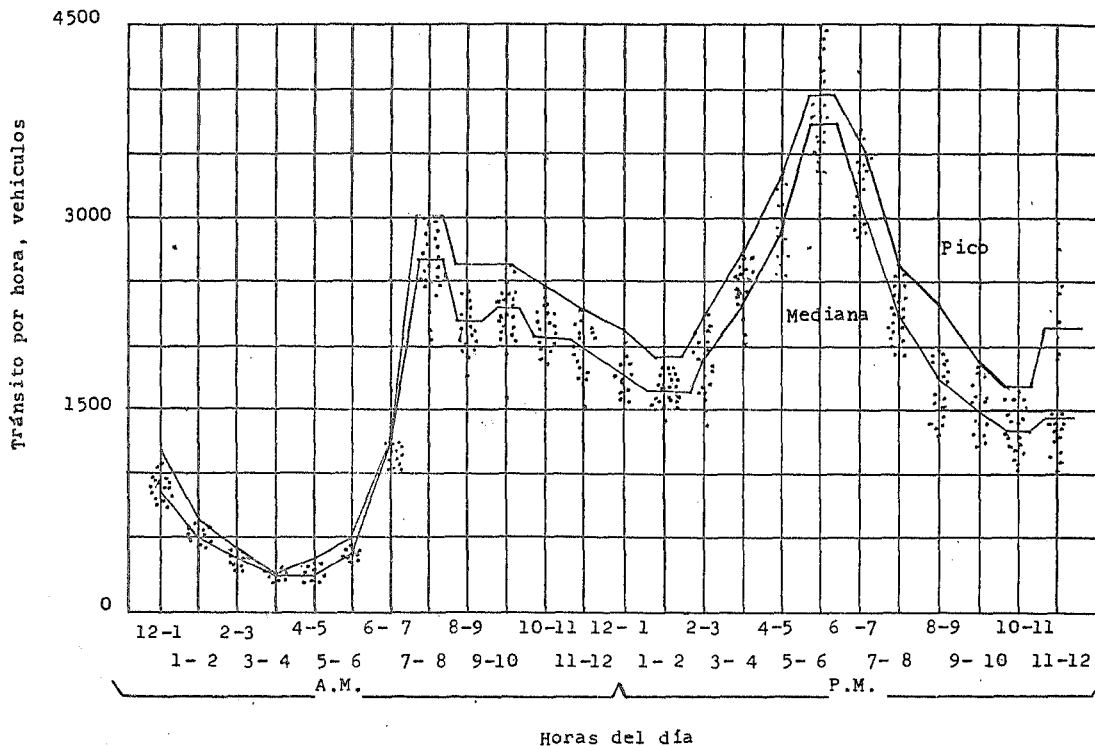


FIG. 3 FASES DEL DESARROLLO DE UN MODELO ACEPTABLE

Modern Production Management, 1961. J. Wiley & Sons, Inc.

Fig. 4. un modelo gráfico. volumen por hora del tránsito hacia el oeste en el puente George Washington. (De C.W. Churchman, R. L. Ackoff y E. L. Arnoff. Introduction to Operations Research. John Wiley and Sons, New York, 1957).

- Indica volumenes de tránsito influenciado por juegos de base ball en el polo Grounds or Yankee Stadium.



Clases de Modelos. El modelo del especialista en aerodinámica que hemos estado discutiendo es un modelo físico. Otros modelos físicos que muchos de nosotros hemos visto -- son el planetario del astrónomo, los modelos de estructura-molecular del físico, el modelo del edificio del arquitecto, planos, etc. En cada caso, el modelo físico representa físicamente algún aspecto del problema general. Pero hay -- otras clases de modelos, cada uno de los cuales prescinde -- de la situación física para estudiar algún aspecto particular de un problema. Por ejemplo, un modelo gráfico representa usualmente a las variable mediante longitudes de rectas en un espacio bi o tridimensional. La figura 4 es un -- modelo gráfico que muestra la variación diaria en la densidad del tránsito en dirección oeste sobre el puente George-Washington. Una decisión acerca de conducir un automóvil, -- tomar un taxi, utilizar el transporte público o quedarse en casa, pudiera basarse parcialmente en este modelo de densidad de tránsito. Los modelos pictóricos a menudo ayudan a -- transmitir ideas e influir en las decisiones mediante una -- imagen visual de las relaciones existentes. Por ejemplo, -- una caricatura de seguridad puede ser un modelo pictórico -- de los resultados de utilizar prácticas inseguras de producción.

La Dirección desea que los trabajadores tomen en cuenta este modelo del efecto previsto en prácticas inseguras y tomen las decisiones al respecto. Los modelos esquemáticos son comúnmente utilizados para mostrar cosas tales como flujo de información y flujo eléctrico, en las cuales la relación física es lo menos importante. Un diagrama de corriente eléctrica utilizado por un electricista, o un organigrama, son modelos esquemáticos. La figura 5 es un organigrama. Es un modelo esquemático de relaciones de autoridad -- dentro de la empresa.

En el modelo matemático, que representa la mayor abstracción de una situación de la vida real, se utiliza el simbolismo para describir factores de esa situación. Los símbolos pueden manipularse mejor que los objetos físicos. Los modelos matemáticos son extremadamente usados para estudiar las interrelaciones de una situación. Por ejemplo, la simple expresión de la segunda ley de Newton,  $F=ma$ , expresa una relación entre tres factores: fuerza, masa y aceleración

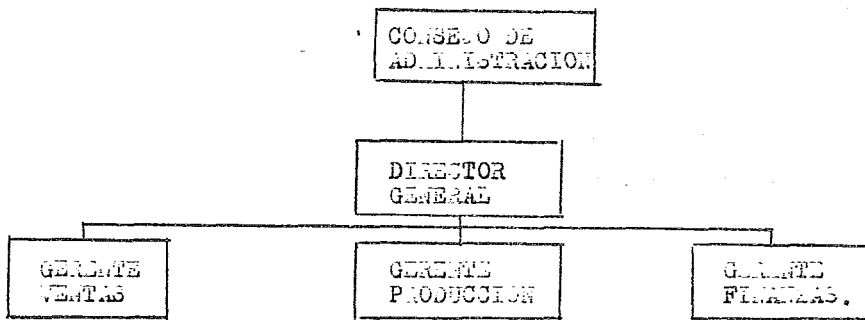


FIGURA 5. Modelo esquemático de una organización.

Los modelos matemáticos son más comunes en las ciencias físicas y sólo recientemente han invadido el mundo de los negocios. Su gran ventaja es que la manipulación simbólica puede a menudo descubrir la naturaleza exacta de las evidentes interrelaciones entre factores, lo que no sería del todo evidente por medio de otras técnicas. Cuando la complejidad de la situación que se estudia requiere matemáticas más allá de las técnicas conocidas, o cuando las matemáticas fueran demasiado complicadas o requieran mucho tiempo para ser útiles, se pueden desarrollar modelos de simulación y puede realizarse una aproximación de la vida real por medio de computadoras de alta velocidad.

En todos los casos, el objetivo en la construcción de modelos es predecir alguna faceta del funcionamiento del sistema que se estudia. Por tal razón son tan importantes los modelos en la toma de decisiones. La toma de decisión racional requiere un funcionamiento preestablecido. Los modelos proporcionan esta liga.

MODELOS EN LA DIRECCION DE LA PRODUCCION. La dirección de la producción ha utilizado todas las diferentes clases de modelos que se han discutido. Se han utilizado modelos físicos por algún tiempo en estudios de la disposición planeada de la fábrica. En aquellos proyectos que lo requieren, se realizan modelos muy detallados de tres dimensiones de manera que, los factores de flujo de materiales, cuatro del supervisor, acceso, etc., puedan ser estudiados con cuidadoso detalle antes de que se instale una nueva distribución de equipo. Son usuales los modelos gráficos y esquemáticos para el estudio de horarios, análisis de relaciones hombre-máquina y otros aspectos de la situación del trabajo. Más recientemente, se han desarrollado modelos matemáticos y de simulación que involucran la distribución de los recursos productivos, el planeamiento de la producción, lotes de medida óptimos y el análisis de procesos aleatorios. Todos los capítulos que comprende la parte II de este libro, Métodos analíticos en la dirección de la producción, tratan con modelos de varias situaciones de producción que han sido útiles como herramientas analíticas.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS MODELOS. ¿Por qué se utilizan los modelos? La respuesta más concreta es que no ha sido desarrollado un mejor sistema para predecir funcionamientos. Como sistemas para predecir, los modelos se originan en la ciencia y representan un método científico. Para construir un modelo, ya sea que éste

sea físico, gráfico o matemático se requiere una consideración cuidadosa de lo que se necesita abstraer de la situación real. Cuando estamos construyendo un modelo, nos llama inmediatamente la atención nuestro grado de ignorancia en la materia en que estamos trabajando. ¿Qué información se encuentra disponible? ¿Cuáles son las lagunas en la información? En su aplicación final, un modelo arroja luz -- acerca de los problemas que estamos resolviendo.

Los peligros en la construcción de modelos residen en el hecho de su abstracción del problema de la vida real. Si conservamos el modelo en forma que pueda ser trabajado puede estar demasiado simplificado. Si intentamos reproducir el problema real y no permitimos idealizarlo, el modelo puede ser demasiado difícil y costoso de construir y -- utilizar. La norma final acerca de la validez de un modelo es desde luego su prueba en la situación del problema real. Si éste predice el comportamiento en forma precisa, es un buen modelo. Si no lo hace así su único valor reside posiblemente en arrojar luz para el desarrollo de nuevos modelos mejorados.

MODELOS Y TOMA DE DECISIONES. ¿Por qué hacemos tanto énfasis en los modelos? ¿No podemos tomar decisiones sin ellos? Ciertamente que podemos hacerlo. No obstante, sin modelos predictivos nuestra confianza en las decisiones debe disminuir. Estaríamos de nuevo en la posición de lanzar una moneda al aire para decidir qué alternativas seguir. El jugador profesional estudia los riesgos de manera que pueda colocar sus apuestas en la forma más ventajosa. Lo que está haciendo es determinar modelos para los juegos en que él toma parte, de manera que pueda predecir su comportamiento. ¿Debe un hombre de negocios ser menos astuto al tomar sus decisiones?

## PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION.

### OBJETIVO DE LA FUNCION PRODUCCION.

El principal objetivo de toda empresa es satisfacer una necesidad independientemente de los resultados económicos que se buscan, ya que de no cumplirse esta promesa no sería posible la existencia de las empresas.

De esto se deduce que:

El objetivo fundamental de una empresa es SERVIR AL CLIENTE y para ello debe: PRODUCIR Y VENDER artículos o servicios de la calidad adecuada, en la cantidad requerida, en la fecha que el cliente los necesita y al menor precio posible.

Solamente si la empresa, consigue cumplir con lo indicado anteriormente, podrá lograr sus objetivos comerciales financieros de servicio y de organización; logrando así, no solamente mantener una imagen buena de la empresa; sino además remunerar adecuadamente a los trabajadores, obtener utilidades razonables y continuar su expansión y la operación costeable de la empresa.

Debido a que no existe una distinción clara entre el control de la Producción y la Fabricación y operación real; y estando ambas relacionadas con los mismos recursos, es necesario definir primeramente qué funciones caen dentro del rango del control de la producción.

Es evidente que no existen dos fábricas que tengan un mismo sistema; y que además, tengan asignados los mismos nombres los departamentos de control de la Producción. Las clases de trabajo que se les asignan no son las mismas y los títulos de los puestos no son idénticos en toda la industria.

Existe otro grupo de factores que complica aún más - la situación a causa de las impresiones equivocadas de que:

- 1.- Existen numerosas variedades de Control de la Producción.
- 2.- Existen sistemas estándar definidos que pueden aplicarse directamente a diferentes clases de industria.
- 3.- Que pueden copiarse en su conjunto los sistemas de -- otras fábricas, las cuales una vez introducidas deben funcionar con éxito:

Cierto que es el control organizado de la producción es necesario para consignar el éxito industrial, pero los sistemas implantados deberán crearse siguiendo líneas funcionales adecuadas y ADAPTANDOSE DE MANERA DEFINIDA A LA FABRICA EN PARTICULAR EN QUE SE EMPLEARAN.

"La función producción tiene la responsabilidad de - transformar los materiales en productos que pueden comercializarse, para lo cual, tiene que organizar y efectuar las operaciones de producción en una forma eficiente y -- económica.

Se estará cumpliendo lo expuesto en el párrafo anterior, únicamente cuando la empresa, usando los métodos - de transformación apropiados, mantenga en operación sus departamentos de producción en condiciones de óptima eficiencia, aprovechando ventajosamente los recursos, capacidades y facilidades económicas de que se disponga.

La función de producción es sin duda alguna de las más importantes de toda empresa manufacturera, siendo - su importancia tal, que generalmente depende directamente de la Dirección General. Sin embargo, esta alta posición tiene ante las responsabilidades de producción,



La función Diseño debe:

- Determinar la funcionalidad y estética de los productos.
- Determinar el proceso de manufactura más rentable.
- Diseñar el producto en forma tal que pueda ser mejor aceptado por el cliente.

La función Financiamiento es responsable de:

- Proveer los fondos necesarios para la operación total de la empresa.
- Fijar los límites de crédito que permitan efectuar la venta.

La función Producción es responsable de:

- Suministrar a los inventarios las cantidades de materiales necesarios de la calidad adecuada, en el momento oportuno y al menor costo posible, de acuerdo con los diseños aprobados del marco que impongan las limitaciones financieras.

Pero así como producción es proveedor de ventas, - - otras funciones tienen que convertirse en proveedores de producción para que esta pueda efectuarse. Por ejemplo:

- |                 |  |
|-----------------|--|
| Financiamiento. | - Suministrar los recursos necesarios monetarios en la cantidad y oportunidad planeadas.         |
| Mantenimiento.  | - Proveer los servicios necesarios para que el equipo y las instalaciones operen eficientemente. |

a ocultarles que la empresa en conjunto no fué creada para que exista una función de producción, sino que lo fué para satisfacer una necesidad que existe en el medio económico-social que la rodea, y de esa manera poder obtener utilidades que le permitan desarrollarse normalmente en el futuro y retribuir por medio de los dividendos, a los hombres que aportaron el capital necesario.

La satisfacción de las necesidades del medio económico social y la forma de utilidades, en última instancia, - solo pueden ser efectuados por medio del acto económico de la venta, que cristaliza todo el esfuerzo productivo de la empresa.

Para que la empresa, como ente suficiente, pueda lograr los objetivos que se le han fijado, es indispensable que todas las unciones sirvan en calidad de proveedores a la función de Ventas, para que esta pueda efectuar económica y eficientemente las tareas que le han sido encomendadas.

Pero por eficiente que sea la venta, esta tan solo podrá llevar al cliente los artículos de la calidad, en la cantidad y con la oportunidad, que la función producción- se los suministre, y tan solo podrá generar la utilidad - que le permitan los costos de venta.

La función de ventas es responsable de:

- Determinar que artículos o servicios necesitan los clientes potenciales.
- Que características deben tener.
- A que precio se podrán vender.
- Cantidades que se podrán distribuir en el mercado y por- cuales canales de distribución.

- Control de la Producción -Proporciona los servicios de -  
planeación, programación y re-  
gistro.  
-Que todos los elementos necesa  
rios en la producción se encuen-  
tren en el lugar y en el momen-  
to adecuado y permitirle contro-  
lar la operación.
- Control de la Calidad. -Provee los conocimientos técni-  
cos necesarios para inspeccio--  
nar la calidad y no permitir --  
que esta se degrade.  
-Suministrarle los datos que le -  
permitan efectuar el control.
- Contabilidad -Registra datos de la operación,  
especialmente de costos, para -  
corregir los errores que hacen-  
poco rentable la operación.
- Compras-Inventarios. -Asegura que las materias primas  
estarán disponibles en las can-  
tidades requeridas, cuando se -  
les necesite, y de la calidad y  
costo que exija la operación de  
producción

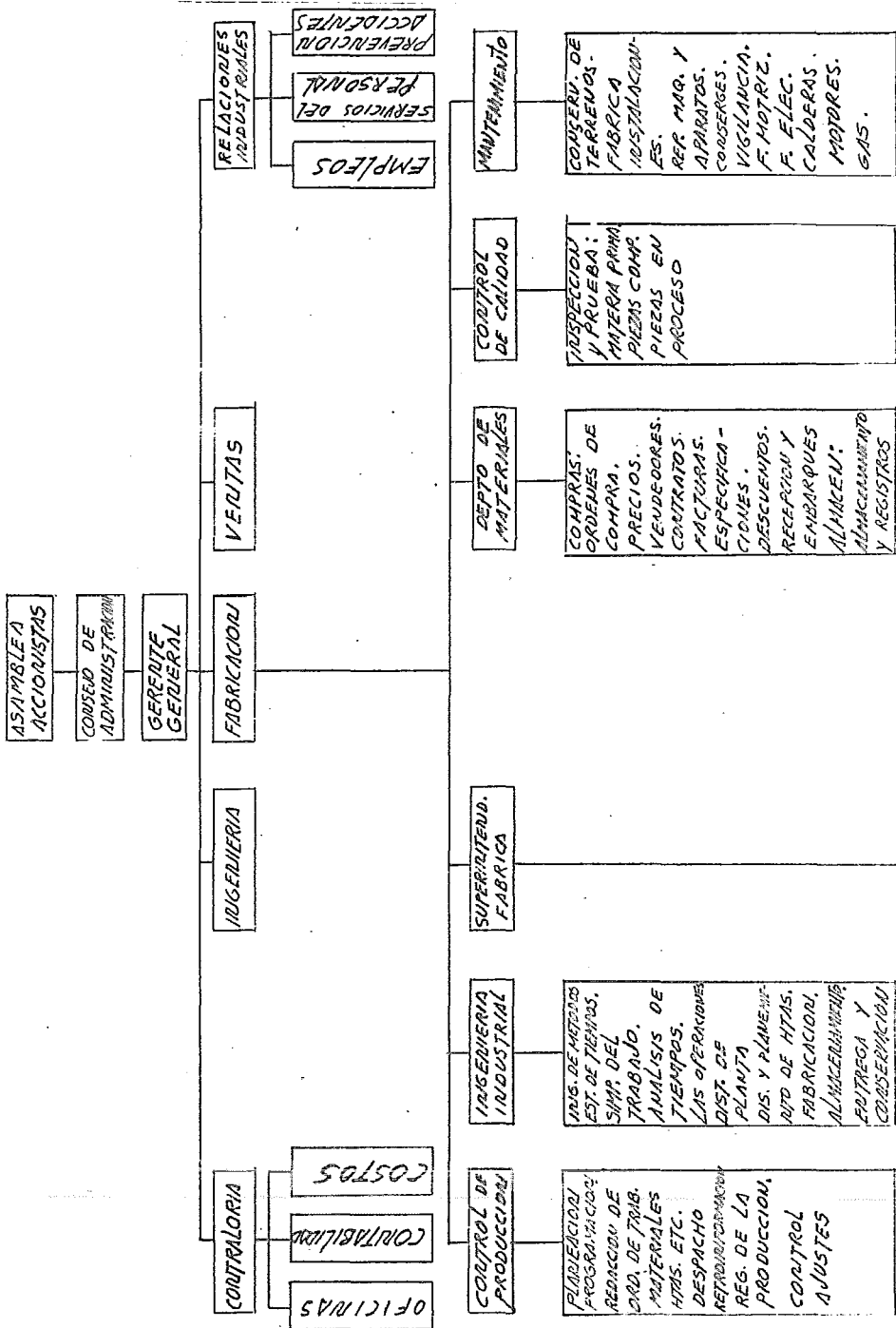
De este análisis puede sacarse en conclusión que pro-  
ducción es el principal proveedor para ventas (directamente  
o a través de inventarios de productos terminados) y de que  
todas las demás funciones de la empresa son proveedores de-  
materiales o servicios, de las funciones producción y venta  
o de una de las dos.

Es por esta razón que para la función producción se ha  
optado por analizarla desde el punto de vista de Planeación

y Control de la Producción ya que es la única función que trata directamente de la coordinación de todas las actividades productivas.

En el organigrama adjunto, el director de producción, - los departamentos de: control de producción, Ingeniería de - métodos, materiales control de calidad y mantenimiento, así- como los departamentos productivos son un ejemplo de lo que, para esta organización constituye la función producción.

El departamento de control de la producción a pesar de- que es una parte de un todo, tiene por responsabilidad la -- coordinación de todo el conjunto. No debemos entender de es to último, que posee autoridad jerárquica sobre los responsa- bles de "Linea", por el contrario, sus funciones se concre-- tan a dar consejo y establecer la coordinación con los demás departamentos tanto "staff" como de "linea".



DEPTOS. PRODUCTIVOS- EN LOS QUE HAY SUPERVISORES, AUXILIARES DE SUP, JEFS DE GRUPO Y OPERARIOS #6-

### CASO 1.

Considerando el tipo de su empresa actual, efectúe - el análisis de se estructurará en el área de producción y - describa brevemente los siguientes aspectos:

- 1.- ¿Cuál es el Giro de su empresa? ¿Cuáles sus productos y servicios?
- 2.- ¿Cuáles son los objetivos de su empresa?
- 3.- ¿Cuál el objetivo del área de producción?
- 4.- Desarrolle un organigrama de la forma actual en que - está estructurada el área de producción.
- 5.- Analice si cuenta usted con todas las funciones necesarias. Comente brevemente cada una de ellas: ¿con que eficiencia se está trabajando?, ¿por qué?, ¿podrían - manejarse? ¿como? ¿es necesaria alguna otra función?- ¿que resultado daría crearla?.
- 6.- Desarrolle una estructura nueva si lo considera necesario, y analice si con ella alcanza los objetivos -- que se le han asignado al área de producción.
- 7.- Identifique las causas que estan dando origen a pro- blemas de eficiencia y productividad del área de pro- ducción.
- 8.- Elabore un programa de actividades tendientes a elimi- narlos; es decir, ¿como piensa que podríamos hacerlo?.

### PRODUCTIVIDAD Y ANALISIS DE LOS RECURSOS DE PRODUCCION.

#### PRODUCTIVIDAD:

La palabra "Productividad" no es nueva, pues data de épocas muy lejanas en que fué empleada por algunos econo- mistas clásicos lo que es realmente reciente es el "Espí- ritu de Productividad" y a raíz de ello el referido térmi- no adquirió gran difusión y se le cita frecuentemente en-

el planeamiento y solución de todos los problemas políticos, económicos y sociales.

La "Productividad" ha sido interpretada en distintas formas en términos generales puede decirse que representa el grado eficiente logrado por una explotación. Buscando una definición para llegar a un acuerdo internacional se estableció que:

"La productividad es el cociente obtenido dividiendo lo "producido" por uno de los factores de la producción. Es decir, que la medida de productividad expresa una relación entre resultados y esfuerzos o entre productos obtenidos y medios empleados".

El concepto moderno del término "productividad", es en su esencia, el mismo que correspondía a los de "administración científica" y "Racionalización", pero su contenido y finalidad es mucho más amplia. En efecto, la diferencia fundamental reside en que las aludidas denominaciones respondían a objetivos y problemas propios e internos de la empresa; en cambio la productividad, tal como se concibe y se desarrolla actualmente, constituye una cuestión inherente a la gestión de la empresa y como medio de política económica y social nacional, cuyo objetivo fundamental es el bienestar general.

Las transformaciones sociales que se van registrando en muchos países del mundo acusan una evidente tendencia hacia la ascensión de los trabajadores a los primeros planos; es decir, se dirigen especialmente, a la elevación de los niveles de vida de los sectores más amplios. De ahí la importancia que adquiere el incremento de la productividad, puesto que presenta una íntima conexión con el nivel de vida; en tal grado que debe considerarse

le, como factor determinante y fundamental. Evidentemente una buena política social, dirigida al mejoramiento de la situación del pueblo, exige una correcta y justa distribución de la renta; pero poco vale la buena distribución, si el monto total de la renta es reducida.

El volumen de renta podrá acrecentarse siempre que se incremente la productividad. Al aumentar esta, se eleva el poder de consumo y la capacidad de ahorro.

#### FACTORES DE INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD.

Los factores que propician el incremento de la productividad son principalmente:

- a) El perfeccionamiento tecnológico o proceso técnico.
- b) La racionalización de la Organización Técnica y Administrativa.
- c) La división del trabajo.
- d) El aumento de rendimiento personal de los trabajadores.
- e) La correcta organización gremial obrera.
- f) La solidaridad y espíritu de colaboración dentro de la empresa, entre patrones y obreros.
- g) El grado de ocupación total.
- h) La flexibilidad de adaptación de la mano de obra.
- i) El aumento de la capacidad de ahorro y su correcta utilización, para acrecentar la mecanización.
- j) El progreso en la economía nacional e internacional.
- k) La distribución equitativa de los beneficios resultantes de una mayor productividad, entre el capital, el trabajo y los consumidores.

Cada uno de estos factores puede contribuir en mayor o menor proporción a mejorar la productividad, según



sean las medidas del gobierno político, del de las empresas, de las organizaciones profesionales y la voluntad personal de los trabajadores, cuya mayor eficiencia influirá en el mejoramiento de la calidad de los productos y en la reducción de los costos.

#### OBJETIVOS DEL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD.

El incremento de la productividad, al permitir acrecentar los ingresos de quienes participan en las actividades que la determinan, facilita el aumento del poder adquisitivo y permite alcanzar los más provechosos objetivos, entre los que merecen destacarse:

- La posibilidad de obtener mayor producción de bienes y servicios a costo de precios menores.
- El aumento de los ingresos reales.
- La elevación del nivel de vida de la población, que puede aumentar el consumo de bienes y utilización de servicios.
- El acrecentamiento del ahorro nacional por las reinversiones que hacen los empresarios de parte de sus mayores utilidades y por los ahorros de previsión que realiza la gran masa de la población que, en su conjunto, representan cifras de considerable magnitud, que gravitan acentuadamente en el proceso de la capitalización nacional.
- El incremento de los gastos en bienes de consumo y de producción permite, consecuentemente la ampliación del mercado.
- El desarrollo de las corrientes del comercio internacional.

- El aumento de los medios de acción necesarios para consolidar y ampliar la seguridad social.

Lo expuesto permite advertir que la productividad, -- factor básico en el acrecentamiento de la renta y del progreso general, está determinada, en alto grado por las condiciones en que se desarrolla la gestión de las explotaciones. La rapidez que se operó en el proceso de industrialización de muchos apises conspiró en contra de la institución de sólidas bases de eficiencia técnico-económico para dirigir las organizaciones. De ahí la necesidad de arbitrar los medios necesarios que coadyuven el eficiente desenvolvimiento de las empresas, dada la importancia que, como fuentes de la riqueza nacional, tienen en la economía del país; y además; principalmente por las proyecciones humanas y sociales inherentes a su condición de comunidad de trabajo.

### EL NIVEL DE VIDA Y LA PRODUCTIVIDAD.

#### NIVEL DE VIDA.

"El nivel de vida de un hombre es la medida en que éste puede proporcionarse a sí mismo y a su familia, lo necesario para sustentarse y disfrutar de la existencia".

El nivel de vida del hombre medio o de la familia representativa en las diferentes naciones y comunidades del mundo varía grandemente.

Una persona considerada como pobre en un país, sería tenida por rica en otras regiones del mundo. Son muchos los países donde aún el hombre medio satisface penosamente sus necesidades más apremiantes y donde él y su familia

raras veces logran saciar el hambre por completo, vestirse adecuadamente o disfrutar de una vivienda cómoda y saludable.

El nivel de vida en general está representado por lo que logra el ciudadano normal con su propio esfuerzo y el de sus conciudadanos. Cuanto mayor sea la producción de bienes y servicios en cualquier país, más elevado será el nivel de vida medio de su población. Ya que toda nación o comunidad debe, a la larga, ser capaz de sostenerse a sí misma.

Existen dos medios básicos para acrecentar la producción de bienes y servicios.

- 1.- Aumentando el número de trabajadores ocupados y
- 2.- Aumentando la productividad.

En toda comunidad donde haya hombres y mujeres capaces y deseosos de trabajar, pero que no encuentren trabajo únicamente lo logren a jornada parcial, es posible aumentar la producción de bienes y servicios si se les proporciona trabajo productivo a jornada completa, es decir: aumentando el nivel del empleo.

Siempre que exista desempleo o subempleo, son de suma importancia los esfuerzos que se desplieguen para incrementar el empleo, los cuales deben ir acompañados de una acción encaminada a elevar la productividad de las personas ya ocupadas.

Este último aspecto es precisamente el que más nos interesa actualmente en el país.

Se pueden obtener:

- Alimentos más abundantes y baratos aumentando la productividad de la Agricultura.
- Vestidos y viviendas en mayor cantidad y a menor precio aumentando la productividad de dicha industria.
- Mayor higiene y un nivel más elevado de seguridad y de educación aumentando la productividad y el poder adquisitivo en general, con lo que se obtendrá mayor margen para costear -- esos servicios. Pero

? Que es la Productividad?.

Mucho se menciona casualmente esta palabra, pero -- veamos cual es su significado. La productividad puede definirse en la forma siguiente:

"LA PRODUCTIVIDAD ES LA RELACION ENTRE LA PRODUCCION OBTENIDA Y LOS RECURSOS(O FACTORES DE PRODUCCION) UTILIZADOS PARA OBTENERLA.

Esta definición es aplicable a una empresa, a una industria o a toda una economía.

Más sencillamente, la productividad, en el sentido en que debemos utilizar este vocablo, no es más que la relación aritmética entre la cantidad productiva y la cantidad de cualquiera de los recursos empleados en la producción de bienes o servicios.

Estos recursos pueden ser:

LA TIERRA.

LOS MATERIALES.

LAS INSTALACIONES, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS, Y

LOS SERVICIOS DEL HOMBRE.

o como ocurre en general, cualquier combinación de los mismos.

Si se comprueba que la productividad de la mano de obra de la tierra, de los materiales, o de las máquinas, en cualquier empresa, industria o país ha aumentado, este hecho por si solo no ilustra las razones que han motivado este incremento; tomemos por ejemplo: un aumento en la productividad de la mano de obra.

Esto puede deberse:

- a) A una mejor planificación y Programación del trabajo por parte de la dirección.
- b) A la instalación de maquinaria nueva.

Por ejemplo, si un alfarero produce 30 platos por hora y al adoptar un método más perfeccionado, logra producir 40 platos por hora, su productividad habrá aumentado en un 33.33 por ciento.

El aumento de la productividad de los materiales puede deberse a la habilidad y conocimientos de los operarios, una mejora en las tolerancias, etc.

Por ejemplo, si un sastre experto es capaz de obtener 11 trajes de una pieza de tela, de la que un sastre menos-experto solo saca 10 trajes, puede decirse entonces que el sastre experto obtiene un 10% más de productividad de la pieza.

Asimismo, podríamos citar ejemplos de productividad tanto para las máquinas como de la tierra.

Por consiguiente, elevar la productividad significa que se produce más con el mínimo consumo de recursos, es decir, manteniendo el costo en lo que se refiere a tierra, materiales, tiempo máquina, o mano de obra, pudiendo dedicarse a los recursos así economizados a la producción de

otros bienes o sea en el sentido más amplio de la palabra, utilizar en forma más eficaz todos los medios de la producción, de manera que se pueda producir la mayor cantidad de bienes y servicios al costo real más bajo.

Esto implica una amplia definición de los conceptos de "Producto" y de "Recursos o factores de la producción"

"Producto", comprende todos los bienes y servicios que satisfagan las necesidades existentes. Esto quiere decir que no tan solo se consideran los productos industriales y agrícolas, sino también los servicios que prestan los médicos, maestros, comerciantes, empleados de oficina, agentes de transportes y todos aquellos "Productores de Servicios" en cuyo caso los factores quedarán representados por el esfuerzo y sacrificio de los que contribuyen a la producción de dichos servicios. Este concepto en cuestión, es un tanto abstracto y no puede reducirse a cifras estadísticas, puesto que los esfuerzos y sacrificios son muy diversos e imposibles de calcular.

Si se establece una relación entre el producto y la cantidad de un factor determinado de Producción mano de obra, tierra etc., se puede obtener un concepto que se puede calcular estadísticamente con la aceptación de ciertas hipótesis un tanto arbitrarias y denominarse así productividad de algún factor de Producción.

Aún cuando todos los conceptos de Productividad son muy importantes para ciertos fines, el de la "mano de obra" ha sido objeto de especial atención en estos últimos tiempos, tanto así que cuando se habla de productividad sin precisar algún concepto, se sobre entiende la productividad de la mano de obra.

En el conjunto de una economía, La productividad de

la mano de obra queda definida por la relación entre la -- producción total y el total de mano de obra empleada; no -- así en una industria o fábrica donde la productividad del trabajo es la proporción entre la producción y el trabajo-- utilizado en la misma.

Resulta obvio recalcar que el hablar de productividad de la mano de obra no quiere decir que el esfuerzo exhaustivo de los trabajadores, sino la utilización eficaz de es te factor de la producción.

Así pues, tenemos la relación.

$$\text{PRODUCTIVIDAD} = \frac{\text{Producción de bienes o servicios}}{\text{FACTOR DEL TRABAJO.}}$$

En la cual es el numerador el que se debe aumentar y no el denominador.

Por tanto los empleado, trabajadores y poderes públi cos pueden igualmente contribuir al aumento de Producción; aunque esto no quiera decir que el papel de los trabajado res para lograrlo sea más importante que el que pueden de sempear los empleadores y gobiernos, y mucho menos aún - que ésto revele un deseo de explotar al trabajador; por - el contrario no se trata de incrementar la producción a - costa de mayores esfuerzos, ya que no se podría conside-- rar como un aumento de productividad sino que debe aumen- tarse en relación con la cantidad de trabajo suministrado.

#### LA PRODUCTIVIDAD Y EL NIVEL DE VIDA.

Este concepto presenta mayor interés si se piensa en la economía en su conjunto y en la contribución que en -- productividad más alta puede aportar al progreso social.- Asimismo, este concepto de productividad del trabajo re-- viste considerablemente la importancia en relación con la política de salarios, puesto que, si los trabajadores que gozan de empleo sigue siendo una proporción constante de la población; el aumento de la productividad de la mano -

de obra resulta en el conjunto de una economía una elevación de la cantidad de riqueza por habitante.

Aunque este concepto es más simple que el de los -- otros factores de la producción, en general pueden concebirse en diferentes formas. La cantidad de esfuerzos, sin embargo, es un concepto difícil de medir; por lo que, para fines estadísticos se recurre generalmente a las Horas-Hombre, los Días-Hombre, las Semanas-Hombre, o los Años--Hombre.

Se hace incapié, en que todos los factores de la producción deben considerarse para su uso más eficaz y no -- caer en el error de darle más importancia a alguno de -- ellos cuando en realidad pudiera ser otro el de mayor beneficio. Por ejemplo: en la industria donde el costo de la mano de obra es más bajo en comparación con otros factores como los materiales y capital posiblemente sea a estos últimos a los que deba presentárseles más atención, -- aunque debe reconocerse que no hay ningún factor independiente de los demás.

#### RELACION DEL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD Y EL NIVEL DE VIDA.

Veamos como el aumento de la productividad contribuye a mejorar el nivel de vida.

Si se produce más al mismo costo o si se obtiene la misma cantidad de producción a un costo inferior, resulta un beneficio para la comunidad que se puede reflejar de -- varias formas en la elevación del nivel de vida ya que -- ese aumento de productividad proporcionará:

a) Mayores cantidades, tanto a bienes de consumo



como de bienes de producción, a un costo - - menor y por consiguiente a un precio también menor.

- b) Mayores ingresos reales, y por tanto un aumento del nivel de consumidores.
- c) Mejoras de las condiciones de vida y trabajo con posibilidad de reducción de las jornadas.
- d) Una economía general más reforzadas en el beneficio del bienestar humano.

CONDICIONES PREVIAS PARA EL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD.

Para el logro del máximo aumento de la productividad se precisa de la acción colaboradora de todos los sectores de la comunidad o sean: Gobierno, Empleadores y trabajadores.

El gobierno puede crear condiciones favorables a los esfuerzos de los empleadores y de los trabajadores para aumentar la productividad, para ello se necesita entre otras cosas:

- a) Disponer de programas equilibrados de desarrollo económico.
- b) Adoptar las medidas necesarias para mantener el nivel del empleo y
- c) Tratar de crear oportunidades de empleo para los desempleados y para los que pudieran quedar sin empleo como consecuencias de mejoras de la productividad en determinadas industrias.

Esto tiene particular importancia en nuestro país, donde el desempleo constituye un grave problema.

También es muy importante el papel que deben desempeñar los empleadores y los trabajadores. La responsabi-

lidad en una empresa cualquiera con respecto al aumento de la productividad, corresponde básicamente a la Dirección. Solamente ésta puede llevar a cabo un programa de Productividad en cada empresa y crear buenas relaciones humanas para obtener la cooperación de los trabajadores que es esencial para el buen éxito de la empresa aunque también se necesita la buena voluntad de los trabajadores.

Los sindicatos pueden estimular activamente a sus afiliados a prestar dicha cooperación si están convencidos de que dicho programa, además de ser beneficioso para el país en general redundará en interés para los trabajadores.

#### PRODUCTIVIDAD DE UNA EMPRESA DETERMINADA.

Hay varios factores que influyen sobre la productividad de una empresa, algunos de ellos quedan fuera del alcance de la Dirección como pueden ser por ejemplo: El nivel general de la demanda, el régimen tributario, los tipos de interés y la disponibilidad de materias primas, de equipo adecuado y de mano de obra calificada. Otros factores en cambio, pueden depender de la empresa como veremos en seguida.

Hemos definido la productividad como la "relación entre la producción y los recursos utilizados para obtenerla" en una empresa, en una industria o en una economía en su conjunto.

La productividad de una serie determinada de recursos (factores de producción) es, por consiguiente, la cantidad de bienes o servicios (producción que se obtiene de tales recursos). Los recursos a disposición de una empresa son los siguientes:

Recursos de la Producción  
de Bienes ó Servicios.

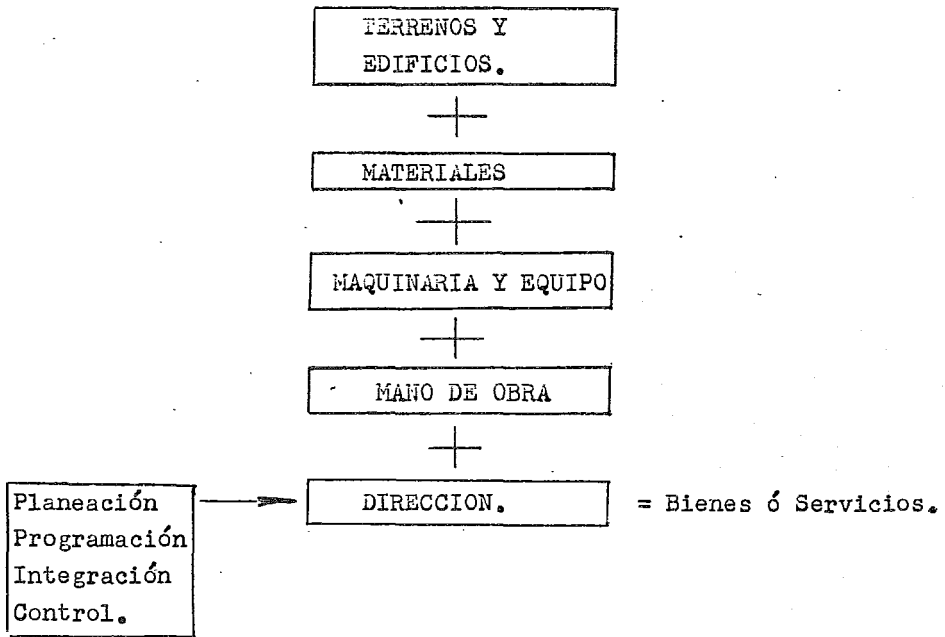


Fig.... 1.

Desarrollo del Autor de ésta TESIS.

La utilización eficiente y racional que se haga de la combinación de estos recursos determinará la productividad de la empresa y la dirección en la que debe procurar la combinación más apropiada de ellos, tendiente a obtener la máxima productividad.

## ANALISIS Y REDUCCION DE COSTOS

### PAPEL DE LA DIRECCION EN LA COORDINACION DE LOS RECURSOS DE LA EMPRESA.

La posición clave de la dirección puede apreciarse mejor por medio de un diagrama (Fig. No. 1).

La importancia relativa de cada uno de los recursos - que se mencionan, varia de acuerdo con la naturaleza de la empresa, el país en que ésta opera, la disponibilidad y -- costo de cada uno de ellos, la índole del producto y los - procesos necesarios para su fabricación.

En toda empresa llevada por más de una persona, la -- gestión directora consistente en velar por el empleo equi- librado de los recursos y en coordinar las actividades den- tro de la organización para obtener así el máximo resulta- do.

1.- El aprovechamiento eficaz a la máxima productividad de terrenos y edificios puede ser una causa muy importan- te de reducción de costos, particularmente cuando una- empresa se haya en período de expansión y necesita am- pliar su superficie industrial.

Toda reducción del proyecto original que pueda llevar- se a cabo antes de adquirir el terreno o construir los edificios representa un menor desembolso de capital - (o renta), un ahorro de materiales y de instalaciones, además de un ahorro en gastos futuros de mantenimiento

2.- Hay muchas industrias en las que el costo de materias- primas representa el 60% o más del costo del producto- terminado correspondiendo el resto a la mano de obra y gastos generales.

En cualquiera de esas condiciones la productividad -- de los materiales es un factor absolutamente fundamental -

para una producción u operación económica. En este caso es probable que sea mucho más importante que la productividad de la mano de obra e incluso que la de las instalaciones y la maquinaria. Sin embargo nos obliga a asegurarnos de que los operarios están debidamente capacita--dos y adiestrados para evitar el trabajo defectuoso, con la consiguiente pérdida de material.

3.- y 4.- Vamos ahora a estudiar la productividad - de las instalaciones de la maquinaria, del equipo y de la mano de obra. Consideramos nuevamente la naturaleza de la productividad, ya que definimos como "la relación aritmética entre la cantidad - producida y la cuantía de cualquiera de los re--cursos empleados en la producción". Para hacerlo tenemos que introducir la noción del TIEMPO - ya que la cantidad de productos que se obtienen de una máquina o de un trabajador determinado -- constituye la medida de la productividad. Esta--se determina computando la producción de mercan--cías o servicios en cierto número "Horas-Hombre" o de "Horas-Máquina".

UNA HORA-HOMBRE= Trabajo de un hombre de una hora.

UNA HORA-MAQUINA = Funcionamiento de una máquina - durante una hora.

El tiempo invertido por un hombre o por una máquina para llevar a cabo una operación o producir una cantidad determinada de productos o servicios generalmente se des--compone en la forma siguiente. (Fig. No. 2.)

CONTENIDO BASICO DE TRABAJO DEL PRODUCTO DE LA OPERACION

Contenido de trabajo significa., la cantidad de trabajo invertido en un producto o proceso determinado, -- evaluando en Horas-Hombre o en Horas-Máquina.

El contenido básico de trabajo en el tiempo que se invertiría en fabricar un producto o en llevar a cabo -- una operación se el diseño o la especificación fuesen -- perfectos, el proceso y método de fabricación y operación se ejecutarán a la perfección y no hubiese pérdida de -- tiempo de trabajo por ningún motivo durante la operación (excluyendo las concesiones de tiempo que se otorgan al obrero para Retrazos Personales y vencer la fatiga).

"CONTENIDO BASICO DE TRABAJO ES EL TIEMPO MINIMO IRREDUCIBLE QUE SE EMPLEA PARA EFECTUAR UN TRABAJO."

Esto es evidentemente una consideración teórica perfecta que en la práctica nunca se encuentra, aunque sí logra un acercamiento considerable, particularmente en las industrias químicas y del petróleo. Sin embargo, debe ser una meta a la que toda operación debe tratar de llevarse.

Los elementos que aumentan el contenido básico del trabajo son:

a).- Trabajo suplementario debido a deficiencias en el diseño. Esto se observa primordialmente en la industria Manufacturera, debido a características del producto en su diseño que podrían eliminarse o simplificarse.

b).- Trabajo suplementario debido a métodos ineficaces de producción o de funcionamiento.

Estas deficiencias se observan por lo general en todas las operaciones de cualquier tipo de industria.

El contenido básico de trabajo predispone una labor interrumpida que en la práctica rara vez logra, inclusive en las empresas mejor organizadas. Toda operación que -- obliga al trabajador o a la máquina, o a ambos a suspender la producción o las operaciones que realizan, debe -- considerarse Tiempo Improductivo, cualquiera que sea la causa. El tiempo improductivo disminuye la productividad y alarga la operación.

Aparte de las interrupciones por causas ajenas a la voluntad de todos; por ejemplo, interrupción de energía eléctrica o en algunos casos de actividad, un aguacero repentino, las causas del tiempo improductivo pueden ser -- las siguientes.

c).- Tiempo improductivo, debido a deficiencias de la Dirección. Debido a que la Dirección no ha sabido planear, dirigir coordinar y controlar eficazmente.

d).- Tiempo improductivo imputable al trabajador. Es el tiempo durante el cual el empleado o la máquina, o ambos, permanecen inactivos por causas imputables al trabajador.

La magnitud de las secciones de la Fig. No. 2, carece de significado especial y puede variar de una a otra operación o según la empresa de que se trata, aún para -- una misma tarea.

Por consiguiente para aumentar la productividad y reducir los costos son condiciones indispensables.

- 1.- Suprimir en el diseño y especificación de los productos, todas las características que tiendan a causar un exceso en el contenido de trabajo y que los diseñadores o la Dirección puedan evitar.
- 2.- La productividad plena del proceso se logra solamente cuando se efectúa con el menor desperdicio de movimientos, de tiempo y de esfuerzo y en condiciones de máxima eficiencia. Esto quiere decir que debe suprimirse todo aquello que origina movimientos innecesarios dentro del taller y en su mismo puesto de trabajo.
- 3.- Como puede verse en general, es muchas veces más el tiempo improductivo imputable a las deficiencias de la Dirección que a causa de los trabajadores. En muchas empresas el trabajador apenas puede hacer muy poco para modificar las condiciones en que debe producir.

Cuando es posible eliminar todos los factores antes mencionados -caso- ideal, que por supuesto nunca se da en la práctica, se habrá logrado un tiempo mínimo para producir un artículo determinado, obteniéndose por tanto la productividad máxima. Esto quiere decir la coordinación total de los recursos disponibles que originan reducción de costos.

Como todas las actividades de la administración, la productividad debe considerarse como un factor dinámico que debe ser controlado periódicamente en la marcha de las operaciones de una empresa.

La medición de la productividad constituye uno de los medios más eficaces para la Dirección de la empresa, pues le permitirá conocer como se desarrollan las actividades y realizar comparaciones con los resultados logrados en períodos anteriores o con otras empresas similares. Sig



nifica entonces, un valioso instrumento de control de la eficiencia para quienes intervienen en los procesos de la producción con la distribución.

En tal sentido se han adoptado las siguientes relaciones que pueden considerarse como principales:

1.-  $\frac{\text{Producción}}{\text{Horas Trabajadas}}$

2.-  $\frac{\text{Producción}}{\text{Capital.}}$

3.-  $\frac{\text{Producción}}{\text{Energía}}$

4.-  $\frac{\text{Producción}}{\text{Materias Primas}}$

5.-  $\frac{\text{Capacidad Productiva Instalada}}{\text{Capacidad Productiva Utilizada}}$

6.-  $\frac{\text{Horas de Trabajo Standard}}{\text{Horas de Trabajo Reales.}}$

7.-  $\frac{\text{Capital Invertido}}{\text{Horas de trabajo standard producidas.}}$

8.-  $\frac{\text{Capital Invertido}}{\text{Número de Obreros Ocupados.}}$

DESCOMPOSICION DEL TIEMPO DE FABRICACION

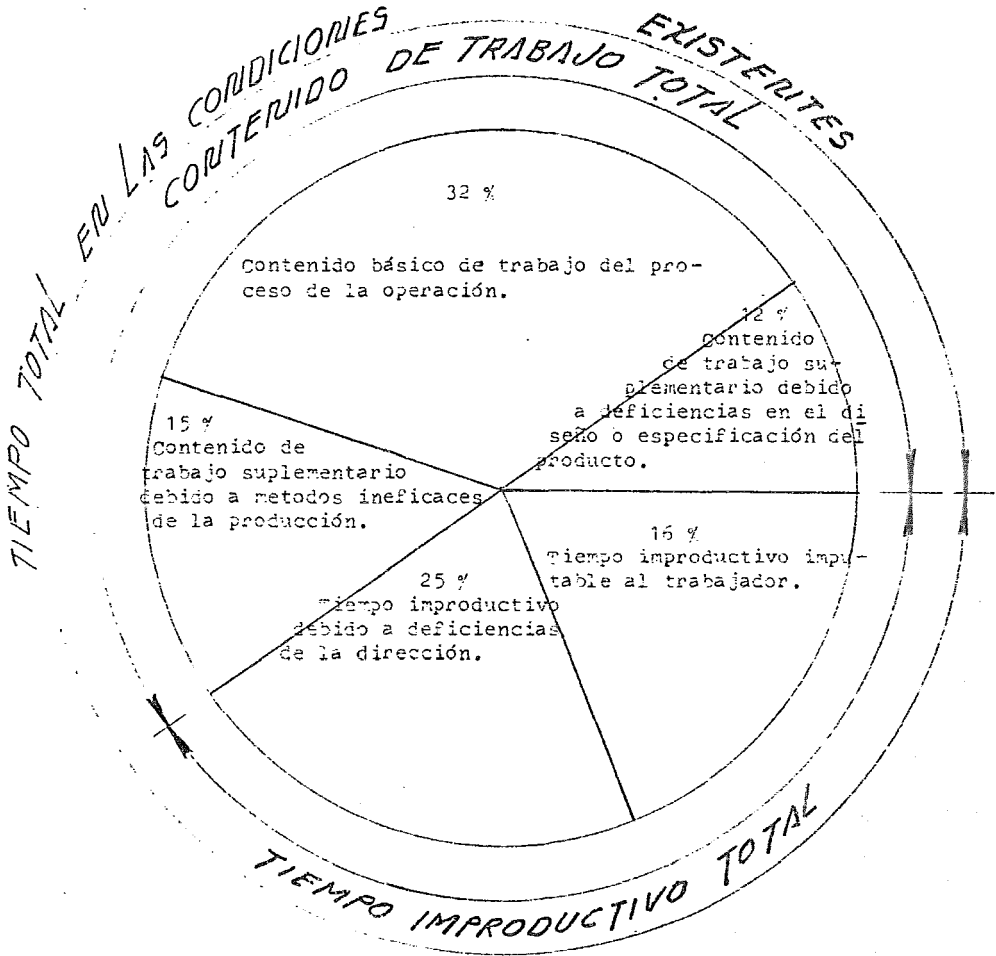


Figura No. 2.

Desarrollo del autor de ésta TESIS.

COMO PUDEN LAS TECNICAS DE ORGANIZACION REDUCIR EL  
TIEMPO IMPRODUCTIVO.

\* EXCESO ELIMINADO

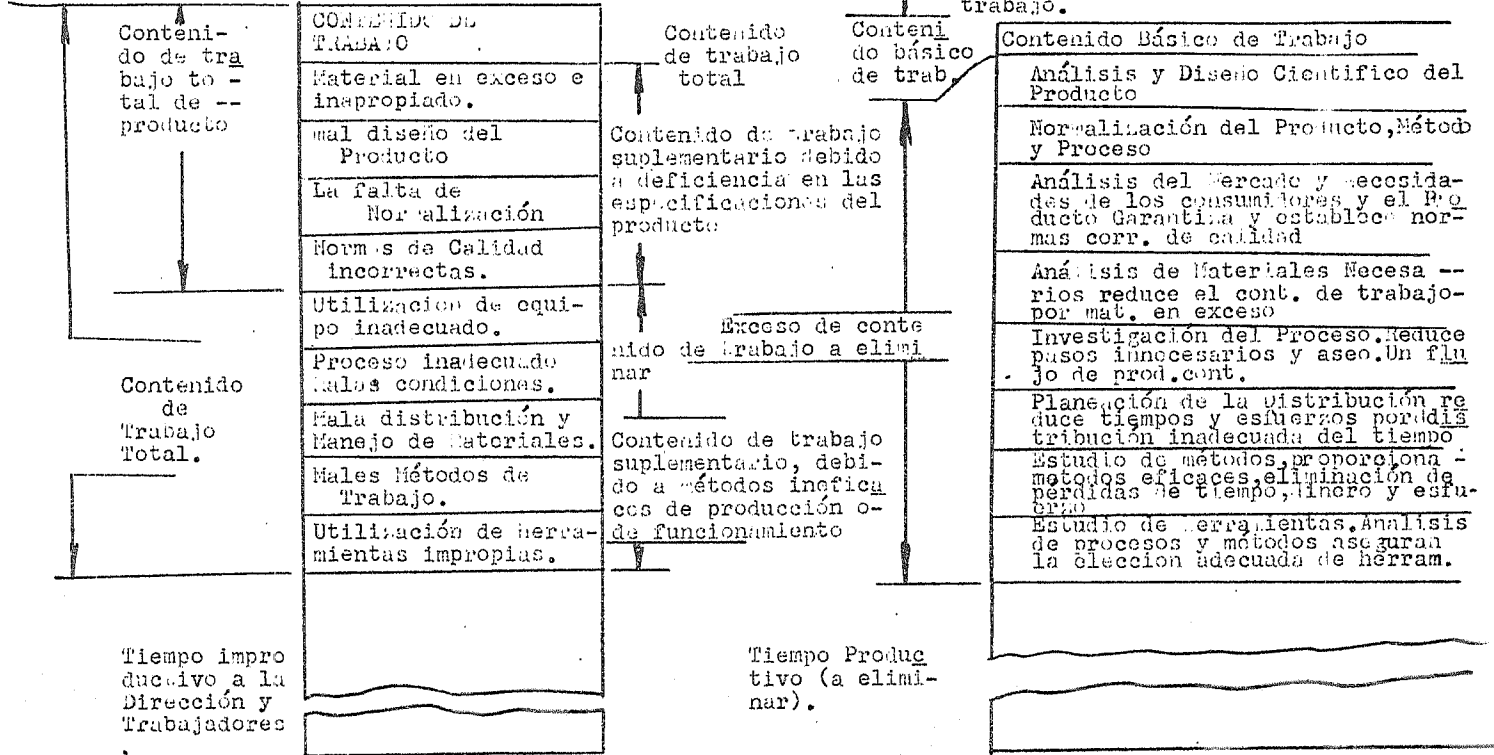
| TIEMPO TOTAL | CONTENIDO DE TRABAJO           | CONTENIDO BASICO  |
|--------------|--------------------------------|---|
|              |                                | <p>Estudio DEL MERCADO Y LA ESPECIALIZACION.- Reduce el tiempo de inactividad debida a la variedad de productos.</p> <p>NORMALIZACION DE PRODUCTOS.- Reduce la inactividad debida a periodos cortos de producción</p> <p>NORMALIZACION ANTICIPADA DEL DISEÑO.- Reduce el tiempo inproductivo debido a los cambios frecuentes.</p> <p>PROGRAMACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION.- Basado en la medida de trabajo reduce las pérdidas de tiempo por mala planeación.</p> <p>SISTEMA CIENTIFICO DE CONTROL DE INVENTARIOS.- Elimina las pérdidas de tiempo por falta de materias primas.</p> |
|              | TIEMPO IMPRODUCTIVO A ELIMINAR | <p>MANUTENIMIENTO PREVENTIVO.- Reduce los desperfectos accidentales y las bajas de producción. Planea paros sin afectar la productividad.</p> <p>CONSERVACION PERMANENTE DEL EQUIPO.- Reduce el tiempo inproductivo al mal estado del equipo.</p> <p>MEJORA LAS CONDICIONES DE TRABAJO.- Reduce el tiempo inproductivo debido a los accidentes.</p> <p>PROGRAMA DE SEGURIDAD.- Reduce el tiempo inproductivo debido a los accidentes</p>  |
|              |                                | <p>BUENAS POLITICAS DE PERSONAL E INCENTIVOS.</p> <p>ADIESTRAMIENTO Y CAPACITACION TECNICA Y SISTEMATICA (FORMAL)</p> <p>BUENAS RELACIONES INTERNAS DE TRABAJO Y SUPERVISION ADECUADA.</p>  |

Tiempo Improductivo Imputable a la Dirección y a los trabajadores

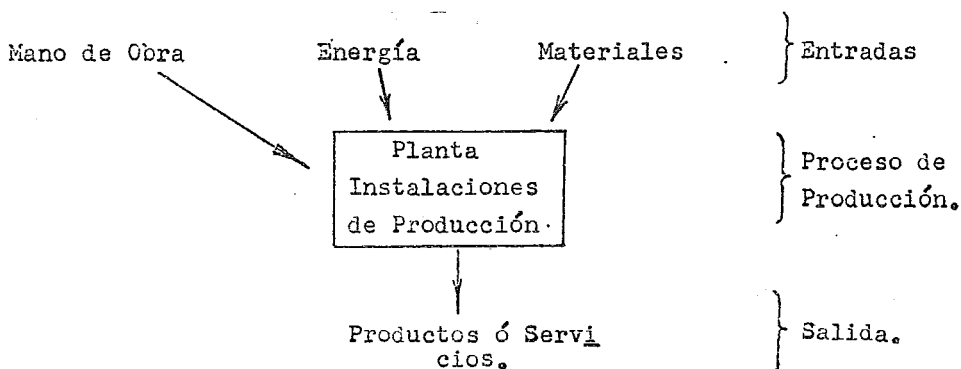
|  |   |  |
|--|---|--|
| TIEMPO DE LAS OPERACIONES DEBIDAS A LA DIRECCION.            | Básico  | CONTENIDO DE TRABAJO                                 |
|  | EXCESO  |  |
|  | Variedad excesiva de PROCES. inactividad - por tiempos cortos.  |  |
|  | FALTA DE NORMALIZACION DE PRODUCTOS                             |  |
|  | CAMBIOS CONSTANTES DE DISEÑO.- interrupciones constantes.       |  |
|  | MALA PROPAGACION DE PRODUCCION Y PLANEACION DE LOS TRABAJOS     |  |
|  | Fallas de abastecimientos de materias primas y mala planeacion  |  |
|  | PAROS POR AVERIAS EN EL EQUIPO POR FALTA-PROGRAMA MANTENIMIENTO |  |
|  | EQUIPO E INSTALACION EN MAL ESTADO.                             |  |
|  | MALAS CONDICIONES DEL LUGAR DE TRABAJO.                         |  |
| TIEMPO TOTAL DE LAS OPERACIONES - EN LAS CONDICIONES REALES. | ALTOS INDICES DE ACCIDENTES                                     | TIEMPO IMPRODUCTIVO POR DEFICIENCIA EN LA DIRECCION  |
|  | AUSENTES O RETARDOS, INACTIVIDAD BAJA ASIST.                    |  |
|  | DESO. EN EL TRAB. Y PROCESO DE FABRICACION PROVOCADAS           |  |
|  |   | TIEMPO IMPRODUCTIVO QUE EL TRABAJADOR PUEDE SUBSANAR |

Contenido del trabajo debido al Producto y al proceso.

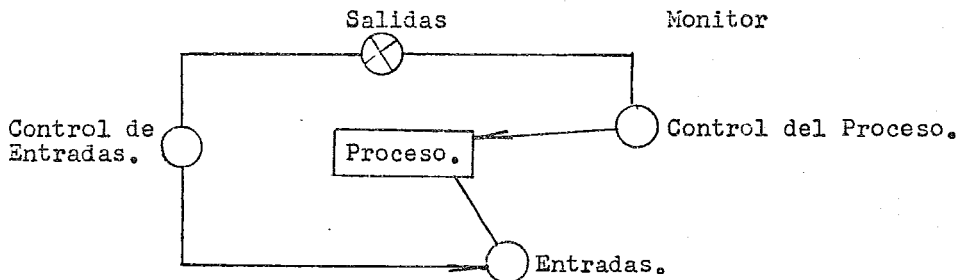
Como pueden las técnicas de Organización reducir el contenido de trabajo.



### Sistema de Producción.

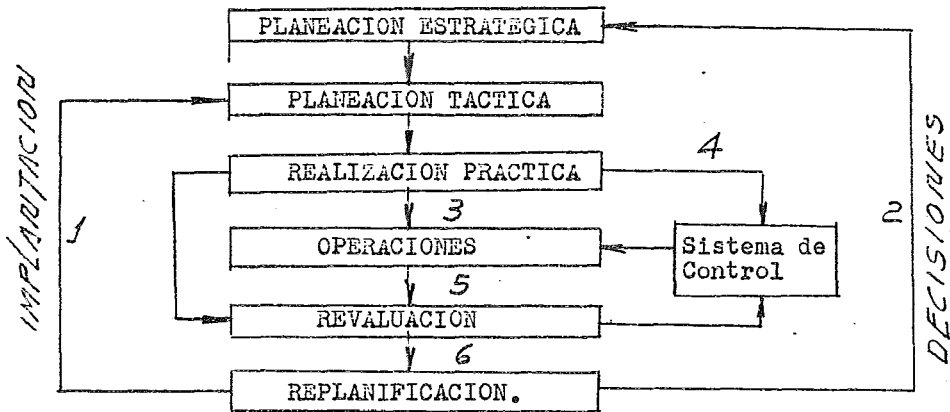


### CONROLES DEL SISTEMA. Entrada-Salida.



Desarrollo del autor de ésta TESIS.

CICLO DE LA DIRECCION DE PRODUCCION.



- a). El circuito uno tendrá más utilización que el circuito dos.
- b). El eslabón tres representa la realización práctica del sistema de producción.
- c). El eslabón cuatro equivale a lo mismo que el eslabón tres únicamente que en relación al sistema de control.
- d). El eslabón cinco proporciona datos a través de inspección de calidad, informes de producción, pérdidas y -- ganancias.
- e). El eslabón seis es necesario para desarrollar, mantener y modificar esta función de evaluación.

## RESPONSABILIDAD DE LA PRODUCCION.

1. Diseño de Productos.
2. Diseño de Procesos.
3. Selección de Equipos.
4. Especialidades Técnicas.
5. Programas de Capacitación Profesional.
6. Selección de Materiales (entrada).
7. Selección de Planta.
8. Distribución del Espacio en la Planta.
9. Programación de las Fases del Plan.
10. Realización Práctica y Control del Programa.
11. Funcionamiento del Sistema de Producción.

## Diseño de los Sistemas de Control a saber.

- Control de Inventarios.
- Control de Calidad.
- Control de Programa de Producción. Entrada-salida.
- Control de Costos y Productividad.
- Planeación de los Estudios de Control.
- Desarrollo de las normas y control de Normas.
- Elaboración de los Sistemas de Control y Aplicación.
- Modificación de las Normas y Diseños.



## TIPOS DE INDUSTRIAS

Básicamente podemos clasificar las industrias en dos tipos.

- |  |   |  |   |   |
|--|---|--|---|---|
| 1.- Industrias de Proceso.               | { | Son aquellas en las que el producto final resulta de la aplicación de un tratamiento químico o de una preparación que se haga a las materias primas. | { | Fábrica de Pinturas<br>Laminadoras.<br>Petróleo<br>Fábrica de Café<br>Fábrica de Conservas. |
| 2.- Industrias de Fabricación y Montaje. | { | Son aquellas que toman las materias primas que han sido -- Transformadas o cambiadas de su estado original y con ellas elaboran un producto final.   | { | Radios<br>Televisores.<br>Automóviles.<br>Llantas.  |

## TIPOS DE PRODUCCION.

El principal factor que determina el sistema de control que debe aplicarse, es el tipo de fabricación de que se trata, distinguiendo básicamente dos tipos:

- |                               |   |   |   |
|-------------------------------|---|---|---|
| 1.- Fabricación Continua      | { | Se caracteriza por la producción en masa o en serie.                |   |
| 2.- Fabricación Intermitente. | { | Se realiza a base de pedidos específicos recibidos de los clientes. | {   |
|                               |   | 1. Producciones de la que se hace un solo Ejemplar.                 | {   |
|                               |   | 2. Fabricación de un lote de un Producto..                          | {   |
|                               |   |   | Un determinado tipo de Banco, Avión, o una dentadura postiza. |
|                               |   |   | {   |
|                               |   |   | Pedido por 1,000 válvulas de un determinado tipo.             |

## TIPOS DE CONTROL.

Existen dos tipos de control de producción, basados esencialmente en el tipo de control de que se trate. El control "seriado" correspondiente a la fabricación continua, y el control por "pedidos" a la intermitente.

Se define el control "seriado" como la coordinación de la corriente de trabajo a un ritmo preestablecido, basado en un plan de producción a largo alcance.

El control por "pedidos" es la coordinación del trabajo basada en las necesidades de un pedido individual a corto plazo que requiere un plan exclusivo.

La mayoría de las empresas practican una mezcla de producción continua e intermitente, y por consiguiente, se deben usar ambas clases de control.

Es de vital importancia que los ejecutivos distinguan que tipo de fabricación están empleando en su producción, para que puedan emplear el sistema de control más adecuado y efectivo.

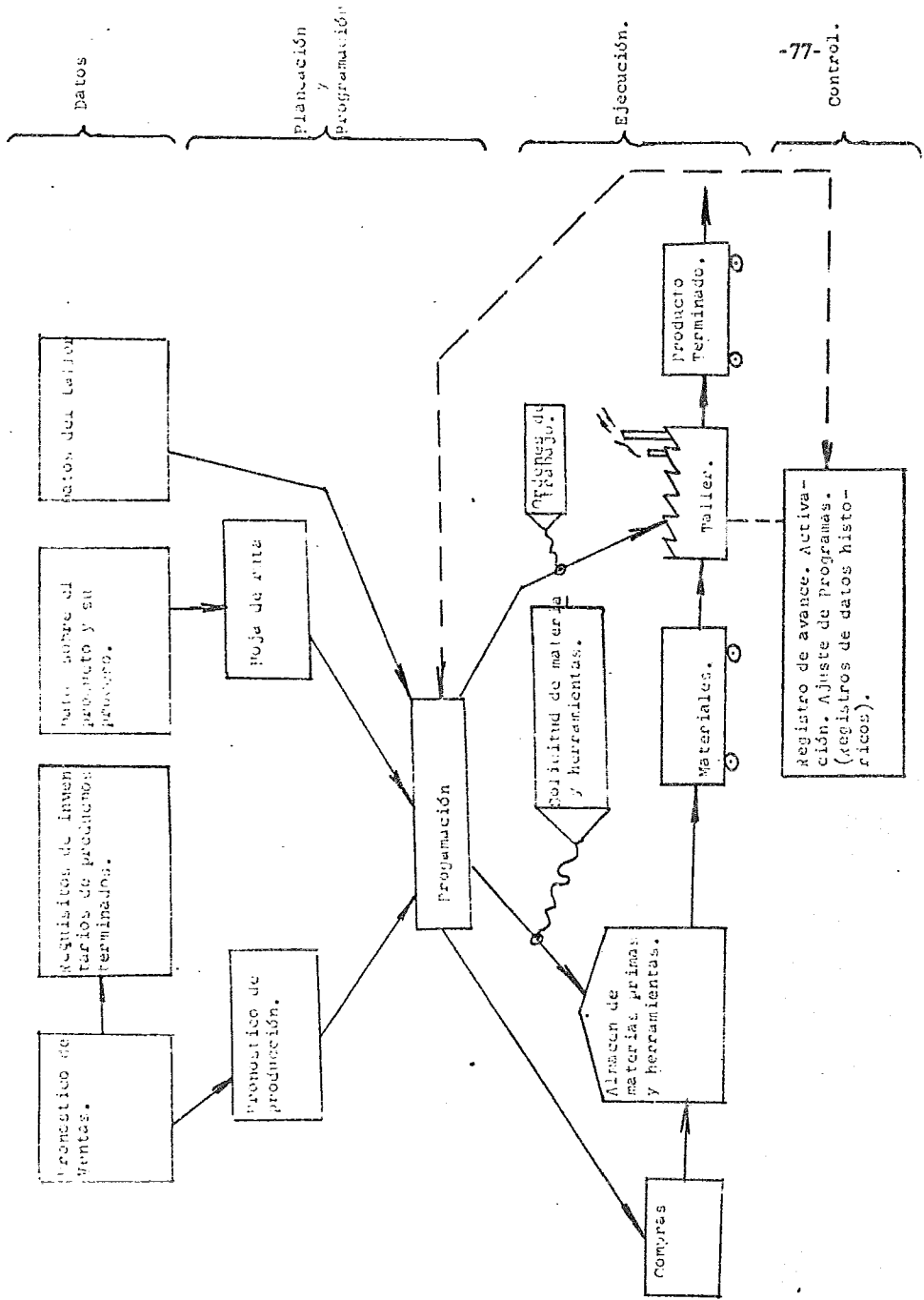
Características que identifican una fabricación intermitente y por consecuencia la aplicación de un sistema de control por "pedidos".

- 1.- Produce una gran variedad de productos según pedidos.
- 2.- Los pedidos son habitualmente por pequeñas cantidades y no vuelven a ser repetidos.
- 3.- Para el trabajo se aplican perfectamente máquinas universales.
- 4.- La planta debe estar distribuida sobre la base del equipo
- 5.- La producción está basada en las Ventas (Se produce lo que se vende).

Características que identifican una fabricación continua o en serie y que dan por resultado la aplicación de un Control "Seriado".

- 1.- Un amplio volumen de operación sobre un producto está estandarizado.
- 2.- La planta está distribuida de tal manera que las máquinas y los montajes están ordenados para contribuir a la terminación continua del producto terminado.
- 3.- Las máquinas de uso especial en este tipo de fabricación son económicamente utilizadas.
- 4.- La producción se efectúa sobre las bases de los pronósticos de ventas y no sobre pedidos recibidos, lo que significa que en ocasiones se fabrica para almacenar.
- 5.- Muchas empresas que practican la fabricación continua tienen contratos a largo plazo, poseen sus propias tiendas de menudeo, o sus cadenas regulares de distribución y fabrican anticipándose a las necesidades de dichos grupos.

Proceso de planificación, control de la actividad, producción.



Análisis de las características de operación y control en los diversos tipos de fabricación.

| CARACTERÍSTICAS  | Tipos de fabricación |                              |                      |
|--|----------------------|------------------------------|----------------------|
|  | Intermitente         |                              | Continua o en Serie. |
|  | Por Pieza            | Por Lote                     |                      |
| <u>VENTAS:</u>   |                      |                              |                      |
| -Porra de Ventas.                                      | Sobre pedido.        | Sobre pedido ó para almacén. | Para almacén.        |
| -Volumen del pedido.                                   | Bajo.                | Medio.                       | Alto.                |
| <u>Medios de Producción.</u>                           |                      |                              |                      |
| Especialización de las máquinas.                       | Baja.                | Medio.                       | Alta.                |
| Flexibilidad en el uso y distribución de las máquinas. | Alta.                | Media.                       | Baja.                |
| <u>Personal.</u>                                       |                      |                              |                      |
| -Habilidad.  | Alta.                | Media.                       | Baja.                |
| <u>Finanzas.</u>                                       |                      |                              |                      |
| -Inversión inicial.                                    | Baja.                | Media.                       | Alta.                |
| -Costo unitario de producción.                         | Alta.                | Medio.                       | Bajo.                |
| -Márgen de utilidad por pieza.                         | Alto.                | Medio.                       | Bajo.                |
| <u>Control de la Producción.</u>                       |                      |                              |                      |
| -Grado de Control requerido.                           | Alta.                | Media.                       | Baja.                |

Desarrollo del autor de ésta TESIS.

## LA FUNCION DE PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION.

No existe hasta ahora una definición universal para - Control de Producción por lo que señalaremos algunas de -- ellas:

- 1).- Planeación y control de producción en el conjunto de planes y acciones encaminadas a dirigir la producción de forma que los elementos del programa de fabricación estén relacionados entre sí y con la totalidad; o sea se trata de controlar los tres elementos, Hombres, má quinas y materiales, para producir los artículos no solo en la cantidad correcta, sino de la calidad adecuada y todo ello en el tiempo preciso que permitirá fijar la función de ventas el plazo exacto en que estarán terminadas". En otras palabras esto quiere decir que:

"Control de producción es la tarea de coordinar las - actividades productivas de acuerdo con los planes de producción, de tal forma que los programas preconcebidos pueden ser realizados con la máxima economía y -- eficiencia.

- 2).- Planeación y Control de producción es el procedimiento sistemático por medio del cual se procura que la - producción se desarrolle en condiciones ópticas cumpliendo con los siguientes objetivos:

- 1.- Mantener los costos de Producción en el mínimo posible, procurando la utilización mas efectiva del personal, equipo, planta y materiales involucrados en la producción.

- 2.- Cumplir con las fechas prometidas de entrega.

- 3.- Reducir el trabajo mental de producción al mínimo.



- 4.- Minimizar los problemas humanos por fricciones - entre superiores y obreros y entre los distintos departamentos.

Como conclusión se observa que en todos los autores coinciden en que "El control de la Producción" es -- una función coordinadora que tiene relación con muchos departamentos dentro de la organización. O sea que tiene como función principal unir los distintos departamentos para actuar juntos hacia un objetivo - común.

#### ACTIVIDADES DE "PLANEACION Y CONTROL DE PRODUCCION"

Para estudiar el proceso de Planeación y Control de la Producción de una manera sistemática es conveniente dividirla en actividades de:

Planeación, Programación, Ejecución, Control y Ajuste.

#### PLANEACION Y PROGRAMACION

Es la predeterminación de todo lo relativo al proceso que se va a seguir y que implica el conocimiento de:

- La cantidad que es necesario producir de cada artículo.
- La fecha en que se iniciará y terminará el trabajo - en cada una de sus fases.
- El conocimiento del producto, proceso y taller y la forma de combinarlos para su mejor utilización a través de un programa de producción.
- El costo estimado a que deba producirse una pieza o un lote.

EJECUCION:

Es la emisión de los documentos de autorización para iniciar las actividades productivas.

- A los almacenes para la entrega oportuna de materiales y herramientas.
- Al personal involucrado para que inicie, ejecute y termine su trabajo en la fecha prevista.

CONTROL:

Es la determinación de las variaciones o desviaciones en la realización, en terminos de cantidades y tiempos standard establecidos por el programa de producción, así como las acciones necesarias que deben tomarse para corregir el desarrollo del proceso, de tal manera que se apeguen al plan trazado.

AJUSTE:

Esta función también se le llama retroalimentación y actúa cuando es necesario modificar los planes y programas establecidos, respondiendo a situaciones cambiantes o no previstas.

P L A N E A C I O N .

La planeación puede definirse como: "La técnica de prever o imaginar de antemano cada paso de una larga serie de operaciones separadas, teniendo que efectuarse cada una de ellas con la máxima eficiencia, e indicar cada paso de manera que las disposiciones de rutina basten para que se realicen en el lugar adecuado y en el momento oportuno.

De esto se deduce el siguiente principio de planeación:



"El trabajo intelectual de la Producción se reduce al mínimo planeando la labor antes de empezarla, esto es, estudiando que trabajo se hará, como se hará, dónde se realizará y cuándo se ejecutará.

En la fabricación intermitente la previsión tiene - menos influencia sobre la producción inmediata; se elabora una previsión a largo plazo, pero esto no se convierte en programa de producción ya que no se han recibido - aún los pedidos del producto. No resulta económico producir con destino al stock o a las futuras ventas. La - previsión de ventas se utiliza principalmente para enjuiciar las condiciones económicas generales y sirve tan solo como orientación general en las decisiones de las Direcciones para un período previsto.

No obstante lo dicho, debe quedar bien claro que la previsión de Ventas es un elemento valioso en las fabricaciones tanto continua como intermitente.

#### FACTORES DE ACEPTABILIDAD DE UN PRODUCTO.

Los factores de aceptabilidad de un producto que - tiene influencia en la fase de planeación y del programa de producción son:

- 1.- CALIDAD. Que comprenda factores de diseño, funcionalidad, atractivo visual, calidad del material y trabajo etc.
- 2.- DISPONIBILIDAD.
- 3.- PRECIO.
- 4.- PROMOCION.

La promoción no afecta directamente la Producción como es el caso de la Calidad, Disponibilidad y Precio.

que son los tres factores que participan en la Productividad y que están determinados por el proceso de produción, que a su vez gobierna el Precio y la Disponibilidad.

El mejor medio de control es la planeación anticipada que nos indica:

- 1.- Que se va a producir.
- 2.- Cómo se va a producir.
- 3.- Cuándo se debe producir etc.

#### LA PREVISION DE VENTAS Y DE FABRICACION.

Cronológicamente, la primera fase del ciclo de fabricación es la previsión de ventas; la segunda es la -traducción de la misma en un programa de fabricación y- la tercera la emisión de las órdenes de producción que autoricen la ejecución de ésta.

La previsión de ventas puede ser definida como un intento para determinar objetivamente el volumen de ventas que puede esperar la empresa en un período futuro -determinado.

Desde luego es conveniente hacer notar, que el tipo de fabricación ejerce una gran influencia sobre la importancia y posibilidades de las previsiones de ventas.

#### UTILIZACION DE LA PREVISION DE VENTAS.

La previsión en sí tiene mayor valor para la empresa que la aplicación misma al Control de Producción. --

Las principales ventajas de la previsión son las siguientes:

- 1.- La previsión de ventas es un valioso elemento para tomar decisiones que afectan al presupuesto.  
Supongamos que una compañía necesita un cierto volumen de negocios para alcanzar beneficios, pero que las ventas futuras que prevé no aportarán dicho volumen ¿que pasaría? Conocedores de la situación, los Directores pueden proyectar una campaña publicitaria o bien bajar los precios o incrementar el volumen de las ventas.
- 2.- Para el control de existencias. Los fabricantes de automóviles utilizan las previsiones con gran utilidad en este aspecto con un mejor control, la Dirección puede de esta manera reducir los costos de almacenaje y es menos probable se encuentre con grandes inversiones de mercancía cuando el mercado decline.
- 3.- Mejora el control de la Producción ya que la previsión de ventas ayuda a:
  - a) Mejorar la eficiencia y uso del equipo.
  - b) Evitar las innecesarias y costosas horas extras.
  - c) Evitar el costoso almacenamiento de producto terminado.
  - d) Reducir los paros y reanudaciones de la fabricación que siempre resultan costosos.
  - e) Elevar la moral de los empleados.
- 4.- El desarrollo de una norma adecuada para la evaluación de vendedores y regiones.
- 5.- Planear realísticamente la expansión.

Puede ser una necesidad el construir una costosa planta para satisfacer un aumento de la demanda a corto plazo.

- 6.- Una *juiciosa* distribución del dinero que debe gastarse en la promoción de ventas y publicidad.
- 7.- La eliminación o sustitución de los productos que no dejan beneficios.
- 8.- Desarrollar controles financieros eficientes.
- 9.- Establecer normas y directrices más eficientes respecto al personal.

#### COMO DESARROLLAR LAS PREVISIONES.

En la programación de las previsiones de ventas existen cuatro etapas principales:

##### Primera Etapa.

Recabar los datos y registros de la compañía. Algunas clasificaciones típicas de los datos de una empresa por mes son: Clientes, Volumen de venta en pesos, Tamas y tipos de producto, y otras características importantes de acuerdo con la compañía de que se trate. - Debe cuidarse que el registro pasado incluya suficientes observaciones, más debe tenerse cuidado de no programar basándose únicamente en las cifras pasadas.

##### Segunda Etapa:

Comparar las ventas de la compañía con los totales de la industria de que forma parte, conociendo así la participación que puede esperar en el mercado.

##### Tercera Etapa:

Relacionar la industria de que forma parte la empresa, con algunas estadísticas nacionales que reflejen la influencia de la economía nacional de las futuras ventas de la industria de que se trate.

Cuarta Etapa:

Analizar las interrelaciones que presentan las estadísticas reunidas. En esta etapa deben ser estudiadas y revisadas las actividades de la promoción de ventas y de las compañías publicitarias, para comprobar su impacto en los resultados.

El trabajo realizado hasta ese momento, implica el riesgo de conducir a la adopción de decisiones erróneas, si se consideran los diversos aspectos que puedan cambiar la significación aparente de las cifras. Entre dichas circunstancias encontramos las siguientes:

- 1.- Los precios pueden cambiar.
- 2.- Puede cambiar la demanda hacia determinado tipo de productos.
- 3.- Puede haber error en el enjuiciamiento por lo que deben ser revisados las previsiones, por gentes conectadas directamente con esta función.
- 4.- Las condiciones pueden cambiar debiendo la persona encargada de las previsiones mantenerse al día sobre cuanto ocurre a la economía nacional.

TECNICAS EMPLEADAS PARA HACER PRONOSTICOS DE VENTAS.

OPINION.

Basado en la aplicación de la experiencia de perso

nas relacionadas con las ventas. Este método es engañoso y muchas veces desastroso, pues no tiene bases científicas. Se usa más bien para comprobar los resultados globales de la aplicación de otros métodos.

#### ESTIMACION.

Siendo los vendedores los que conocen mejor que nadie en la organización, sus propios distritos, las estimaciones que ellos hagan de las ventas, aparte de ser una base para los pronósticos de ventas, es un incentivo que los empujará a alcanzar las metas que ellos mismos han fijado, la suma de las estimaciones de cada vendedor será el pronóstico global de la compañía.

#### CONSULTA.

Este método consiste en hacer una encuesta con todos los clientes o a los principales, cuáles serán sus compras para el futuro. Los datos que proporcionen serán confrontados con las estimaciones de los vendedores.

#### MUESTREO ESTADISTICO.

Un muestreo estadístico que se haga de los consumidores, con objeto de determinar las tendencias futuras del consumo, solo debe ser emprendido después de haber definido claramente el problema por resolver, pues de otra forma en las encuestas que realicemos encontraremos un exceso o falta de datos que al ser interpretados originan un estudio completo.

#### PROYECCION ESTADISTICA.

Este método se emplea cuando se dispone de cifras detalladas en los registros de las compañías que nos

Muestren el volumen de ventas por productos y por líneas de productos.

Un análisis típico de esta naturaleza consta de tres etapas.

- 1.- Crear un sistema de clasificación de artículos con características similares.
- 2.- Tabular la información por tantos años como se dispongan o que tengan una significación práctica.
- 3.- Trazar con los datos, gráficas y aplicar métodos que permitan hacer análisis y extrapolaciones de las tendencias.

#### CORRELACION

Muchas compañías encuentran que las ventas de determinados productos, muestran una extraordinaria relación a un índice o a una correlación entre otros artículos. Encontrando estas relaciones es posible predecir las ventas para el producto en cuestión.

#### ECONOMETRICO.

Se basa en el empleo de indicadores económicos que permitan predecir cambios en las tendencias de los negocios.

Los pronósticos de ventas deben irse poniendo al día según sea la experiencia que se vaya adquiriendo "nunca debe considerarse un pronóstico como definitivo" siempre es susceptible de perfeccionarse. A medida que el tiempo transcurre se crean técnicas para resolver estos problemas, y el hombre de empresa alerta encontrará medios de complementar las cifras con juicios adecuados para llegar a decisiones.

Para obtener mejores resultados en los pronósticos de ventas es preferible resolver el problema utilizando diferentes técnicas.

Solo de esa manera tendremos mayor certeza de los resultados obtenidos.

### CONTROL DE INVENTARIOS.

Inventarios es un término contable que se usa para los materiales en proceso de producción los productos terminados y las materias primas. El control de inventarios de una empresa, principalmente de índole industrial, es sumamente importante para la buena marcha de la misma.

Un exceso de inventarios origina gastos innecesarios e inmoviliza el capital de una empresa. En cambio, inventarios insuficientes pueden reducir las ventas por falta de productos terminados para entrega oportuna y afectar la imagen de la empresa hasta perder su mercado.

El pronóstico de Ventas determina el programa de producción y este a su vez el programa de compras y almacenamiento.

Si el programa de producción de una industria se pudiera hacer coincidir con el programa de Ventas y si nuestros proveedores nos pudieran surtir en completa coincidencia con nuestro calendario de producción, no habría necesidad de un almacén, habría un flujo completo de surtido de materiales, los cuales serían inmediatamente procesados. Pero esto es realmente un bonito sueño debido principalmente a que:



- 1.- Nuestro proveedor no desea establecer un flujo continuo de abastecimientos por se antieconómica.
- 2.- Requiere de cirto tiempo para elaborar las cantidades que estamos requiriendo nosotros y otros clientes.
- 3.- Por regla general los proveedores no aceptan ordenes-demasiado pequeñas para ellos.
- 4.- A nosotros tampoco nos conviene colocar ordenes demasiado pequeñas, porque cada orden que colocamos nos cuesta dinero (papeles, personal de compras, de recepción y de seguimiento.).

Por este motivo para que nuestras compras sean más económicas necesitamos ordenar cantidades razonables en magnitud. De aquí nace la necesidad del almacén que sirva de reserva para amortiguar los inconvenientes de la falta de sincronización entre los abastecimientos y la producción.

Si la producción es uniforme y las facilidades de abastecimientos y la producción, del artículo de que se trata son normales, podemos comprar por lotes de acuerdo con un calendario de compras y nuestro inventario fluctuará entre un máximo y un mínimo.

Suponiendo que se hacen varios pedidos al año, de cierta materia prima, cada vez que nos llegue el material subirá nuestro inventario de ese artículo a un máximo para irse reduciendo progresivamente conforme se vaya utilizando y llegará a un mínimo cuando nos llegue la siguiente remesa de material.

Ejemplo numérico:

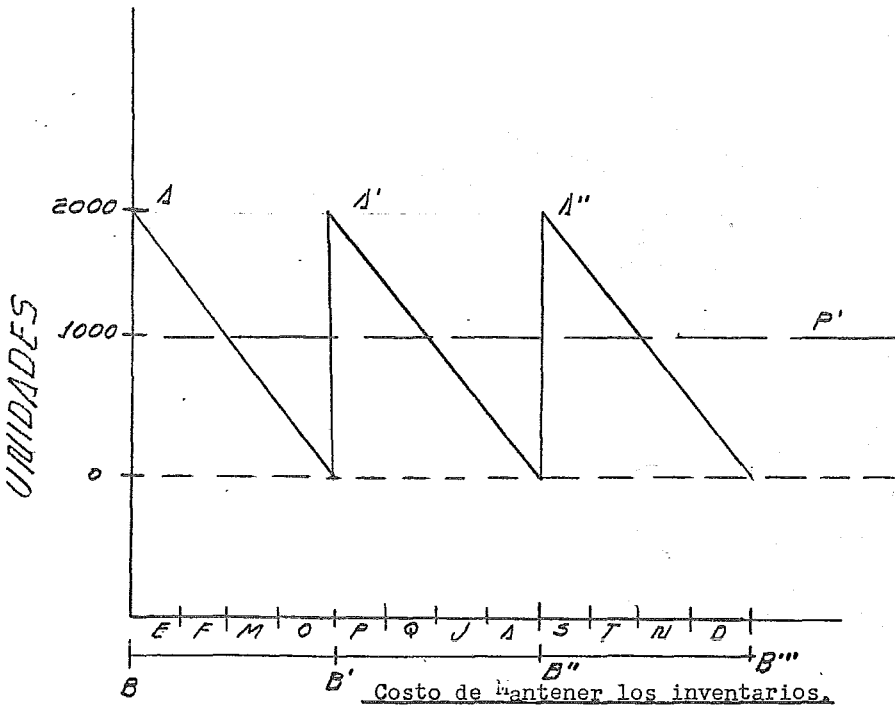
En una industria se consumen 500 unidades mensuales de un determinado artículo. Por consideraciones que después se verán, se decide colocar tres ordenes al año.

Solución: El consumo anual es de  $500 \times 12 = 6000$  unidades. Cada orden de compra será de  $6000 \div 3 = 2000$  unidades.

El mínimo deseado será 0 unidades.

El máximo inventario será 2000 unidades.

El inventario promedio será  $\frac{2000}{2} = 1000$  unidades.



Hemos mencionado que cuesta mucho mantener los inventa

rios. Los principales costos a considerar son los siguientes, en los porcentajes generalmente empleados en México-en función del valor de la mercancía.

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| Interés sobre el valor invertido. | 12% anual  |
| Edificio y Terreno.               | 2% anual   |
| Personal de Almacenes.            | 2% anual   |
| Primas y Seguros.                 | 1% anual   |
| Depreciación y Deterioro.         | 4% anual   |
| Pérdidas.                         | 1% anual.  |
| Obsolencia.                       | 3% anual   |
|                                   | <hr/>      |
|                                   | 25% anual. |

Como puede verse, el costo de mantener un peso en inventario es sumamente elevado (25% del valor del inventario) por lo cual es necesario tratar de reducir a un mínimo el valor en inventario; sin menoscabo de la producción y las ventas, pues esto puede ser todavía más costoso.

#### CANTIDAD ECONOMICA A ORDENAR POR CADA PEDIDO.

##### Costo de la actividad de Compras:

La actividad de compras de una empresa cuesta dinero, y puede decirse que su costo guarda proporción con el número de órdenes de compras que se hace y se siguen.

El costo por pedido puede calcularlo el mismo jefe de compras ayudado por el departamento de contabilidad. El costo se encuentra dividiendo los gastos del departamento de compras en un año, entre el número de pedidos colocados.

Los costos de un departamento de Compras, son generalmente los siguientes:

- 1.- Sueldo y prestaciones del Jefe de Compras y del personal a su cargo.
- 2.- Costo de la papelería usada.
- 3.- Mantenimiento del equipo de Oficina.
- 4.- Depreciación del equipo de Oficina.
- 5.- Luz, Limpieza, etc.
- 6.- Parte proporcional de renta del edif. ocupado por el Departamento de Compras.
- 7.- Costos directos de contabilidad, recepción de mercancías, inspección de calidad, etc. originado por compras.

En estados Unidos el costo del pedido fluctúa entre 10 y 15 dólares. No debemos sorprendernos si en México se encuentran valores entre 30 y 150 pesos.

Una buena organización del Departamento de Compras, puede reducir éste costo a un mínimo.

#### CANTIDAD ECONOMICA A ORDENAR.

En el ejemplo anterior, se hicieron tres compras al año, seleccionadas de una manera arbitraria. Se puede demostrar que para cada industria en particular y para cada artículo, existe una cantidad a comprar que es la más económica.

D= Cantidad necesaria al año en unidades.

U= Precio por unidad.

P= Compra total al año en pesos = ND

N= Número más económico de ordenes al año.

Q= Cantidad comprada en lotes por unidades.

F= Fracción decimal del valor del inventario que nos dá el costo anual de mantenerlo.

C= Costo del Departamento de Compras por pedido.

El promedio fluctuante es  $\frac{2N}{2N}$

El costo de mantener el inventario promedio es:

$$C_i = \frac{D u f}{2N} \text{ ----- 1}$$

El costo de ordenar al año es:

$$C_o = N \times C \text{ ----- 2}$$

El costo total al año de comprar y mantener el inventario será:

$$C_t = C_i + C_o = \frac{D u f}{2 N} + (N \times C) \text{ -----3}$$

Ejemplo:

Una fábrica tiene un consumo de 10,000 tornillos al año de ciertas especificaciones. El precio de los tornillos es de \$1.00 y el costo del Departamento de Compras se ha calculado ser igual a \$ 50.00. Los costos de mantener el inventario se estiman en 0.25 del valor del inventario promedio: calcular la orden más económica a pedir.

Los valores de  $C_i$  y  $C_o$  serán respectivamente según las fórmulas (1) y (2).

$$C_i = \frac{10000 \times 1.00 \times 0.25}{2 N} = \frac{1250}{N} \text{ ----- 4}$$

$$C_o = N \times 50 \text{ ----- 5}$$

Si hacemos una tabulación:

D= 10000 tornillos      U= \$ 1.00    F= 0.25    C \$50.00

---

---

| 1                  | 2                            | 3                        | 4                   |
|--------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------|
| PEDIDOS<br>al año. | COSTO DEL INVENTARIO.<br>Ci. | COSTO DE ORDENAR.<br>Co. | COSTO TOTAL.<br>Ct. |
| 1                  | 1250                         | 50                       | 1300                |
| 2                  | 625                          | 100                      | 725                 |
| 3                  | 416                          | 150                      | 566                 |
| 4                  | 312                          | 200                      | 512                 |
| 5                  | 250                          | 250                      | 500                 |
| 6                  | 208                          | 300                      | 508                 |
| 7                  | 178                          | 350                      | 528                 |
| 8                  | 156                          | 400                      | 556                 |
| 9                  | 139                          | 450                      | 589                 |
| 10                 | 125                          | 500                      | 625                 |
|                    | 1250/N                       | Nx50                     | 2+3                 |

7 En esta tabla puede observarse como el costo de ordenar crece (Co) proporcionalmente al número de pedidos, -- mientras que el costo de mantener los inventarios disminuye con el número de pedidos según una impérbola equilátera.

El costo total de Ct. es una curva que presenta un mínimo precisamente en la ordenada cuando se cruzan Co. y Ci o sea cuando  $Co = Ci$ .

Fórmula para encontrar la cantidad más económica a ordenar.

Se puede demostrar gráficamente o por medio del cálculo diferencial que Ct. ó sea el costo total sea mínimo, necesitamos que Ci sea igual a Co o sea que igualando las fórmulas (1) y (2).

$$C_i = C_o \quad \text{o bien} \quad \frac{Duf}{2N} = NC \quad \text{-----} \quad (6)$$

en donde  $\frac{Duf}{2C} = N^2$

o sea  $N = \sqrt{\frac{Duf}{2C}} \quad \text{-----} \quad (7)$

o bien  $N = \sqrt{\frac{Pf}{2C}} \quad \text{-----} \quad (8)$

Esta formula nos dá el número de compras al año en que debemos dividir nuestra demanda, para el artículo de que se trata.

La Cantidad comprada por lote será  $Q = \frac{D}{N} \quad \text{-----} \quad (9)$

Si reemplazamos la fórmula (7) en (9) se obtiene la fórmula de Wilson:

$$Q = D \sqrt{\frac{2C}{Duf.}} = \sqrt{\frac{2DC}{UF}} \quad \text{-----} \quad (10)$$

Ejemplo:

Calcular el lote más económico para los datos del problema anterior haciendo uso de la fórmula de Wilson:

$$Q = \sqrt{\frac{2 \times 10000 \times 50}{100 \times 0.25}} = 2000 \text{ tornillos.}$$

De la fórmula (9) tenemos.

$$Q = \frac{D}{N} \quad N = \frac{D}{Q} = \frac{10000}{2000} = 5 \text{ pedidos al año.}$$

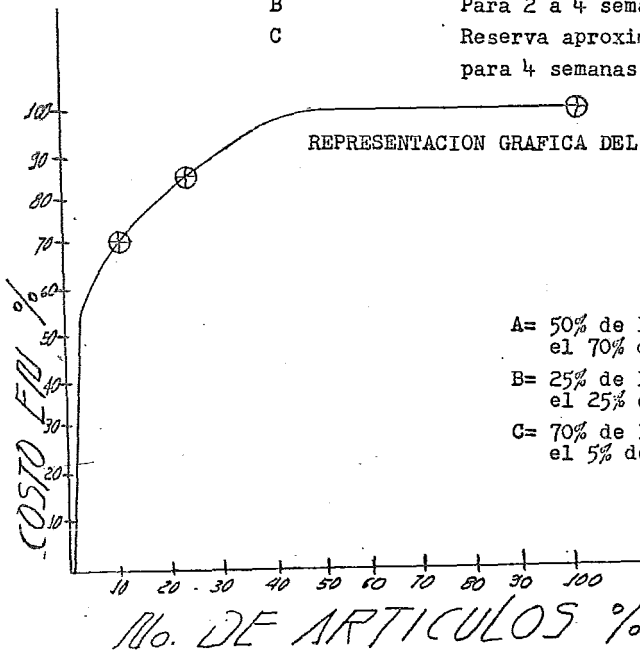
ANALISIS "A, B, C." DE LAS EXISTENCIAS:

El análisis ABC, consiste simplemente en acumular - el número y el costo de los artículos en existencia y - agrupar los menos considerables en número y de mayor costo bajo clasificación "A". Las de número mediano y de costo intermedio bajo clasificación "B", y los de mayor cantidad pero de valor pequeño bajo la categoría "C".

Los artículos "A" que son los más caros deberán -- ser controlados de modo más riguroso y la cantidad de artículos "A" disponibles en almacén deberá ser más reducida que la de los artículos "B" y "C".

Por ejemplo:

| CLASE DE ARTICULO. | CANTIDAD EN ALMACEN.                 | CANTIDAD QUE SE PIDE  |
|--------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| A                  | Para una a 2 semanas                 | Para 1 a 2 semanas.   |
| B                  | Para 2 a 4 semanas.                  | Para 4 semanas.       |
| C                  | Reserva aproximada - para 4 semanas. | Para 3 meses a 1 año. |



A= 50% de los artículos que representa el 70% del costo.

B= 25% de los artículos que representa el 25% del costo.

C= 70% de los artículos que representa el 5% del costo.



Los porcentajes anteriores por supuesto dependen de la industria de que se trate, pero son promedios de la mayor parte de las industrias.

El hecho anterior tiene la ventaja de poder dedicar un máximo de atención al control del grupo de gran valor, aplicando en el toda la técnica del control de inventarios y vigilándolo continuamente.

### EL PRONOSTICO DE PRODUCCION Y LOS LOTES OPTIMOS DE FABRICACION.

#### EL PRONOSTICO DE PRODUCCION.

Una de las fases menos brillantes y más complicadas de la planeación de la producción se refiere a la determinación de un pronóstico de producción.

Es relativamente fácil disponer de los medios de producción y del elemento humano para su actividad, pero es muy difícil asegurar que estos medios y esa mano de obra estén siendo aprovechadas como corresponde. Basta con preguntarse ¿cuántas horas de las que permanece un obrero dentro de la empresa son ocupadas efectivamente para las tareas en las cuales ha sido adiestrado y que porcentaje del tiempo es utilizada cada una de las máquinas para producir?

Al planear la producción se debe tomar como base la capacidad promedio y la demanda que existe en el mercado de los artículos. El problema de la demanda se analiza mediante el pronóstico de ventas y la administración de los inventarios, principalmente en los casos en que la industria trabaja para almacén, ya que en la industria que trabaja básicamente sobre pedido, la planeación de la producción se referirá, más que nada, a la saturación de la capacidad de la fábrica en un orden cronológico o arbitrario de importancia de los pedidos que se encuen-

tren en cartera, reuniéndose todos los datos en lo que se llama un programa maestro que a su vez se utiliza en el programa detallado de la fabricación. La fabricación sobre pedido, implica posibles variaciones en la utilización de la capacidad de producción, ya que el artículo que se este elaborando en un momento dado, posiblemente no vuelva a elaborarse en toda la vida de la empresa.

La planeación de la producción en una industria que fabrica para almacén, se deberá llevar a cabo teniendo en mente un criterio básicamente de tipo económico, que pretenda la utilización adecuada de sus medios de producción-- es decir, fabricar a ritmo de producción tal que se eliminen las variaciones en el empleo del personal y de todos los medios de trabajo.

Antes de mencionar las técnicas para equilibrar la producción, veámos gráficamente como pueden evolucionar las ventas, los inventarios y la producción.

Si las ventas no tubieran variación por efectos estacionales y se dictara una política de inventarios constantes, la producción sería igual a las ventas, como se muestra en la figura 3-1.

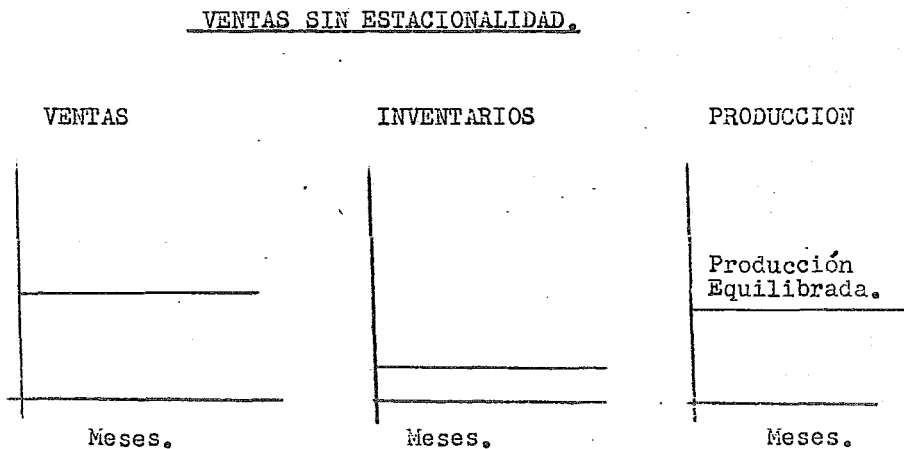


Figura No. 3-1

Si las ventas fuesen estacionales y se dictará también una política de volumen constante de productos terminados en el almacén, la producción tendría que ser igual a las ventas, pero la utilización de la capacidad de producción sería en algunos meses excesiva y en otras aprovechada en un mínimo, como se nota en la figura 3-2.

VENTAS ESTACIONALES Y PRODUCCION NO EQUILIBRADA.

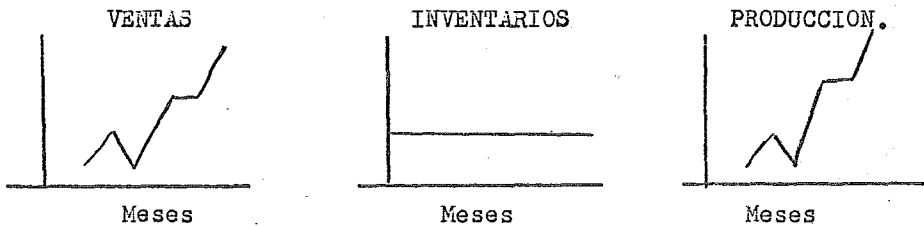


Figura 3 - 2

Si las ventas fuesen estacionales y se hubiese planeado tener una producción equilibrada, pero el método empleado para esta planeación no fuera del adecuado, el resultado sería fuertes variaciones en el almacén que podría ocasionar, sobre todo, problemas de tipo financiero dada la inversión en inventarios, como puede notarse en las figuras 3 - 3 .

VENTAS ESTACIONALES Y PRODUCCION EQUILIBRADA.



Figura 3 - 3

Para reducir los efectos notados en los tres grupos de gráficas anteriores, se han desarrollado principalmente tres métodos:

- 1.- Método directo.
- 2.- Método de unidades de tiempo.
- 3.- Programación Lineal.

En este caso nadamás comentaremos los dos primeros, por ser los más fáciles de aplicar y también por la brevedad del espacio con que contamos.

#### EL METODO DIRECTO.

El método directo pretende equilibrar la producción utilizando como base el número de artículos que se espera vender en todo el año y la variación deseada de los inventarios finales e iniciales de dicho año. Por ejemplo: si de una pieza determinada se tienen en existencia 10000 unidades a principio de año, se espera vender en el año un total de 120000 unidades y se desea que el inventario final sea nuevamente de 10000 unidades, y el programa de producción quedaría como se indica en la Figura 3 - 4 .

PRODUCCION EQUILIBRADA POR EL METODO DIRECTO.

| MES.   | PRONOSTICO DE VENTAS. | PRODUCCION EQUILIBRADA | INVENTARIO FIN DE MES |
|--------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| D      |                       |                        | 10,000                |
| E      | 5,000                 | 10,000                 | 15,000                |
| F      | 5,000                 | 10,000                 | 20,000                |
| M      | 5,000                 | 10,000                 | 25,000                |
| A      | 12,000                | 10,000                 | 23,000                |
| M      | 31,000                | 10,000                 | 2,000                 |
| J      | 4,000                 | 10,000                 | 8,000                 |
| J      | 6,000                 | 10,000                 | 12,000                |
| A      | 5,000                 | 10,000                 | 17,000                |
| S      | 6,000                 | 10,000                 | 21,000                |
| O      | 4,000                 | 10,000                 | 27,000                |
| N      | 7,000                 | 10,000                 | 30,000                |
| D      | 30,000                | 10,000                 | 10,000                |
| Total. | 120,000               |                        |                       |

Total:  $120,000 \div 12 = 10,000.$  = Producción equilibrada.

Figura 3 - 4 .

Se notará que con la aplicación de este método, si las ventas tienen fluctuaciones estacionales, se provocan fuertes inventarios en algunos meses o se puede llegar a tener agotamiento en otros, por lo que tan solo es recomendable para el tipo de industria en la que su nivel de ventas se conserve normalmente a lo largo de todo ejercicio.

EL METODO DE UNIDADES DE TIEMPO.

En este método el criterio que se sigue para equilibrar la producción difiere del anterior en que se equilibra la capacidad de producción, no importando el volumen de artículos que se fabriquen.

Normalmente las empresas industriales elaboran más de dos artículos, los cuales no siempre coinciden en sus períodos altos o bajos de ventas, por lo que se busca, - utilizando las horas-hombre u horas-máquina disponibles, elaborar mes a mes las cantidades de los diferentes artículos que se solicitan y que satisfacerán tanto las necesidades de venta mensuales como las variaciones planeadas en los inventarios. Para comprender este método es indispensable plantear un ejemplo como el que se muestra a continuación.

VENTAS PRONOSTICADAS.

| MES        | A  | B  | C  |
|------------|----|----|----|
| Enero      | 10 | 8  | 16 |
| Febrero    | 12 | 6  | 14 |
| Marzo      | 15 | 2  | 25 |
| Abril      | 18 | 1  | 30 |
| Mayo       | 25 | 4  | 10 |
| Junio      | 20 | 7  | 10 |
| Julio      | 10 | 10 | 25 |
| Agosto     | 15 | 7  | 25 |
| Septiembre | 20 | 12 | 30 |
| Octubre    | 15 | 10 | 35 |
| Noviembre  | 10 | 13 | 45 |
| Diciembre  | 5  | 12 | 40 |

Figura 3 - 5

Como se notará la venta de cada uno de estos artículos no tiene una evolución similar a la de los demás. Las listas a continuación son las políticas en cuanto a los volúmenes de productos terminados que deberán existir en inventario el día primero de cada mes.

## INVENTARIO AL PRIMERO DE MES ( POLITICA)

| MES        | A  | B  | C  |
|------------|----|----|----|
| Enero.     | 5  | 4  | 20 |
| Febrero    | 7  | 3  | 20 |
| Marzo      | 10 | 1  | 20 |
| Abril      | 10 | 1  | 20 |
| Mayo       | 15 | 2  | 10 |
| Junio      | 15 | 4  | 10 |
| Julio      | 10 | 10 | 15 |
| Agosto     | 5  | 4  | 15 |
| Septiembre | 10 | 6  | 20 |
| Octubre    | 5  | 5  | 20 |
| Noviembre  | 5  | 6  | 30 |
| Diciembre  | 5  | 6  | 30 |
| Enero      | 5  | 6  | 25 |

Figura 3 - 6 .

El primer paso en este método consiste en determinar el pronóstico preliminar de producción, sumando algebraicamente la venta pronosticada del mes a la diferencia de los inventarios finales e iniciales de cada mes. Mediante estas operaciones se obtiene el siguiente pronóstico de producción.

PRONOSTICO INICIAL DE PRODUCCION.  
(Piezas.)

| MES        | A  | B  | C  |
|------------|----|----|----|
| Enero      | 12 | 7  | 16 |
| Febrero    | 15 | 4  | 14 |
| Marzo      | 15 | 2  | 25 |
| Abril      | 23 | 2  | 20 |
| Mayo       | 25 | 6  | 10 |
| Junio      | 15 | 13 | 15 |
| Julio      | 15 | 4  | 25 |
| Agosto     | 20 | 9  | 30 |
| Septiembre | 15 | 11 | 30 |
| Octubre    | 15 | 11 | 45 |
| Noviembre  | 10 | 13 | 45 |
| Diciembre  | 5  | 12 | 35 |

Ejemplo: Producción en enero = Inv. lo. de Feb. - Inv. lo. de Enero + Ventas Enero.

Figura 3 - 7 .

Es notorio en este pronóstico que los volúmenes de -- producción de cada artículo son diferentes de mes a mes, - así como en total. No existe una producción equilibrada.- Para lograr esto primero se consideran los tiempos unita-- rios de fabricación de cada uno de los artículos, como se muestra a continuación, se multiplica a estos tiempos por el número de artículos pronosticados, para en esta forma - obtener el pronóstico de producción en horas, como sigue:

HORAS POR PIEZA EN EL PROCESO LIMITANTE.

| ARTICULO | HORAS. |
|----------|--------|
| A        | 0.5    |
| B        | 1.0    |
| C        | 0.25   |

Figura 3 - 8



## PRONOSTICO INICIAL DE PRODUCCION (Horas).

| MES         | A    | B    | C     | Total Horas. |
|-------------|------|------|-------|--------------|
| Enero       | 6.0  | 7.0  | 4.0   | 17.0         |
| Febrero     | 7.5  | 4.0  | 3.50  | 15.0         |
| Marzo.      | 7.5  | 2.0  | 6.25  | 15.75        |
| Abril       | 11.5 | 2.0  | 5.0   | 18.50        |
| Mayo        | 12.5 | 6.0  | 2.50  | 21.00        |
| Junio.      | 7.5  | 13.0 | 3.75  | 24.25        |
| Julio       | 7.5  | 4.0  | 6.25  | 17.75        |
| Agosto      | 10.0 | 9.0  | 7.50  | 26.50        |
| Septiembre  | 7.5  | 11.0 | 7.50  | 26.00        |
| Octubre     | 7.5  | 11.0 | 11.25 | 29.75        |
| Noviembre   | 5.0  | 13.0 | 11.25 | 29.25        |
| Diciembre   | 2.5  | 12.0 | 8.75  | 23.25        |
| T o t a l . | 92.5 | 94.0 | 77.50 | 264.00       |

Figura 3 - 9 .

La columna de totales refleja la producción no equilibrada y únicamente considera los datos base anteriores. Para equilibrar la producción es necesario dividir el total de las horas entre los doce meses del período por planearse:  $264 \div 12 = 22$  hrs. Esto proporciona el dato de la cifra de horas mensuales, con lo cual la planta, trabajando a ese ritmo, podría satisfacer todas las necesidades planteadas anteriormente. Para ajustar el pronóstico de horas en una producción equilibrada, se calculan las diferencias de cada mes respecto al promedio.

PRONOSTICO INICIAL DE PRODUCCION (horas).

| MES.       | A    | B    | C     | TOTAL HRS. | DIFERENCIA. |
|------------|------|------|-------|------------|-------------|
| Enero      | 6.0  | 7.0  | 4.0   | 17.0       | - 5.00      |
| Febrero    | 7.5  | 4.0  | 3.50  | 15.0       | - 7.00      |
| Marzo      | 7.5  | 2.0  | 6.25  | 15.75      | -6.25       |
| Abril      | 11.5 | 2.0  | 5.0   | 18.50      | - 3.50      |
| Mayo       | 12.5 | 6.0  | 2.50  | 21.00      | - 1.00      |
| Junio      | 7.5  | 13.0 | 3.75  | 24.25      | + 2.25      |
| Julio      | 7.5  | 4.0  | 6.25  | 17.75      | - 4.25      |
| Agosto     | 10.0 | 9.0  | 7.50  | 26.50      | + 4.50      |
| Septiembre | 7.5  | 11.0 | 7.50  | 26.00      | + 4.00      |
| Octubre    | 7.5  | 11.0 | 11.25 | 29.75      | + 7.75      |
| Noviembre  | 5.0  | 13.0 | 11.25 | 29.25      | + 7.25      |
| Diciembre  | 2.5  | 12.0 | 8.75  | 23.25      | + 1.25      |
| Total.     | 92.5 | 94.0 | 77.50 | 264.00     |             |

Figura 3 - 10 .

Después se ajusta cada mes, llevando a cabo movimientos de últimos a los primeros meses del año. Por ejemplo si en diciembre se tiene pronosticado un excedente de 1.25 horas, esta producción forzosamente deberá ser fabricada en los meses anteriores que tengan una capacidad disponible, con lo cual, al hacer el cambio, la producción quedará nuevamente equilibrada. En el Problema que se está analizando, se hacen las modificaciones al pronóstico inicial, utilizando únicamente el producto C. Esto no significa que en todos los casos se proceda así, ya que normalmente se ajustan los productos de menor costo.

PRONOSTICO DEFINITIVO EN HORAS.

| MES        | A    | B     | C     | PRODUCCION<br>MES. |
|------------|------|-------|-------|--------------------|
| Enero      | 6.0  | 7.00  | 9.00  | 22.00              |
| Febrero    | 7.5  | 4.00  | 10.50 | 22.00              |
| Marzo      | 7.5  | 2.00  | 12.50 | 22.00              |
| Abril      | 11.5 | 2.00  | 8.50  | 22.00              |
| Mayo       | 12.5 | 6.00  | 3.50  | 22.00              |
| Junio      | 7.5  | 13.00 | 1.50  | 22.00              |
| Julio      | 7.5  | 4.00  | 10.50 | 22.00              |
| Agosto     | 10.0 | 9.00  | 3.00  | 22.00              |
| Septiembre | 7.5  | 11.00 | 3.50  | 22.00              |
| Octubre    | 7.5  | 11.00 | 3.50  | 22.00              |
| Noviembre  | 5.0  | 13.00 | 4.00  | 22.00              |
| Diciembre  | 2.5  | 12.00 | 7.50  | 22.00              |

Figura 3 - 11 .

Al hacer tal cambio, se va a ocasionar una modificación en los inventarios , pero estas modificaciones nunca serán tan graves como las ocasionadas por el método directo En el ejemplo, las modificaciones solo afectarán al Artículo C y sus efectos se muestran en la figura 3 - 12.

AJUSTE DE LOS INVENTARIOS ARTICULO C.

| MES        | VENTAS | PRODUCCION PRONOSTICADA. | INVENTARIO REAL. |
|------------|--------|--------------------------|------------------|
| Enero      | 16     | 36                       | 20               |
| Febrero    | 14     | 42                       | 40               |
| Marzo      | 25     | 50                       | 68               |
| Abril      | 30     | 34                       | 93               |
| Mayo       | 10     | 14                       | 97               |
| Junio      | 10     | 6                        | 101              |
| Julio      | 25     | 42                       | 97               |
| Agosto     | 25     | 12                       | 114              |
| Septiembre | 30     | 14                       | 101              |
| Octubre    | 35     | 14                       | 85               |
| Noviembre  | 45     | 16                       | 64               |
| Diciembre  | 40     | 30                       | 35               |
| Enero      |        |                          | 25               |

Figura 3 - 12.

El último paso consiste en transformar las horas nuevamente a piezas y determinar los inventarios, con el objeto principal de anticiparse a cualquier problema de tipo financiero que esto pudiera ocasionar.

## TAMAÑO ECONOMICO DEL LOTE DE PRODUCCION.

Cuándo un grupo de máquinas o equipo se usa para la producción de un solo artículo o de una de sus partes, el control de la producción es muy simple, pues es suficiente que la velocidad de producción de la máquina se iguale a la velocidad de consumo para que se tenga controlada la Producción.

Este caso puede presentarse en las industrias llamadas de manufactura o las de proceso cuando producen un solo artículo, lo cual es raro, pues el caso más frecuente, es que una industria haga una variedad de artículos o productos semejantes entre sí, de tal manera a satisfacer mejor las necesidades o gustos del consumidor.

La mayoría de las industrias de manufactura y muchas de las de proceso, producen diversos artículos o productos con el mismo equipo o maquinaria y es necesario programar la producción de manera que satisfaga la demanda, aprovechando al máximo el equipo disponible, con el mínimo costo posible también.

Si la demanda anual de un determinado artículo, producto o pieza es  $D$  unidades, en general, no es económico producir las  $D$  unidades en una sola vez pues buena parte de ellas permanecería ociosa por muchas semanas o meses en el almacén.

Desde el punto de vista del Departamento de Ventas, cuando se trate de artículos o productos, y también desde el punto de vista del Departamento de Producción - cuando se trate de partes, no conviene fabricar totalmente la demanda del año de cada artículo, producto o parte pues Ventas o producción tiene necesidades durante todo el año y no pueden esperar a que le toque su turno de producción a cada cosa.

La solución al problema consiste en repartir la demanda anual en N lotes y producir cada uno de ellos en determinada fecha, de acuerdo con una programación económica.

Como en la mayoría de los casos no es económico hacer coincidir el programa de producción con el de la demanda, se necesita tener un almacén de partes, productos o artículos terminados que sirvan de colchón y absorba los efectos de la no sincronización entre la producción y la demanda.

El tener un almacén con existencias en él, ocasiona gastos que pueden estimarse y que están formados de los siguientes conceptos:

- 1.- Interés del dinero invertido en productos.
- 2.- Renta, mantenimiento y operación del almacén.
- 3.- Pérdidas de material por robos, maltrato u obsolescencia.

Estos gastos pueden estimarse en forma de porcentaje del valor de las mercancías en el almacén y para México,-- un 20% o 25% del costo del artículo, producto o pieza en el almacén, es un factor conservador, ya que el interés del dinero fácilmente asciende al 10% anual.

Cada vez que se detiene una máquina o un equipo para cambiar de producto se originan una serie de gastos que también pueden estimarse en proporción al tiempo que dure la máquina o equipo sin producir.

Pongamos algunos ejemplos: en una empresa de troquelar, para cambiar el producto que está haciendo, se necesita quitar el troquel anterior y poner el nuevo, ajustar el nuevo troquel y probarlo etc.

En el caso de una fábrica de pinturas el cambiar de una pintura a otra, hace necesario limpiar el equipo, llenarlo con los nuevos ingredientes, etc.

En una fábrica textil cambiar el tipo de tela producida consume también un cierto tiempo de preparación de la máquina.

Una línea de ensamble requiere cierto tiempo para -- cambiar de un artículo a otro.

Para una determinada demanda anual D mientras mayor sea el número de lotes en que dividamos la producción mayor será el gasto anual por preparación de máquinas y menor será el costo de mantener inventarios. Debe haber un número N de lotes de producción que sea el más económico y el cual se determina mediante la fórmula siguiente originada por Camp.

Sea D= La demanda por año en unidades.

P= el costo por pieza en pesos.

M= el costo de preparación de la máquina que va a producir esta clase de piezas en pesos.

I= el costo de mantener la existencia en función del valor de inventario expresado en fracción decimal.

Q= Cantidad más económica por lote.

N= Número de lotes más económico por año.

Tenemos entonces las siguientes igualdades:

$$Q = \frac{D}{N} ; N = \frac{D}{Q} ; QN = D \text{ ----- (1)}$$

El costo anual de preparar N cambios en una máquina para dividir la producción en N lotes será entonces:

$$C_p = N m = \frac{D}{Q} m \text{ ----- (2)}$$

La cantidad máxima del artículo en bodega será Q -- artículos cuando se acabe de entregar la producción de la máquina al almacén y la mínima será cero si no se provee-

por ninguna reserva, entonces el promedio de existencias será aproximadamente:

$Q$  - Véase Fig. 1

2

El costo de mantener este inventario será:

$$C_i = \frac{Q}{2} P \cdot i \text{ ----- (3)}$$

El costo total anual será:

$$C_t = C_c + C_i \text{ ----- (4)}$$

Se puede demostrar por cálculo diferencial que el costo total será mínimo cuando tengamos  $C_p = C_i$

Reemplazando los valores de las fórmulas (2) y (3)

$$\frac{D}{Q} m = \frac{Q}{2} p i$$

$$Q^2 = \frac{2Dm}{pi} \text{ ----- (5)}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2Dm}{p i}} \text{ ----- (6)}$$

Y el número de lotes más económico a producir por año:

$$N = \frac{D}{Q} = D \sqrt{\frac{pi}{2Dm}} = \sqrt{\frac{D p i}{2 m}} \text{ ----- (7)}$$

Ejemplo: Supongamos que tengamos los siguientes valores para producir una determinada pieza:

D= 20,000 piezas por año.

p= \$20.00 por pieza.

i= 25% o sea 0.25

Tiempo de preparación 10 horas cuota de costo \$35.00 la hora



Tenemos entonces:  $m = 35 \times 10 = \$ 350.00$

$$Q = \sqrt{\frac{2 \times 20,000 \times 350}{20 \times 0.25}} = 1670 \text{ piezas.}$$

$$N = 20,000 / 1670 = 12 \text{ lotes por año.}$$

Si el número de lotes por año no resulta un número entero, puede redondearse al número entero más cercano -- sin gran diferencia en el costo anual.

El problema anterior puede resolverse también tabularmente haciendo uso de las fórmulas (2) (3) y (4) en las -- cuales vemos determinando los valores de  $C_p$ ,  $C_i$ , y  $C_t$  para diversos valores de  $Q$  y formulando la tabla 1.

Por esta tabla puede verse que el valor mínimo de  $C_t$  corresponde al renglón de  $Q = 1500$  unidades o sea 13.2 lotes al año.- Este valor se aproxima al exacto 1670 piezas con 12 lotes por año obteniendo mediante fórmulas ( 6 ) ó ( 7 ) .

| Cantidad<br>Por lote<br>Q | Lotes<br>al año<br>N | C <sub>p</sub> | C <sub>i</sub> | C <sub>t</sub> |
|---------------------------|----------------------|----------------|----------------|----------------|
| 250                       | 80                   | 28 000         | 625            | 28 625         |
| 500                       | 40                   | 14 000         | 1 250          | 15 250         |
| 1 000                     | 20                   | 7 000          | 2 500          | 9 500          |
| 1 500                     | 13.3                 | 4 650          | 3 750          | 8 400          |
| 2 000                     | 10                   | 3 500          | 5 000          | 8 500          |
| 3 000                     | 6.6                  | 2 330          | 7 500          | 9 830          |
| 4 000                     | 5                    | 1 750          | 10 000         | 11 750         |
| 5 000                     | 4                    | 1 400          | 12 500         | 13 900         |
| 6 000                     | 3.3                  | 1 200          | 15 000         | 16 200         |
| 7 000                     | 2.8                  | 1 020          | 17 500         | 18 520         |
| 8 000                     | 2.5                  | 875            | 20 000         | 20 875         |
| 9 000                     | 2.2                  | 770            | 22 500         | 23 270         |
| 10 000                    | 2                    | 700            | 25 000         | 25 700         |
| 15 000                    | 1.3                  | 455            | 37 500         | 37 955         |
| 20 000                    | 1                    | 350            | 50 000         | 50 350         |

Tabla No. 1

Tamaño económico del lote de Producción.

En la figura 2 se han puesto en forma gráfica los valores de  $C_i$ ,  $C_p$ , y  $C_t$ , en pesos como ordenados y los valores de la cantidad por lote en unidades como abscisas.

Puede verse claramente que el valor mínimo de  $C_t$  corresponde a la abscisa en donde se cruzan  $C_i$  y  $C_p$  o sea cuando estos últimos gastos son iguales entre sí.

En la figura 1 puede verse, como variar el inventario suponiendo que la demanda se uniforme y que la producción sea mucho más rápida que la demanda. Por ejemplo

que en un día o dos se produzca todo lo que se necesite en el mes.

Puede notarse en dicha figura que hemos señalado -- una reserva "r" de inventario que es muy conveniente tener para poder surtir demandas inesperadas del producto.

Esta reserva podría ser cero, si la demanda por período de producción fuera absolutamente constante; si no lo es, el valor de "r" debe ser tanto mayor, cuanto mayor sea la desviación standard de la demanda con respecto a su valor promedio.

Al principio de este estudio dijimos que la fórmula de la cantidad económica por lote se usa en los casos de producción en serie de piezas idénticas en gran cantidad.

#### Industrias con Multiproductos.

La industria de multiproductos es aquella que produce varios o muchos artículos de varios diseños, compuestos de partes comunes a todos ellos y de partes especiales según el diseño.

Las partes comunes, precisamente porque forman parte de muchos productos, su demanda anual será grande y se pueden producir en lotes de acuerdo con la fórmula de Camp, sin tener en consideración si van a formar parte del producto A, B, C, D, etc.

Por lo que se refiere a la programación de los productos A, B, C, D, etc. ésta puede hacerse de dos maneras:

- 1) Para abastecer el almacén.
- 2) Sobre pedidos en firme.

En el primer caso o sea cuando se fabrica para abastecer el almacén, la producción anual de los artículos - puede programarse de acuerdo con la fórmula de Camp teniendo en cuenta lo siguiente:

A.- Que el término  $p$  de las fórmulas (6) y (7) debe ser el costo de fábrica del artículo terminado, menos el costo de las partes comunes a otros artículos, ya que están en existencia en el almacén.

B.- Que el término  $m$  de las fórmulas (6) y (7) debe ser la suma de los tiempos de preparación de todas las piezas especiales que integran el artículo y que se hacen en la fábrica y del tiempo de preparación de la línea de ensamble del artículo completo.

C.- Las partes especiales que se van a integrar el artículo de que se trata deben fabricarse o comprarse de acuerdo con el programa de fabricación del artículo de que se trata. De esta manera se evita tener en existencia partes en proceso o partes compradas antes de que sean necesarias para la integración del producto final.

Al comprar las partes especiales debe tenerse en cuenta el tiempo que requiere el fabricante o vendedor para surtir las y las posibles fallas de estas promesas.

En el segundo caso, o sea cuando se fabrica a la orden sobre pedidos en firme se supone que el cliente ha aceptado un tiempo de entrega de acuerdo con el tiempo que necesita el fabricante para abastecerse o fabricar las partes especiales e integrar el artículo terminado.

#### Casos excepcionales.

En México, en donde los obreros son considerados de planta, se tiene en algunas industrias la costumbre de -

que cuando escasea el trabajo se pone a los operarios a fabricar piezas comunes a varios artículos para almacenarlas.

Al seguir esta política conviene tener en cuenta lo siguiente:

- 1.- Una producción que sobrepase las necesidades del año en curso, tiene el peligro de que la parte que se produce sea obsoleta para el programa de producción del año siguiente.
- 2.- La materia prima es más "elástica", es decir sirve para hacer una diversidad de partes, mientras más cercana está a su estado de materia prima.

Modificación a la fórmula de Camp cuando la velocidad de consumo no es mucha mayor que la velocidad de producción.

Sea

D= Demanda por año en unidades.

p= Costo de la pieza en pesos.

m= Costo de preparación de la máquina.

i= Costo de mantener la existencia en función del valor del inventario.

Q= Cantidad más económica por lote.

N= Número de lotes más económico por año.

P= Número de piezas por año que produciría la máquina si trabajara su tiempo normal durante todo el año.

La fórmula de Camp queda modificada del modo siguiente:

$$Q = \sqrt{\frac{2 D m}{p i (1 - D/P)}} \text{-----(8)}$$

La figura 3 muestra como variará el inventario en este caso, suponiendo que las piezas se transportarán al almacén, conforme se van produciendo.

En esta figura, el ciclo de producción y consumo -- está formado del modo siguiente:

La demanda es constante de A a C y se consume durante todo este tiempo a una velocidad de "D" unidades por año.

La producción es solamente de A a B y se efectúa a una velocidad de P unidades por año.

La fluctuación máxima del inventarios es:

$$I_m = (P - D) t \text{-----} (9)$$

Pero t debe tener el tiempo suficiente para surtir -- la demanda en N ciclos o lotes que se producen al año; -- luego:

$$D = N \ t \ P \text{ de donde:}$$

$$t = \frac{D}{NP} = \frac{Q}{P} = \text{-----} (10)$$

Reemplazando (10) en (9).

$$I_m = (P - D) \frac{Q}{P} = (1 - D/P) \ Q \text{-----} (11)$$

El costo anual de conservar el inventario es entonces:

$$C_i = \frac{I_m}{2} \ i_p = (1 - D/P) \frac{Q i_p}{2} \text{-----} (12)$$

El costo de preparación de la máquina es:

$$C_p = \frac{D}{Q} \ m \text{-----} (13)$$

Igualando (12) y (13) tenemos:

$$\frac{D}{Q} m = (1-D/P) \frac{Q i p}{2} \text{ De donde:}$$

$$\frac{2Dm}{(1-D/P)ip} = Q^2 \text{ o sea:}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2 D m}{p i (1-D/P)}} \text{ ( 14)}$$

que es igual a la fórmula (8) que se deseaba establecer.

Cuando P es muy grande la fórmula (14) tiende a ser igual a la original de Camp o sea la ( 6 ).

Cuando P = D o sea cuando la velocidad de la producción iguala a la velocidad de la demanda, Q tiende al infinito o sea que hay un solo lote o sea que la producción es continua.

El caso de la fórmula ( 14) da niveles de inventarios más bajos y más económicos por consiguiente, que el caso de la fórmula ( 6 ).

"LINEA DE PRODUCCION PARA VARIOS ARTICULOS SEMEJANTES".

En muchas fábricas se producen varios artículos diferentes, pero semejantes en la misma línea de producción o de ensamble en cantidades designales; pero constantes.

En estos casos, no conviene encontrar el lote más -- económico para cada uno de estos artículos porque habría interferencia en la producción de un artículo con la producción del otro.

Conviene en este caso establecer un ciclo de lotes - de producción en el cual se produzcan Q a unidades del artículo A, Qb unidades del artículo B, Qc unidades del artículo C, p, etc. hasta el artículo enésimo que se tenga que producir.

Estas cantidades Qa, Qb, Qc, --- etc., son proporcionales a las demandas anuales Da, Db, Dc, --- etc., de los diversos artículos de manera que se tiene.

$$Qa = Da/N; \quad Qb = Db/N; \quad Qc = Dc/N \text{ ----- etc.}$$

Siendo N el número de lotes que se producen al año - de cada uno de los artículos A, B, C, --- etc. Nótese que el valor de "N" es el mismo para todos los artículos o -- sea que la producción de la línea quedará dividida en ciclos iguales, cada ciclo constando de los lotes Qa+Qb+ Qc ---- etc.

Trataremos de encontrar el valor de "N" más económico en que debe dividirse la producción, igualando los gastos de almacenamiento de los artículos Ci y los costos de preparación de las máquinas Cp al cambiar del artículo A- al artículo B, al C----- etc.



Los costos de preparación de las máquinas serán:

$$C_p = N m a + N m b + N m c + \dots = N I m \dots \quad (15)$$

Siendo  $m_a, m_b, m_c, \dots$  etc., los costos de cada -- preparación de máquinas para fabricar los productos A, B, C, ----- etc., y siendo N el número de ciclos en que vamos a dividir la producción del año.

Según la formula (11) el inventario máximo a que se llega cuando se produce y se vende simultáneamente un artículo es:

$$I m = ( 1 - D/P ) Q \dots \quad (11)$$

en donde:

D= demanda por año en unidades.

P = velocidad de producción de la máquina en unidades -- por año, suponiendo que produjera ese solo artículo.

Q= La cantidad producida en cada lote.

En el caso de producción de varios artículos, tendremos para el artículo A:

$$Q = Q_a = \frac{D_a}{N} \text{ para el B, } Q = Q_b = \frac{D_b}{N} \text{ etc.}$$

Si llamamos  $U_a$  el costo unitario del artículo A, --  $U_b$  el costo unitario del artículo C, etc. y llamamos  $i$  el costo de mantener el inventario en existencia, tendremos que el costo total de mantener el inventario de los productos A, B, C, ----- etc., será:

$$C_i = \frac{1}{2} U_a (1 - D_a/P_a) \frac{D_a}{N} + \frac{1}{2} U_b (1 - D_b/P_b) \frac{D_b}{N} + \dots$$

$$\frac{1}{2} i \sum (1 - D/P) \frac{D}{N} \dots \quad (16)$$

Para encontrar el número de ciclos más económico N,

el costo de mantener los inventarios debe ser igual al costo total de preparación de las máquinas , o sea que igualamos las fórmulas ( 15 ) y ( 16 ).

$$N \approx m = \frac{1}{2} i \approx U (1 - d / p) \frac{D}{N} \text{ - Despejando a N, tenemos:}$$

$$N^2 = \frac{\frac{1}{2} i \approx (1 - D/P) D}{\approx m}$$

$$N = \frac{\approx U (1 - D/P) D i}{2 \approx m} \text{ ----- ( 17 )}$$

Fórmula que nos dá el número de ciclos más económicos a emplear:

Ejemplo:

En una línea de producción se fabrican cinco tipos de aparatos diferentes A , B, C, D, E, de los cuales se venden las siguientes cantidades anuales respectivamente:

$$Da=10,000 \quad Db=20,000 \quad Dc=15,000 \quad Dd=30,000 \quad De=20,000.$$

La línea de producción es capaz de producir las siguientes cantidades de los productos A, B, C, D, si se dedicara exclusivamente a cada uno de ellos durante todos los días hábiles del año: Pa=80,000 Pb90,000 Pc=100,000 Pd=110,000 Pe=100,000.

El costo por aparato que tiene que hacerse para lograr esta producción es:

$$Ua = \$300.00 \quad Ub= \$200.00 \quad Uc= \$150.00 \quad Ud= \$100.00$$

Ue= \$200.00 y el costo de mantener el inventario se calcula en 25% del costo que tiene que hacerse por aparato.  
i = 0.25.

Los gastos de cambio de aparato producido en la línea se estima en \$2,000.00 para los aparatos A y B y \$1,000.00 para los aparatos C, D y E.

TABLA No. 2 EJEMPLO DE PRODUCCION DE 5 ARTICULOS EN UNA SOLA LINEA DE PRODUCCION.

| 1                  | 2            | 3               | 4               | 5           | 6     | 7     | 8              |
|--------------------|--------------|-----------------|-----------------|-------------|-------|-------|----------------|
| Pro-<br>duc-<br>to | Demanda<br>D | Producción<br>P | Desembolso<br>U | Cambio<br>M | D/P   | 1-D/P | U(1-D/P)<br>D1 |
| A                  | 10,000       | 80,000          | \$ 300.00       | \$2,000     | 0.125 | 0.875 | 658,000        |
| B                  | 20,000       | 90,000          | 200.00          | 2,000       | 0.220 | 0.780 | 786,000        |
| C                  | 15,000       | 100,000         | 150.00          | 1,000       | 0.150 | 0.850 | 478,000        |
| D                  | 30,000       | 110,000         | 100.00          | 1,000       | 0.273 | 0.727 | 546,000        |
| E                  | 20,000       | 100,000         | 200.00          | 1,000       | 0.200 | 0.800 | 800,000        |
| Sumas              |              |                 |                 | 7,000       |       |       | 3268,000       |

$$\sum U (1 - D/P) D1 = 3,268,000$$

$$2 \sum m = 7,000 \times 2$$

$$N^2 = \frac{\sum U (1-D/P) D1}{2 \sum m} = \frac{3,268,000}{2 \times 7,000} = 233$$

$$N = \sqrt{233} = 15.3 \text{ ciclos.}$$

La tabla No. 2 muestra la solución de este caso. -- Los datos del problema están tabulados en las 5 primeras columnas - La columna 6 se encuentra dividiendo los datos de la 2 entre los de la columna 3 .

La columna 7 es la unidad menos los valores de la columna 6 - La columna 8 es el producto de los valores de las columnas 4, 7 y 2 multiplicadas por el valor de i que es 0.25.

La suma de los valores de la columna 8 es el valor del numerador de la fórmula 17 y la suma de los valores de la columna 5 es el valor del denominador de la fórmula 17.

$$N^2 = \frac{\sum U (1 - D/P -) D_i}{2 \sum m} = \frac{3,268,000}{2 \times 7\,000} = 233$$

$$N = \sqrt{233} = 15.3$$

La producción del año hay que dividirla en 15 ciclos - Si consideramos 240 días hábiles en el año, cada ciclo comprenderá 16 días hábiles.

Los días hábiles del año se repartirán del modo siguiente entre los diversos productos: Al producto A necesita dedicársele el siguiente tiempo:

$$Ad = 240 \times D/P = 240 \times 0.125 = 30 \text{ días.}$$

El Producto B necesita.

$$Bd = 240 \times 0.220 = 53 \text{ días.}$$

El Producto C necesita.

$$Cd = 240 \times 0.150 = 36 \text{ días.}$$

El producto D necesita.

$$Dd = 240 \times 0.273 = 65 \text{ días.}$$

El Producto E necesita.

$$Ed = 240 \times 0.20 = \underline{48 \text{ días.}}$$

$$\text{T o t a l} \dots\dots\dots 232 \text{ días.}$$

Sobran 8 días hábiles que deben ser bastantes para los cambios, de no ser así habría que disminuir el número de ciclos o hacer algunos cambios fuera de las horas normales de trabajo, según convenga más desde el punto de vista económico.

Si cada ciclo abarca 16 días hábiles o sea 128 horas, vemos cuantas horas habrá que dedicarle a cada producto -- dentro de cada uno de los ciclos:

Para el producto A.

$$H_a = \frac{30 \times 128}{240} = 16 \text{ horas / ciclo.}$$

Para el producto B

$$H_b = \frac{53 \times 128}{240} = 28,3 \text{ horas/ ciclo}$$

Para el producto C.

$$H_c = \frac{36 \times 128}{240} = 19.2 \text{ horas / ciclo.}$$

Para el producto D.

$$H_d = \frac{65 \times 128}{240} = \text{horas / ciclo.}$$

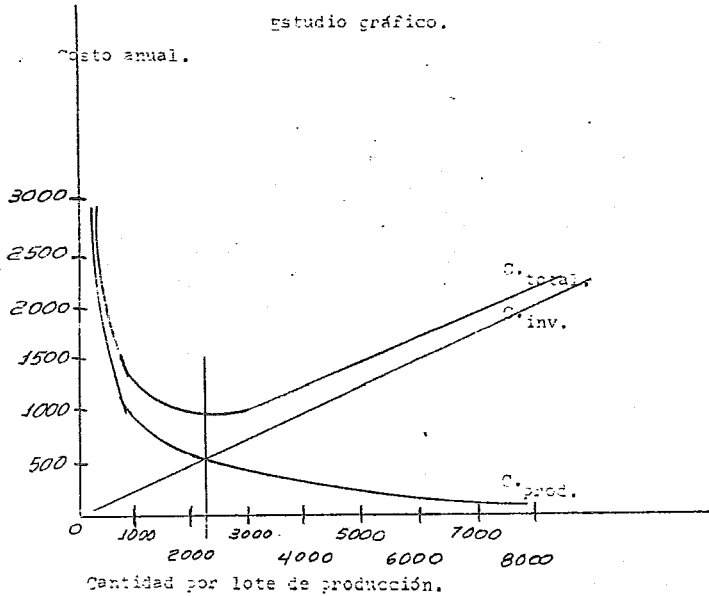
Para el producto E.

$$H_e = \frac{48 \times 128}{240} = 25.5 \text{ horas / ciclo.}$$

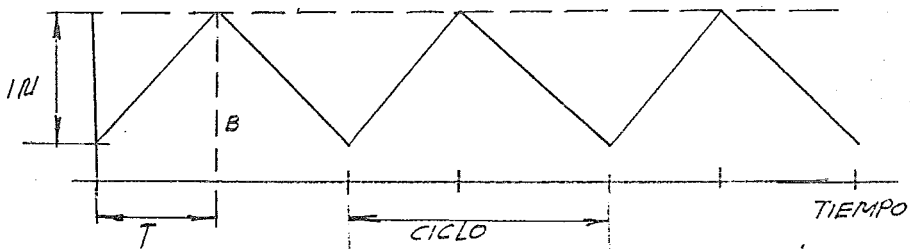
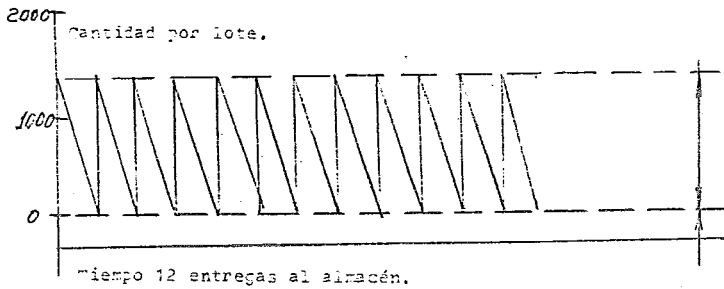
Total de horas 123.5 horas / ciclo.

Quedando 4.5 horas por ciclo para los cambios que pueden no ser suficientes en cuyo caso se harán algunos cambios fuera de las horas de trabajo según convenga.

lote de producción mas economico.  
estudio gráfico.



Variaciones en el inventario.



Variaciones del inventario teniendo en cuenta las velocidades de producción y de demanda.

## METODO DE PROGRAMACION LINEAL.

El control de producción puede convertirse, en el futuro en algo, muy distinto a lo que es actualmente. La programación, el control del progreso del trabajo y las funciones de corrección podrían ser realizados en forma automática, y muchas funciones nuevas tendrán que ser absorbidas por el control de producción.

El director de Control de Producción tendrá mucho más influencias, que hoy en día. Estará mejor formado en disciplinas técnicas, tales como: Matemáticas, investigación de operaciones, electrónica, ingeniería, industrial, estadística.

Hoy en día crece rápidamente el nuevo campo de la ciencia de la dirección llamado "Investigación de Operaciones", que comprende la utilización de conocimientos de matemáticas, física, economía, sicología, etc., para resolver los problemas de la dirección y administración de las empresas de tal forma que se den siempre soluciones óptimas.

### Metodología

La metodología de la investigación de operaciones para atacar los diferentes problemas a que se enfrenta, puede ser dividida en los siguientes pasos:

1.- Formulación del problema.

En este caso se establecen los objetivos y las alternativas de acción.

2.- Construcción del modelo matemático.

El modelo de la expresión gráfica o matemática de la efectividad del sistema bajo estudio. Incluye el conjunto de variables sujetos o no a control y las restricciones a las variables expresadas por medio de ecuaciones.

3.- Derivación de la solución a partir del modelo, incluyendo la comprobación del modelo utilizado datos del pasado, o pruebas previas.

4.- Establecer los procedimientos.

La solución comprobada debe ser puesta en un conjunto de procedimientos fáciles de ser entendidos, operados y aplicados por el personal responsable del uso de los mismos.

#### CAMPOS DE APLICACION Y TECNICAS.

Las aplicaciones de la investigación de operaciones en la industria son muchas y muy variadas, tantas como la habilidad del grupo de investigadores puedan darle, pero podemos clasificarlas en las siguientes áreas :

| AREA                             | TECNICA.   |
|----------------------------------|--|
| a) Inventarios.                  | - Modelos de inventarios.  |
| B) Programaciones y Asignaciones | - Programación lineal, mg temática, programación no lineal, etc. |
| c) Tráfico y Distribución.       | - Teoría de colas.   |
| d) Competencia y Mercados.       | -Teoría de juegos o teoría de decisiones.                        |

Muchos problemas por la cantidad de cálculos, tienen que ser resueltos con ayuda de máquinas computadoras electrónicas.

#### Programación Lineal.

La programación lineal es una de las técnicas usadas en la investigación de operaciones que permite obtener un objetivo y como pueden ser: mínimo costo, máxima ganancia, mínimo tiempo, etc., empleando capacidades o recursos limitados y cuando existen varias tácticas y estrategias en el uso de los mismos.



Algunas de las muchas aplicaciones de esta técnica son:

- Programación de ordenes a un grupo de máquinas en función del tiempo de entrega y al mínimo costo de producción.
- Decidir la mejor localización de almacenes en un área, minimizando los costos de transporte.
- Minimizar costos de mantener el inventario.
- Decidir que partes deben ser compradas y que otras fabricadas para obtener la máxima ganancia, etc.
- Optimizar el uso de transportes y minimizar el costo de distribución de productos.
- Optimizar las rutas de agentes de ventas y obtener mayor beneficio de su aplicación de ventas.

#### METODO PARA RESOLVER PROBLEMAS DE PROGRAMACION LINEAL.

Cada método empleado para resolver problemas, de programación lineal requiere de un arreglo particular de los datos así como su propio proceso de cálculo. Los principales métodos usados son los siguientes:

##### 1.- Método Simplex

Su denominación conduce a error pues de hecho es el más complicado.

##### 2.- Método de distribución o transportes.

Fue desarrollado a partir del Simplex, es sencillo pero necesita de muchos cálculos y solamente es aplicable a determinado tipo de problemas.

3.- Método Modi.

Es una modificación al método de Distribución en el que se reducen los cálculos.

4.- Método Index.

Es el uso más sencillo y rápido.

Conclusión:

La programación lineal no está siendo muy utilizada -- para optimizar las decisiones del Control de Producción -- a causa de la falta de capacidad matemática de los jefes de dichos departamentos.

Otra dificultad que impide su difusión es la deficiencia de los técnicos científicos en el conocimiento de los problemas de las empresas, que trabajan en la aplicación -- de la programación lineal.

Con las aplicaciones prácticas que se han encontrado -- para las empresas, en un futuro se prevé que los jefes de la producción vayan aceptando estas técnicas y con la ayuda de máquinas computadoras podrán encontrar las soluciones óptimas de sus problemas.

ITINERARIOS ( RUTA DEL PROCESO).

El último fin de la actividad de planeación, y antes de pasar a la etapa de ejecución, es el de poder disponer de un programa detallado que nos indique para cada producto, parte, subensamble y para cada operación cuando se va a empezar, cuando se termina y donde.

Para llegar a este punto se requiere una serie de datos que es preciso recolectar o determinar, y que si bien su obtención puede ser responsabilidad de otra función de

la empresa, la integración de ellos para el plan general de trabajo es problema de departamento de control de producción.

Esta información complementaria se refiere a datos sobre el producto, los materiales, los procesos, las secuencias de operaciones y tiempo de las operaciones y según de importancia tal, según se trate de fabricación -- continua o intermitente.

A la función encargada de reunir la información pertinente al producto y al proceso se le llama "Itinerario" y se le define como la parte de la función que se encarga de concentrar la información relativa a las partes, - secuencia de las operaciones y transportes máquinas-herramientas y equipos que se emplearán para la producción de una pieza, producto o lote dados.

Analizaremos dentro de esta función las:

- listas maestras de partes o de materiales, y
- las secuencias de operaciones, también llamadas listas de operaciones, hojas de ruta, etc.

Ya que en estos documentos se encuentra la información de que hemos hablado.

#### LISTAS DE MATERIALES O MAESTRAS.

Su elaboración generalmente es responsabilidad del departamento de ingeniería del producto, ya que ha sido diseñado por ellos.

La lista de materiales para la fabricación en serie, es una lista maestra de referencias para conocer las necesidades de materiales y partes por unidad y no se utiliza para hacer pedidos.

En la fabricación por pedido la lista de materiales específica:

- La cantidad de piezas que se elaborarán y por lo tanto la cantidad total de cada uno de los componentes que se necesitan, las fechas en que se requerirán dichos materiales pudiendo servir en muchas ocasiones para hacer el pedido de partes y materiales.

Ver anexos 1 y 2

#### Hojas de Ruta o Itinerario.

En esta etapa de planeación lo que se busca, es --- analizar en detalle, como esta compuesto el producto, -- subdividiendolo en sus partes elementales para tener conocimiento de todas las partes y subensambles que se deberán producir y cuales son las características de cada una de ellas.

Todo este trabajo es indispensable para el siguiente paso de la labor preparatoria, que es el decir "como" se van a fabricar los productos, partes, y subensambles. Esta es una actividad que puede llegar a ser tan especializada, que requiere de un conocimiento bastante profundo sobre los procesos de manufactura, características de los materiales, conocimientos de la maquinaria, equipo y herramienta de balances de tipo económico.

Dependiendo de la organización y del tamaño de las empresas las hojas de itinerario o secuencia de operación las pueden elaborar:

- El departamento de Ingeniería de Procesos.
- El Jefe de Producción
- El departamento de Control de la Producción.
- El departamento de Ingeniería Industrial.
- El departamento de Ingeniería de Métodos.

Las hojas de itinerario deben contener la siguiente información:

- Símbolo o identificación de la pieza.
- Tamaño más económico del lote.
- Operaciones a ejecutar y ordenes que se realizan.
- Departamentos en que se ha de hacer el trabajo.
- Tipo de máquinas para cada operación.
- Tiempo que requiere cada operación.
- Preparaciones necesarias y tiempos de preparación.
- Inspecciones necesarias.
- Materiales cantidad, calidad.
- Herramientas y utensilios necesarios en cada operación.
- Alternativas de secuencias.

Puede además contener información de costos de cada operación costo de las preparaciones y designación de la mano de obra más convenientes para el trabajo que se trate.

Teniendo esta información el departamento de control de la Producción, ya está en posibilidad de elaborar la hoja de itinerarios como la que se muestra en el anexo 3.

Ejemplo de lista de material para un artículo por orden.

Manufacturera X, S.A.

LISTA DE MATERIALES.

Cliente \_\_\_\_\_  
 Pedido No. \_\_\_\_\_  
 Fecha de recibido \_\_\_\_\_  
 Fecha de entrega \_\_\_\_\_

Nombre de la pieza \_\_\_\_\_  
 Dibujo No. \_\_\_\_\_

Diseñado por \_\_\_\_\_  
 Revisado por \_\_\_\_\_  
 Aprobado por \_\_\_\_\_  
 Hoja \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ hojas.

| Parte No. | Descripción. | Compra o Fabricada. | Piezas por Unidad. | Total de Pzas. | Proveedor | Fecha Prometida. | Costo Unitario | Costo Total. | Dibujo No. |
|-----------|--------------|---------------------|--------------------|----------------|-----------|------------------|----------------|--------------|------------|
|           |              |                     |                    |                |           |                  |                |              |            |
|           |              |                     |                    |                |           |                  |                |              |            |



Manufacturera X, S.A.  
Hoja de itinerario.

Nombre de la parte \_\_\_\_\_

Hoja \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ hojas.

Utilizada en \_\_\_\_\_

Material \_\_\_\_\_

Lote Económico \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

| Operación No. | Descripción | Máquina No. | Dpto. | Herramientas ó Plantillas. | Tiempo de Preparación | Tiempo por Pza. | Piezas por Lote. |
|---------------|-------------|-------------|-------|----------------------------|-----------------------|-----------------|------------------|
|               |             |             |       |                            |                       |                 |                  |



## LAS CARGAS DE TRABAJO Y LA PROGRAMACION DE LA PRODUCCION.

### PROGRAMACION.

La programación es la determinación anticipada del lugar y del momento en que se debe iniciar cada una de las actividades de preparación o de ejecución necesarias para la fabricación de un artículo. Es fundamental que el programador cuente con todos los datos indispensables y que conozca el proceso de elaboración del artículo. Cuando se fabrique un número reducido de artículos, el conocimiento de cada una de las fases del proceso y de las máquinas en donde pueda fabricarse, así como de los operarios responsables, hasta cierto punto será sencillo y posiblemente sea suficiente con una simple lista. Cuando se elabora un gran número de artículos diferentes cuando se emplea un gran número de órdenes de trabajo, cuando se reciben muchos pedidos, cuando los procesos sean variables o cuando presenten características diferentes de uno a otro artículo, el problema será más completo y posiblemente no exista mente humana capaz de mantener y ordenar todos los elementos que intervienen en una planeación detallada, para lo cual deberá registrar los datos y poder así utilizarlos en la planeación.

El conocimiento más completo de los procesos fabriles, solamente es posible adquirirlo mediante un estudio detallado, para lo cual es recomendable la utilización de las técnicas de la ingeniería de métodos entre las cuales destacan los diagramas del proceso, que le permiten obtener una visión clara de la secuencia de las operaciones que son necesarias para transformar una materia prima en un producto terminado; de los lugares donde se realizan o deben realizarse las inspecciones; los puntos en donde ocurren demoras; de las cantidades y características de los materiales utilizados; y un elemento muy importante, de las alternativas posibles cuando existan interrupciones

en un proceso, ocasionadas por falla de la maquinaria - agotamiento de materiales o ausentismo del personal.

### LAS HOJAS DE ITINERARIO.

Ya sea utilizando estos diagramas o un análisis me nos sistemático, el programador necesita preparar lo que comunmente se denomina "Hojas de Itinerario", en las que además de los datos antes mencionados se incluye el tiem po concedido para cada operación, el tiempo de su prepa ración, la lista de las herramientas o equipos especiales que deban usarse, las tolerancias tanto de calidad como de ejecución en la operación y cualquier otra información pertinente.

Estas hojas de itinerario serán la base de la progra mación y además servirán para redactar las órdenes de tra bajo, las solicitudes de materias primas y materiales y - las de equipo especial.

Cuando se fabrican artículos cuyo diseño es exclusi vo de la empresa, para facilitar la comunicación puede in cluirse en la orden de producción datos de la hoja de iti nerario, pero esto no significa que puedan ser eliminados las hojas de itinerario, ya que estas contribuyen la in-- formación maestra de un proceso.

Si se cuenta con los datos de un pronóstico de pro-- ducción, con la información completa sobre los productos y los procesos a la vez se conocen las condiciones actua les de las cargas de trabajo en los talleres o departamen tos productivos, puede básicamente desarrollarse un pro-- grama de producción.

La información que la programación debe normalmente proporcionar es la siguiente:

A LA FABRICA:

- a) La lista de los artículos que deba fabricar.
- b) La secuencia de los procesos.
- c) La definición de las máquinas que deban ser utilizadas.
- d) La lista de las herramientas que deban ser empleadas.
- e) Los tiempos unitarios y totales de preparación y de fabricación.
- f) Las fechas previstas de iniciación y determinación.
- g) Las prioridades en la ejecución de las ordenes de producción.
- h) El volumen de los lotes económicos.
- i) La lista de los materiales.
- j) Las normas de calidad durante el proceso terminado.
- k) La cantidad esperada de desperdicio.

AL ALMACEN:

- a) La lista del material necesario.
- b) La cantidad requerida.
- c) Las fechas en que debe estar disponible.
- d) La lista de materiales alternativos.
- e) El nombre de los lugares en donde debe entregarse.

AL CONTROL DE LA CALIDAD:

- a) La fecha de iniciación y la de terminación de cada --  
operación.

El procedimiento para emitir esta información dependerá principalmente de la estructura de organización, aun que pueden descubrirse algunos principios o criterios. La información deberá ser procesada de tal manera que la gerencia de producción esté segura de que lo que producirá es lo solicitado y de que los medios de producción serán empleados de la manera más util para la empresa.

Una secuencia conveniente para el proceso de la programación es la siguiente:

- 1o. Determinar las partes componentes de los artículos a fabricar y mediante las hojas de itinerario predeterminar el tiempo necesario para la fabricación. Es decir, transformar para cada proceso las unidades físicas de producción en unidades de tiempo.
- 2o. Determinar la carga actual de trabajo de los departamentos o de los procesos, para fijar las fechas posibles de iniciación.
- 3o. Determinar las prioridades de la producción, de acuerdo con las necesidades (solicitudes a producción) y la disponibilidad del equipo, ya que salvo en la industria de proceso, el equipo se utilizará para producir distintos artículos en distintas cantidades y en tiempos diferentes.
- 4o. Determinar los lotes económicos de fabricación o bien las partidas en que se producirá el total.
- 5o. Determinar sucesivamente las fechas de terminación y las de iniciación de los lotes a producir.

Es aconsejable incluir el programa de mantenimiento preventivo en el programa de producción, ya que no deberá nunca planearse la utilización de una maquinaria si en ese mismo tiempo está planeado su paro para efectuar inspección o reparación de tipo preventivo o correctivo.

Para la programación de la producción, es conveniente utilizar todos los medios posibles que faciliten dicha tarea. Entre los medios más sencillos están las gráficas.

ficas, las que simplifican el problema y facilitan la interpretación de las diferentes situaciones.

Las gráficas más utilizadas para esta actividad son las gráficas de Gantt y las Gráficas Ortogonales. Estas proporcionan las ventajas de cualquier medio gráfico tales como:

- a) Mostrar simultáneamente el conjunto y los detalles.
- b) Proporcionar una visión clara y de conjunto de los diversos sucesos y de sus interrelaciones.
- c) Hacen resaltar claramente las anomalías, lo que facilita el trabajo de control.

LA GRAFICA DE GANTT.

Para construir la Gráfica de Gantt es necesario disponer de tantos renglones como máquinas o procesos que se desean programar.

En cada renglón se trazan líneas horizontales de longitudes proporcionales a los tiempos previstos para la ejecución de las tareas, indicando el principio, la duración y el final tanto de las operaciones como del ciclo de producción. Cada división representa tanto una cantidad de tiempo, como una cantidad de trabajo para realizarse en ese mismo tiempo. En la Fig. 4 - 1 se presenta un ejemplo simplificado.

DATOS INICIALES EN UN PROGRAMA DE PRODUCCION.

|              | LUNES | MARTES | MIERCOLES | JUEVES  | VIERNES. |
|--------------|-------|--------|-----------|---------|----------|
| MAQUINA<br>A | 40    | 60 100 | 80 180    | 80 260  | 80 340   |
| MAQUINA<br>B | 80    | 80 160 | 100 260   | 100 360 | 80 440   |

Figura 4 - 1

En los ángulos superiores izquierdos de cada día de la semana y para cada una de las máquinas, se anota la producción diaria esperada. En los ángulos superiores derechos de las cifras acumulativas para la semana.

Las cantidades producidas diariamente se representan mediante una línea delgada cuya longitud sea proporcional a la cantidad producida.

Supongase que lo realizado en la semana fué:

|   | MAQUINA A. | MAQUINA B. |
|---|------------|------------|
| L | 30         | 100        |
| M | 60         | 80         |
| M | 100        | 120        |
| J | 60         | 80         |
| V | 40         | 60         |

Esto se muestra en la Figura 4 - 2 .

PROGRAMA DE PRODUCCION Y DATOS REALES DEL DIA.

|           | LUNES        | MARTES           | MIERCOLES         | JULVES            | VIERNES          |
|-----------|--------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| MAQUINA A | 40<br> ----- | 60 100<br> ----- | 80 260<br> -----  | 80 260<br> -----  | 80 340<br> ----- |
| MAQUINA B | 80<br> ----- | 80 160<br> ----- | 100 260<br> ----- | 100 360<br> ----- | 80 440<br> ----- |

Figura 4 - 2 .

En la máquina A, el lunes la línea delgada representa el cumplimiento de únicamente el 75% de la meta programada.

El martes la línea abarca todo el espacio del día, para indicar que se cumplió con el programa en un 100% ,

ya que produjo las 60 piezas programadas.

El miércoles fueron producidas 100 piezas, pero como solo se habían programado 80, la producción sobrepasó en un 25% la meta fijada. Esto se representó mediante las dos líneas delgadas, una abarcando todo el espacio y la segunda únicamente el 25% del mismo.

Como se ve, los espacios representan cantidades -- iguales de tiempo, pero diferentes cantidades de trabajo.

Con el fin de conocer el avance del programa en períodos mayores, tales como la semana, se emplea la línea gruesa para producción acumulada, como se indica en la figura 4 - 3 .

PROGRAMA DE PRODUCCION, DATOS REALES DEL DIA Y  
ACUMULADOS.

|           | LUNES | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES  | VIERNES. |
|-----------|-------|--------|-----------|---------|----------|
| MAQUINA A | 40    | 60 100 | 80 180    | 80 260  | 80 340   |
| MAQUINA B | 80    | 80 160 | 100 260   | 100 360 | 80 440   |

Figura 4 - 3 .

Para la máquina A esta línea fué trazada de la manera siguiente:

La cifra acumulada al lunes es igual a la del día, - pues inicia la semana, por lo tanto la línea gruesa abarcará únicamente el 75% del espacio del lunes.

El martes, se produjeron 60 piezas, pero como el lunes tuvo un déficit de 10 piezas, éstas son cubiertas por la producción del martes, Por lo que puede decirse que la cifra del martes sólo se ha cubierto 50 piezas, es decir, el 83.5% de lo previsto.

El miércoles se produjeron 100 piezas, 125% de lo -- previsto, pero como el martes quedó un déficit de 10 piezas ( que sirvieron para cubrir el faltante del lunes) -- que deberán ser cubiertas por la producción del miércoles quedando entonces para este día únicamente 90 piezas. Como la carga del día era de 80, se tendrán 10 de exceso -- que cubre parte de la cuota del jueves por lo que la línea gruesa parte del 83.5% del martes y termina en el 12.5% - del jueves.

Al terminar el miércoles ya se encuentra con un adelanto en el programa (10 piezas ó 12.5 de la producción esperada para el jueves).

El jueves se produjeron 60 de las 80 previstas, pero como el miércoles se pasaron 10 piezas, el atraso a este día es de únicamente 10 piezas, por lo que la línea gruesa acumulada termina en el  $(10+60 \div 80 \times 100) = 82.5\%$  -- del jueves.

El viernes sólo se produjo 40 de las 80 previstas, - como faltaron 10 para cubrir el acumulado hasta el jueves la producción efectiva para el viernes fué de 30 piezas, - es decir  $(40 - 10 \div 80 \times 100) = 37.5\%$ . Por lo que la línea acumulada de la semana termina en ese punto denotando un atraso de 50 piezas en total o sea el  $(100-37.5\%) = 62.5\%$  de la producción esperada para el viernes.



ORDEN OPTIMO DE FABRICACION CON SECUENCIA FIJA,  
CUANDO NO HAY TRASLAPE DE OPERACIONES.

En los casos en que la transformación de una materia prima requiera más de un paso u operación y ésta se realice en lotes completos, los tiempos estimados para su transformación generalmente dependerán de las características de dichos materiales..

z Por lo tanto, si la secuencia se fija y las características del proceso obligan a terminar la primera operación antes de iniciar la segunda, el tiempo total de un proceso será simplemente la suma de los tiempos parciales de las operaciones.

Cuando se ordena varios trabajos, con una secuencia fija común pero con tiempos diferentes por las características propias de cada trabajo, se encuentran que el tiempo total del proceso dependerá de la forma en que se ordenan dichos trabajos.

Supóngase que los trabajos señalados en la fig.4 - 4 tengan que ser realizados en dos máquinas o procesos diferentes.

TRABAJOS POR REALIZAR.

| ORDEN No. | TIEMPO DE PROCESO. |           |
|-----------|--------------------|-----------|
|           | MAQUINA X          | MAQUINA X |
| 1         | 3                  | 6         |
| 2         | 7                  | 2         |
| 3         | 4                  | 7         |
| 4         | 5                  | 3         |
| 5         | 7                  | 4         |

Figura 4 - 4 .

Si esta serie de trabajos, se realizan simplemente-tomando en cuenta el orden numérico progresivo, el resultado final sería el mostrado en la figura 4 - 5. -

PRIMER PROGRAMA OBTENIDO.

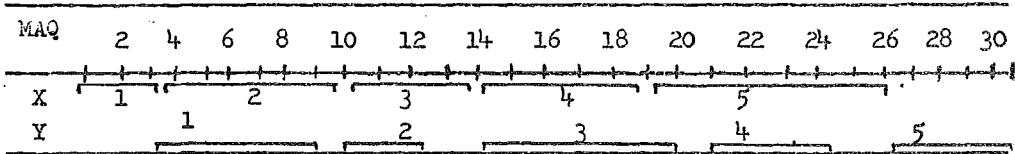


Figura 4 - 5 .

Con el fin de optimizar el programa existe una regla muy simple:

- a) Si el tiempo mínimo de los trabajos se encuentra en el primer proceso, este trabajo se programa primero. Si se encuentra en el Segundo proceso, se programa como último trabajo a realizar.
- b) Con los trabajos restantes se repite el método cuantas veces sea necesario.

Como en este ejemplo el valor mínimo es 2 y se encuentra en la máquina "Y", se le programa para que sea el último en realizarse.

El siguiente valor mínimo se encuentra en la máquina "X" por lo que será el primer trabajo a realizar. El siguiente valor mínimo es 4, y se encuentra en la máquina "Y", por lo que el trabajo se programa como penúltimo. Se procede así sucesivamente hasta terminar la programación. En este caso el orden asignado a los trabajos fué 1-3-5-4-2. Gráficamente se muestra ésto en la figura 4 - 6 .

PROGRAMA MEJORADO.

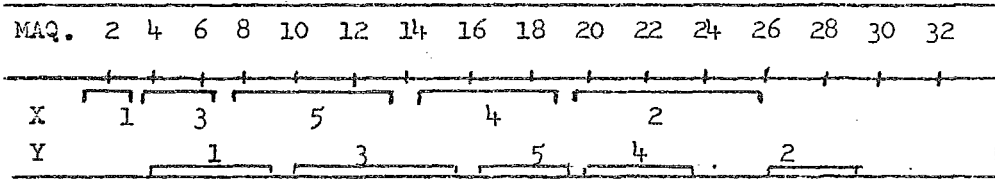


Figura 4 - 6 .

Con lo que el tiempo total de proceso de estas órdenes se redujo en dos días.

Con un método similar se obtiene el tiempo óptimo para el proceso en tres máquinas, con la condición de reducir a dos columnas los tiempos de los tres procesos, es decir, sumando los tiempos de X + Y ó Y + Z, siendo Z la tercera máquina.

Para más máquinas no hay solución de tipo general y sólo quedará como válido el principio, de que "el ordenamiento que hace mínimo el tiempo ocioso en la última máquina es el óptimo para el proceso total".

ORDEN OPTIMO DE PROGRAMACION CON SECUENCIA FIJA CUANDO HAY TRASLAPE DE OPERACIONES.

Con mucha frecuencia no es necesario esperar a la terminación de la primera operación en todos los materiales de una orden, para poder iniciar la segunda y subsecuentes operaciones, como sucede en las industrias que producen en línea o que manejan lotes de dos o más piezas, constituyente de una orden total.

El tiempo total de producción de una orden depende del volumen de los lotes que se manejan y de la forma que se traslapen o anticipen las operaciones posteriores de acuerdo con la secuencia fija de proceso.

Supóngase que se debe programar un pedido de 1000 - tornillos especiales que requieren para su producción de un ajuste muy singular en cada una de las cuatro máquinas que constituyen un proceso. Los tiempos de operación y preparación se encuentran en la Fig. 4 - 7 .

TIEMPOS DE OPERACION Y DE PREPARACION.

| Operación<br>No. | Tiempo de<br>Operación<br>(Horas) | Tiempo de<br>Preparación<br>(Horas) |
|------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 1                | 20                                | 1                                   |
| 2                | 10                                | 5                                   |
| 3                | 30                                | 1                                   |
| 4                | 20                                | 1                                   |

El tiempo de transporte de una operación a la otras es despreciable.

Figura 4 - 7 .

Si el proceso se realiza transportando el lote completo de 1000 piezas de una a otra operación el tiempo total sería de 88 horas.

Si se manejan lotes de 500 piezas es decir si al -- terminar las primeras 500 en la operación número 1 estas se envían a la segunda y así sucesivamente, el tiempo total del proceso varía disminuyéndose. La forma gráfica de obtención del resultado se basa en las siguientes reglas:

Si una operación es más lenta que la anterior se le deberá programar a partir del momento en que se recibe el primer lote trazando hacia la derecha la línea continua que represente el tiempo total de la operación.

Si una operación es más rápida que la anterior se le deberá programar de atrás para adelante es decir a la hora de terminación del último lote en la operación anterior se le suma el tiempo que se requería en la operación que se programa para proceder a este lote y a partir de ese punto se traza hacia la izquierda la línea continua que representa el tiempo total de producción. Si se procede de esta manera, el tiempo total del proceso será de 61 horas lo que significa un ahorro de 27 horas como se muestra en la figura 4 - 8 .

SOLUCION GRAFICA CON LOTES DE 500 PIEZAS.

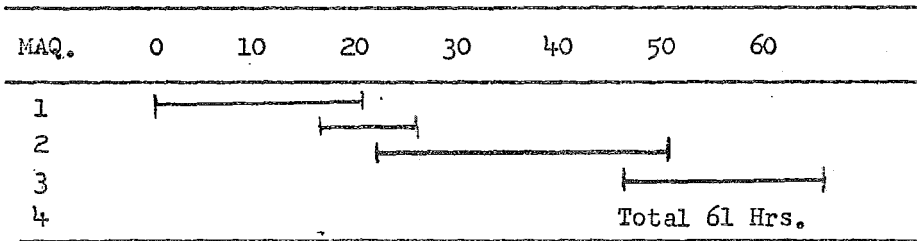


Figura 4 - 8 .

Si en lugar de transportar lotes de 500 piezas se -- transportarán lotes de 100 piezas se reduce aún más el -- tiempo total, como se muestra en la figura 4 - 9 .

SOLUCION GRAFICA CON LOTES DE 100 PIEZAS.

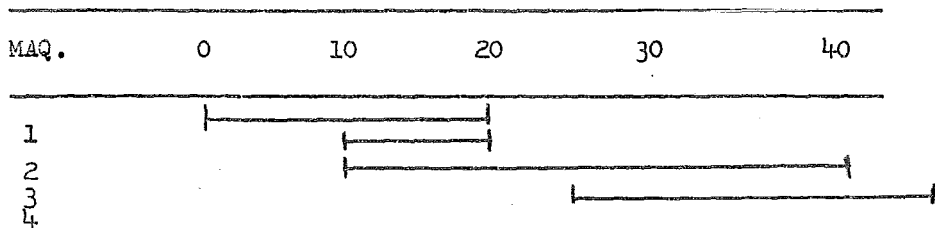


Figura 4 - 9 .

LA GRAFICA ORTOGONAL O CARTESIANA.

Las unidades de tiempo se representan en las abscisas y las cantidades de producción en las ordenadas. La curva o la recta que represente el programa acumulado en la fabricación y la curva o recta de lo realizado, se trazan en el plano limitado por las coordenadas.

La producción esperada, se representa por una línea - que parte del punto que indica la fecha prevista de iniciación y termina en otro punto que representa la cantidad esperada de producción, coincidiendo con la fecha prevista de terminación.

Dado que sus principios son muy simples su empleo -- queda aclarado al resolver el mismo ejemplo de la figura 4-3 como se indica en la gráfica de la figura 4 - 10 .

Este tipo de gráficas es recomendable para la industria de proceso o para aquellas en las que sus lotes de producción sean de tal magnitud que ocupen períodos mayores de dos semanas.

Son muy útiles para identificar las tendencias de la producción ya que la pendiente de las rectas representa la velocidad de producción y como de preferencia se usan para registrar cifras acumulativas, es bastante sencillo identificar problemas futuros.

PROGRAMA DE PRODUCCION Y REALIZACION  
DE LA MAQUINA "A"

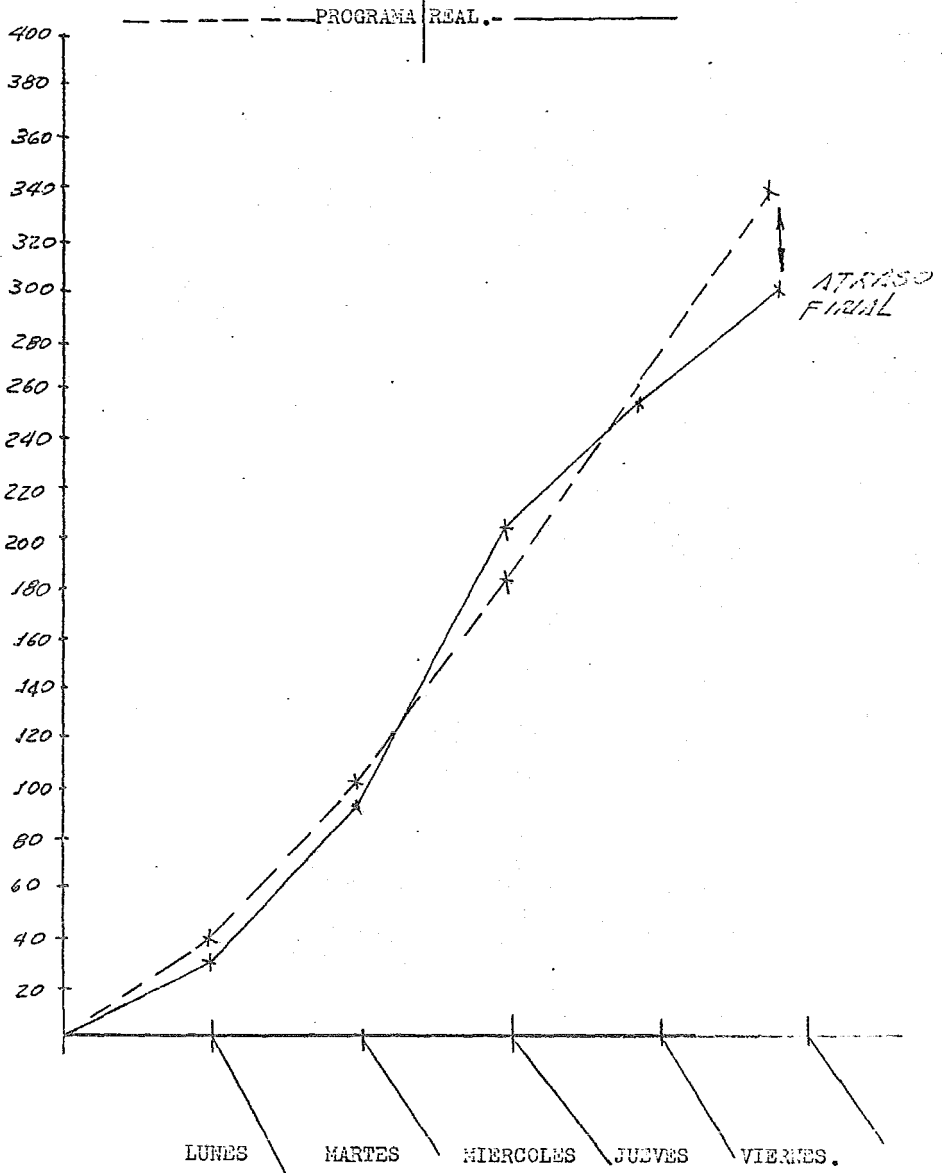
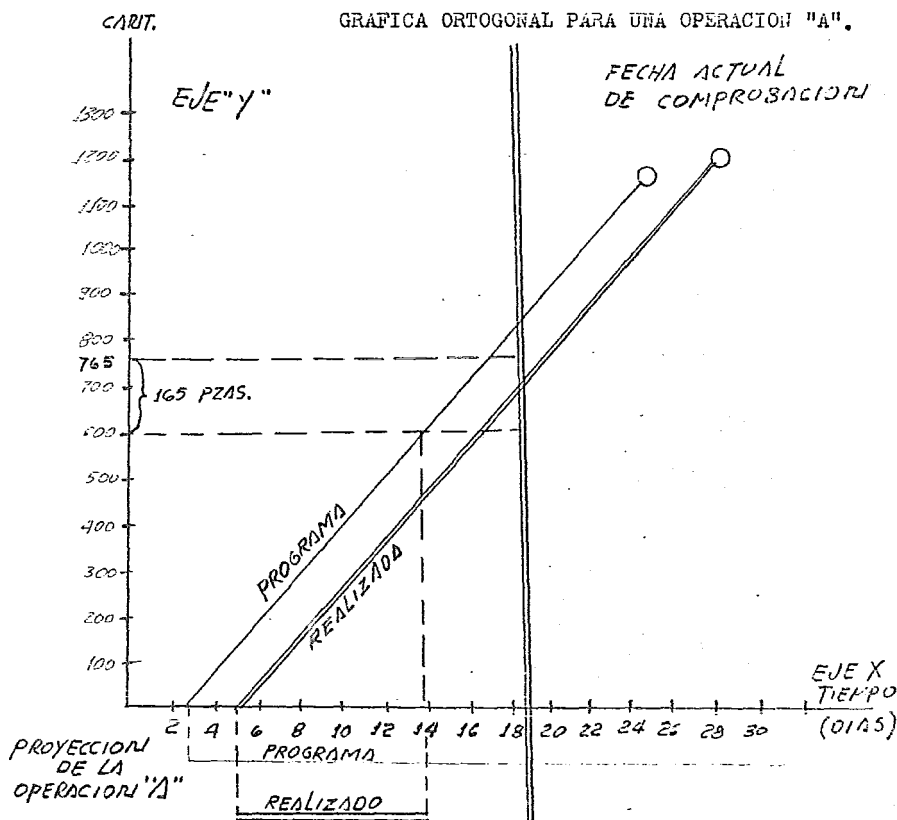


Figura 4 - 10

Al trazar las realizaciones, es fácil ver por simple lectura cual es el avance o el retraso de la producción - real sobre la teórica y será posible tomar la acción adecuada con anticipación.

La proyección de las líneas trazadas, sobre líneas - paralelas al eje de las "X" permite reconstruir las gráficas ortogonales en gráficas lineales que pueden superponerse de tal forma que solo se vea el margen inferior.

De la misma forma que hemos construido la gráfica ortogonal para una operación, podemos hacerlo "n" piezas con multiples operaciones.





## EJECUCION Y CONTROL.

Un buen pronóstico de producción puede ser desaprovechado a causa de una mala programación. Toda fábrica depende de una buena programación para su funcionamiento eficiente, pero de nada serviría la mejor programación si no se pone en marcha el trabajo. Las funciones encargadas de hacerlo son las funciones que hemos llamado de ejecución y control.

Sus faces principales son:

### DESPACHO.

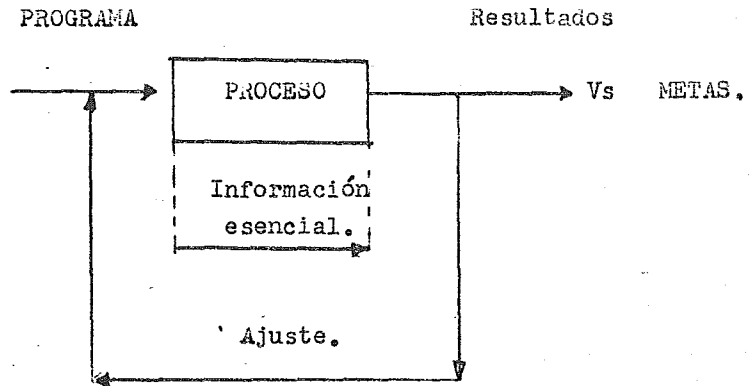
Que se ocupa fundamentalmente de emitir las ordenes para que los responsables de realizar el trabajo sepan cuando deben hacerlo y cuenten con las herramientas, materiales, planes, equipo, etc. necesarios para ejecutarlo. En una palabra si ocupa de poner en marcha el trabajo sirviendo de eslabón directo entre control de producción y producción.

### RETRO INFORMACION.

Cuya misión es la de transmitir a Control de producción y a otros departamentos tales como nómina, costos, etc. información de control relativa al proceso, productivo, aprovechando los mismos canales utilizados para el despacho y la supervisión de los trabajos (comunicación de abajo hacia arriba).

Esta función se emplea para balancear la producción. Implica la reunion de los datos referentes a las actividades en ejecución y compararlas con los programas y ordenes originales y tomar medidas para hacer que esté de acuerdo lo que entra con lo que sale de producción.

PROGRAMA.



Control

Toma las acciones necesarias para ajustar el proceso productivo de manera que los resultados de la producción estén de acuerdo con los programas.

Las acciones de control pueden ser de dos tipos:

- a) De aceleración: Cuando es necesario colaborar con producción apresurando dentro o fuera de la planta ciertos pedidos.
- b) De ajuste: Cuando es necesario cambiar los programas establecidos por cambios imprevistos. Dichos cambios pueden deberse a rediseños forzosos, aumentos, disminuciones o cancelaciones de pedidos por parte de los clientes, crisis económicas etc. El ajuste equivale a una reprogramación.

DESPACHO.

Son funciones de despacho:

- 1.- Preparar las órdenes de trabajo para cada una de las partes, subensambles y ensambles de acuerdo con el programa.

- 2.- Preparar los vales de almacén y autorizaciones de traslado de materiales al lugar de trabajo.
- 3.- Emisión de vales para que las herramientas, plantilla, accesorios, calibres etc, estén listas en el lugar de trabajo.
- 4.- Vigilar que el trabajo proveniente de otros departamentos o talleres haya llegado cuando estaba programado.
- 5.- Avisar a inspección de trabajos en curso a fin de que las partes sean examinadas de acuerdo con las normas establecidas.
- 6.- Asegurarse que una vez terminados los trabajos en un departamento pase al siguiente:

#### DOCUMENTOS USADOS EN EL CONTROL DE LA PRODUCCION.

El diseño de las formas de papelería usadas en el Control de producción así como el número de copias, varía según las necesidades específicas de cada empresa.

Normalmente para la operación se necesitan los siguientes impresos:

- Vale de almacén por materiales.
- Vales de disposición de materiales (traslado)
- Vales para planes, herramientas, plantillas etc.
- Fichas de devoluciones.
- Formas de entrega de material a los almacenes.
- Ordenes de trabajo para cada parte, subensamble y ensamble.
- Formas para el reporte del avance o término del trabajo.
- Otras formas de acuerdo con las necesidades de la empresa.

# CAPITULO 12

## METODO DEL CAMINO CRITICO.

En lo referente a planeación y programación se ha elaborado un método relativamente nuevo y cuyos orígenes datan de 1957, año en el cual se desarrolló en forma simultánea en los Estados Unidos en el Departamento de la Armada con la técnica llamada PERT, aplicando métodos matemáticos y probabilísticos y por otro lado y por caminos diferentes las firmas americanas Du-Pont y Remington Rand Company, con una técnica similar que denominaron -- C.P.M. (Critical Path Method, o sea Método del Camino -- Crítico).

Estos sistemas y en especial el de Camino Crítico han tenido una calurosa acogida en el mundo entero debido a su facilidad de adaptación para proyectos cuya gama fluctúa desde los más pequeños hasta los más grandes.

En México se puede considerar relativamente nuevo ya que su utilización formal empezó en 1960 - 1961, principalmente en obras de construcción como han sido la Central Hidroeléctrica de el Infiernillo, la Unidad Nonoalco, ampliación del paseo de la reforma etc.

## QUE ES EL CAMINO CRITICO.

El método de Camino Crítico es un proceso lógico y racional de planeación, programación y control de todas las actividades inherentes a un determinado proyecto -- que deberá desarrollarse en un tiempo  $x$  y con el costo-mínimo posible.

Esta técnica nos permite conocer en una forma clara los tiempos en que podemos desarrollar las diferentes actividades competentes de un Proyecto, así como las holguras (o tiempos disponibles), con que podemos con--

tar en algunas actividades, los costos para los diferentes tiempos en que se pueden realizar el proyecto en función de los recursos de que disponemos y también conocer si adelantamos o atrasamos el tiempo, de desarrollo de las actividades durante la ejecución del proyecto y, por lo tanto poder tomar decisiones sobre si hay que acelerar o retardar los diferentes trabajos.

#### METODOLOGIA DEL CAMINO CRITICO.

Para aplicar el método del Camino Crítico en toda su amplitud debemos considerar los siguientes pasos o etapas:

##### 1.- ETAPA DE PREPARACION.

###### 1-1 Planeación.

1-1 a. Lista de Actividades componentes.

1-1 b. Secuencia en la ejecución de actividades.

###### 1-2 Programación.

1-2 a. Determinación de los tiempos para cada actividad.

1-2 b. Construcción de la red o gráfica de flechas.

1-2 c. Cálculo de las holguras y del tiempo total de ejecución.

1-2 d. Cálculo de los costos.

1-2 e. Análisis de los recursos (personal, equipo, materiales, etc.)

1-2 f. Cálculo de las diferentes duraciones del proyecto con sus respectivos costos.

1-2 g. Ajustes.

##### 2.- ETAPA DE EJECUCION Y VALUACIONES.

2-1 Ordenes de Ejecución.

2-2 Reportes de avances.

2-3 Análisis de los reportes.

2-4 Decisiones.

2-5 Ajustes.

Para proceder dentro de la etapa de preparación a la planeación, el encargado de elaborar el Camino Crítico, deberá familiarizarse con el proyecto, con los medios para realizarlo y con los recursos disponibles.

Después de lo anterior se procede con la asesoría del encargado del proyecto, de alguien que esté interiorizado de éste o de los encargados de las diferentes secciones del mismo proyecto, a elaborar una "Lista de Actividades". El grado de detalle en estas listas dependerá de las necesidades del proyecto general.

Se elabora con dicha lista de actividades una "Tabla de secuencia" o también se puede utilizar una "Matriz de secuencias". A continuación se cita un ejemplo sencillo para aclarar los conceptos.

**EJEMPLO:**

Se solicita la reparación de un automóvil con la siguiente orden de trabajo:

- Reparación del motor.
- Cambiar vestidura.
- Hojalatería y Pintura.
- Cambiar molduras.
- alinear ruedas.
- Sopletear motor.

Con el encargado del taller quién conoce a fondo el trabajo y de los recursos de que dispone, se procede a elaborar una lista de actividades.

- a) Orden de Iniciación del trabajo.
- b) Arreglar el motor.
- c) Retirar vestidura vieja.
- d) Hacer vestidura nueva.

- e) Colocar vestidura nueva.
- f) Hojalatería.
- g) Pintura.
- h) Alineación de Ruedas.
- i) Limpieza general.
- j) Adquirir molduras.
- k) Colocar molduras.
- L) Sopletear motor.
- m) Inspección.

Se elabora la matriz de secuencia y antecedentes.

| ACTIVIDADES.             | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a) Orden de Iniciación   | X | X | X |   |   | X |   |   |   | X |   |   |   |
| b) Arreglar Motor.       |   |   |   |   |   |   |   | X |   |   |   |   |   |
| c) Retirar vest. vieja   |   |   |   |   |   | X |   |   |   |   |   |   |   |
| d) Hacer vest. nueva.    |   |   |   | X |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| e) Colocar vest. nuéva.  |   |   |   |   |   |   | X |   |   |   |   |   |   |
| f) Hojalatería.          |   |   |   |   |   |   |   | X |   |   |   |   |   |
| g) Pintura.              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| h) Alineación de ruedas. |   |   |   |   | X |   |   |   |   |   | X |   |   |
| i) Limpieza general.     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | X |   |
| j) Adquirir molduras.    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | X |
| k) Colocar molduras.     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | X |
| L) Sopleteado.           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | X |   |
| m) Inspección.           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | X |   |   |

El orden de secuencia en que deberán ser ejecutadas las actividades se obtiene por medio de la tabla de secuencia elaborada con la ayuda del encargado del taller o persona conocedora del trabajo por realizar.

Cuando las actividades sean muy numerosas, podemos utilizar en lugar de la tabla una "MATRIZ DE SECUENCIAS", La elaboración de esta Matriz requiere también de la ayuda del encargado del taller.

Para fines de ejemplo, lo utilizaremos en este caso.

MATRIZ DE SECUENCIAS.

| ACTIVIDADES | POSTERIORES | OBSERVACIONES. |
|-------------|-------------|----------------|
| Cero        | a           | Iniciación     |
| a           | b,c,d,f,j.  | Simultáneas    |
| b           | h           |                |
| c           | g           |                |
| d           | e           |                |
| e           | m           |                |
| f           | g           |                |
| g           | e,k         |                |
| h           | l           | Final          |
| i           | -           |                |
| j           | k           | pedido urgente |
| k           | m           |                |
| l           | m           |                |
| m           | i           |                |

Tanto la tabla de "Secuencias y Antecedencias" como la "Matriz de Secuencias" se puede arreglar en la forma que resulta más comoda de manejar por el técnico que está programando las actividades, toda vez que la finalidad de éstas es solamente ayudar a visualizar el programa general y nunca y nunca el camino obligado a seguir.

NOMENCLATURA:

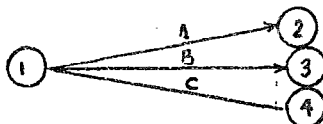
Auxiliándose de las herramientas anteriores ("Tabla o Matriz de secuencias") procedemos a elaborar la red o gráfica de flechas para lo cual debemos considerar las siguientes normas:



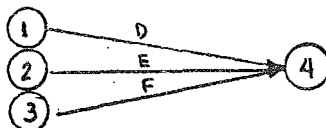
- Una actividad o rama dirigida se representa con una flecha que tiene como origen un nudo y cuyo término es otro nudo.



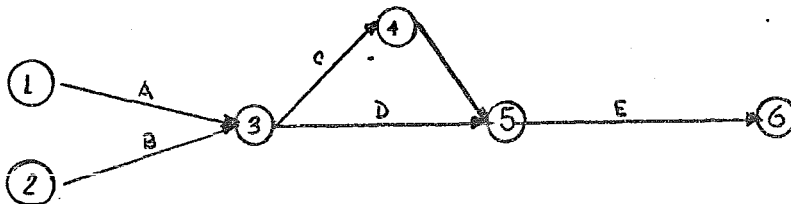
- Cuando existan varias actividades o ramas que pueden iniciarse simultáneamente, se representa con flechas cuyo evento inicial es el mismo.



- Cuando existen varias actividades que pueden terminar se simultáneamente, se representan con flechas cuyo evento final es el mismo.



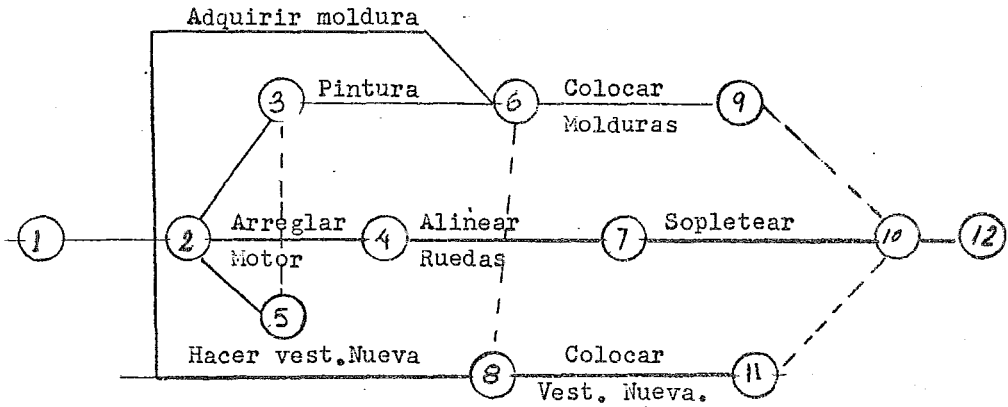
- Cuando queremos indicar que una o varias actividades no se pueden iniciar hasta no haber terminado otras, se utiliza una actividad "ficticia" o de "liga".



RED.

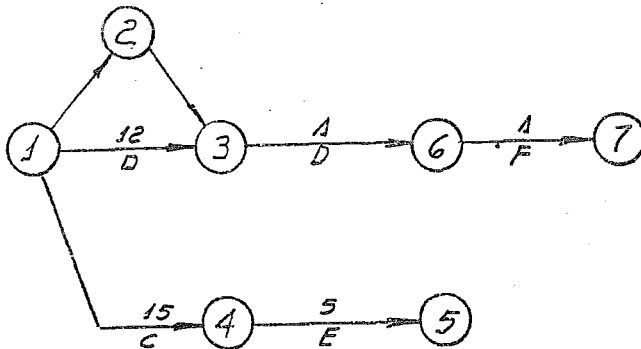
La gráfica de flechas o red, es una gráfica "dirigida" de todas las actividades componentes de un proceso productivo y que indica la secuencia de las mismas.

Utilizando el mismo ejemplo de la reparación de un automovil construiremos una red;

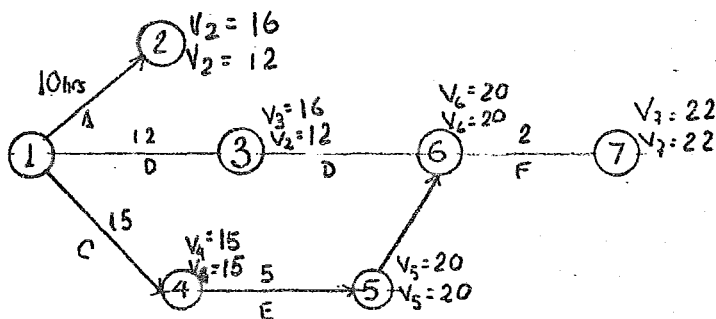


TIEMPOS:

Con la ayuda de personas conocedoras del trabajo, se procede a fijar los tiempos de duración de cada actividad en horas, días, meses, etc. dependiendo de las necesidades del problema. Estos lapsos comunmente se colocan en la parte superior de la actividad a que corresponde.



Considerando la fecha de iniciación como "cero" encontramos los tiempos de terminación más próximos con respecto al evento inicial, que representamos por "V" así como - los tiempos de iniciación mas lejanos con respecto al evento final y que representamos con "V" refiriéndonos a la -- ilustración anterior, tendremos el siguiente ejemplo:



HOLGURAS.

Si denominamos "Vij" a la duración de una actividad, podemos proceder al cálculo de las holguras existentes y- que son tres tipos.

1.- Holgura Total (Ht)

$$Ht = V_j - (V_i + Y_{ij})$$

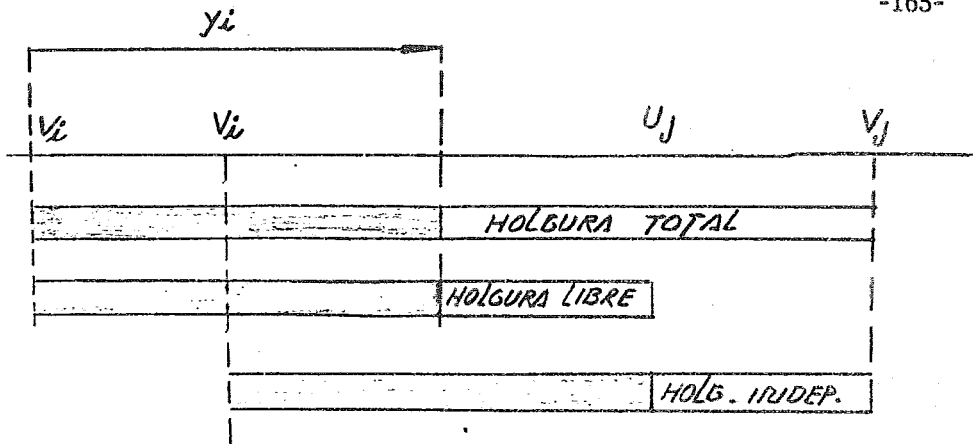
2.- Holgura Libre (Hl)

$$Hl = U_j - (V_i + Y_{ij}).$$

3.- Holgura Independiente. (Hi)

$$Hi = U_j - (V_i + Y_{ij}).$$

Una representación gráfica de lo anterior, sería así:

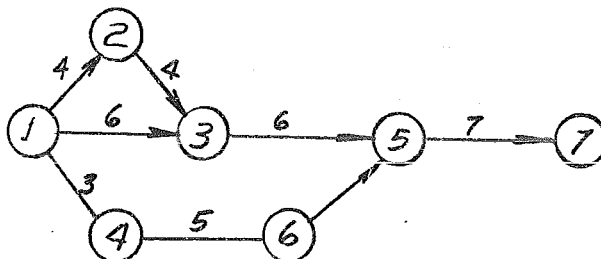


TRAYECTORIA CRITICA.

Obteniendo las duraciones de las diferentes actividades de un proceso productivo, podemos definir los tiempos- $U$  y  $V$  y por consiguiente las holguras de las actividades - componentes del mismo.

Se denomina "Trayectoria Crítica", "Ruta Crítica" ó-- "Camino Crítico", al conjunto de actividades cuya holgura-total ( $H_t$ ) es nula, y estas actividades componentes de la trayectoria crítica se conocen como actividades críticas.

Refiriéndose a la gráfica anterior, se indica con línea gruesa la ruta crítica, así como las actividades componentes.



Ya construida la red y conociendo la duración de sus actividades, podemos hacer el cálculo de la "Tabla de - -

tiempo", para todas las actividades componentes del proceso productivo.

TABLA DE TIEMPOS.

| ACTIVIDAD.  |           | Y <sub>ij</sub> | U <sub>i</sub> | V <sub>i</sub> | U <sub>j</sub> | V <sub>j</sub> | H <sub>t</sub> | H <sub>l</sub> | H <sub>i</sub> | H <sub>t</sub><br>Y <sub>ij</sub> | Importancia. |
|-------------|-----------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------------|--------------|
| DESCRIPCION | NUDOS     |                 |                |                |                |                |                |                |                |                                   |              |
| A           | 1-2 (2-3) | 10              | 0              | 0              | 12             | 16             | 6              | 2              | 2              | 0.6                               | 5a.          |
| B           | 1-3       | 12              | 0              | 0              | 12             | 16             | 4              | 0              | 0              | 0.33                              | 4a.          |
| C           | 1-4       | 15              | 0              | 0              | 15             | 15             | 0              | 0              | 0              | 0                                 | 1a.          |
| D           | 3-6       | 4               | 12             | 16             | 20             | 20             | 4              | 4              | 0              | 1                                 | 6a.          |
| E           | 4-5(5-6)  | 5               | 15             | 15             | 20             | 20             | 0              | 0              | 0              | 0                                 | 2a.          |
| F           | 6-7       | 2               | 20             | 20             | 22             | 22             | 0              | 0              | 0              | 0                                 | 3a.          |

Para determinar la importancia de la actividad o su "pendiente" se obtiene la relación de H<sub>t</sub> con respecto a la duración Y<sub>ij</sub> y la más importante será la que tenga la relación "cero" y decrecerá la importancia conforme aumenta su valor.

Las actividades, sus duraciones y sus holguras se pueden representar para ayudar a tomar decisiones, por medio de una gráfica de Gantt o "diagrama de barras".

Ejemplo:

| ACTIVIDAD.   |          | HORAS, DIAS, ETC.    |   |   |   |    |    |    |                      |    |    |    |    |    |  |
|--------------|----------|----------------------|---|---|---|----|----|----|----------------------|----|----|----|----|----|--|
| Descripción. | Nudos.   | 2                    | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16                   | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 |  |
| A            | 1-2(2-3) | ████████████████████ |   |   |   |    |    |    |                      |    |    |    |    |    |  |
| B            | 1-3      |                      |   |   |   |    |    |    |                      |    |    |    |    |    |  |
| C            | 1-4      | ████████████████████ |   |   |   |    |    |    |                      |    |    |    |    |    |  |
| D            | 3-6      |                      |   |   |   |    |    |    | ████████████████████ |    |    |    |    |    |  |
| E            | 4-5(5-6) |                      |   |   |   |    |    |    |                      |    |    |    |    |    |  |
| F            | 6-7      |                      |   |   |   |    |    |    |                      |    |    |    |    |    |  |

Act. Crítica

Act.no crítica.

Holgura Total.

## CONCLUSIONES

Al preparar esta tesis, he adoptado un plan general, que pienzo permite incluir gran parte de material nuevo en forma de que sea comprensible para todos mis compañeros.

El delineamiento general en cuatro partes induce una base en los métodos analíticos desde el principio de la tesis de manera que los amplios campos de problemas de diseño, operación y control de sistemas, pueden basarse en los métodos analíticos. Bajo ésta estructura, creo que he podido escribir los capítulos de ésta tesis que tratan sobre problemas de las áreas de producción, sin complicar mucho o simplificar demasiado el material que se recibe de las ciencias tales como la Administración, la Ingeniería Industrial y la Investigación de Operaciones.

En las secciones iniciales de la tesis se expone una definición más o menos amplia de la producción que han utilizado algunos textos sobre ésta materia.

En conclusión ésta tesis se especializa en el aspecto económico de la producción, reconociendo otras áreas especializadas e importantes, tales como :

Gerencia General y organización, el personal, las relaciones humanas y las relaciones industriales.

La tesis puede reconocer mejor éstos campos suponiendo que se explican dentro de las asignaturas de tipo administrativo en la facultad.

Anexo a éstas conclusiones un cuestionario práctico que ha mi juicio nos permite hacer una evaluación real de la situación de nuestra planta.

Prueba para el Control de Inventarios y Producción obtenida de La Revista de la Asociación para el Control de la Producción, Inventarios y Servicios (A.P.I.C.S.)

Preparado por G. Jerome Tabern miembro de ésta Asociación y Director de A.T. Kearney Co Chicago.

Prueba para evolución de eficiencias en la producción e inventarios:

TIPO DE INDUSTRIA.

PESADA

LIGERA

PROCESO

ENSAMBLE

FABRICACION

ENSAMBLE Y FABRICACION

OTRA (Indíquela)

TAMAÑO DE LA PLANTA (Obreros)

Menos de 200

200-500

501-1000

CANTIDAD DE PERSONAL EN LOS DEPARTAMENTOS DE CONTROL DE LA PRODUCCION E INVENTARIOS (Personas)

Menos de 5

5-10

11-20

21-50

I.- Control de Servicios a Clientes:

1.- En que basa su tiempo de entrega

a).- Inmediata

b).- Promesa de Entrega

c).- De acuerdo con la Competencia.

2.- En el caso anterior cuál es su meta ( 1 )

a).- Ud. la alcanza

b).- Cual es el margen que se dá Ud. para cumplirle (días)

3.- Mantiene informados a sus clientes

4.- Ha estado usted mal por exceso de Ventas o por inventarios escasos

- 5.- Sabe Ud. El costo de una venta perdida
- 6.- Desea su empresa una buena reputación por servicio
- 7.- Está su servicio de acuerdo y en buena orden de -  
Clientes
- 8.- Le conviene a Ud. orden de Ventas urgentes o pre-  
ferentes

## II.- CONTROL DE PLANEACION DE LA PRODUCCION

- 1.- Participa Ud. en la preparación de los pronosti-  
cos de Venta.
- 2.- Establece Ud. los niveles de Producción
- 3.- Está Ud. Preparado y tiene en su mano las lineas  
criticas de sus máquinas
- 4.- Tiene Ud. una reciente información (no más de un-  
Año) del plan más economico para la producción
- 5.- Tiene Ud. un horario normal de su trabajo
  - a).- Lo alcanza
- 6.- Tiene Ud. programados los diferentes pasos
  - a).- Ingeniería
  - b).- Ingeniería Industrial
  - c).- Herramental

## III.- CONTROL DE INVENTARIOS Y NIVELES DE ALMACEN.

- 1.- Tiene en sus inventarios niveles de metas determi-  
nados por:
  - a).- Opinión Ejecutiva
  - b).- Conciderando los gastos
  - c).- Empleando Niveles estacionales de fluctuacion
  - d).- De acuerdo a la planeación de la producción
  - e).- Reordenando su punto de lote optimo
  - f).- Calculando sus óptimos inventarios
  - g).- Rotación de Inventarios
  - h).- Otro sistema Calculos (Indiquelos)
- 2.- Alcanza sus metas de Inventario.



- 3.- Considera su inventario balanceado
- 4.- Tiene Ud. datos sobre la relación de partes activas e inactivas de su almacén
- 5.- Ud. sabe el riesgo de agotamiento y trata de mejorarlo
- 6.- Conoce la actual frecuencia de agotamiento - en targeta
- 7.- Cual es su requerimiento para la eficiencia en sus tiempos de ventas (%)
- 8.- Sabe cual es su meta requerida
- 9.- Tiene un control selecto de proveedores
- 10.- Está Ud. tomando una acción correcta para sus proveedores en :
  - a).- Rápido embarque
  - b).- Embarque lentos
  - c).- Sobre pedido
- 11.- Revisa Ud. sus tiempos de entregas contra uso regularmente
- 12.- Tiene en cuenta las compras que le pueden cambiar su precio para considerarlás en el control de la producción.
- 13.- Tiene espacio de almacén necesario
- 14.- Sus areas de almacén están separadas y limpias
- 15.- Tiene usted por separado en el almacén e identificados:
  - a).- Material rechazado
  - b).- Devoluciones
  - c).- Artículos en movimiento
  - d).- Artículos absolutos.
  - e).- Almacenamiento
  - f).- Material de no almacén normal

#### IV.- CONTROL DE COSTOS DE PRODUCCION POR OPERACION

- 1.- Cual es su meta de eficiencia de producción (%)
  - a).- La cumple

- 2.- Uso de mano de obra
  - a).- Recibe reportes regulares
  - b).- Con rendimiento optimo
- 3.- Uso de Máquinas
  - a).- Recibe reportes regulares
  - b).- Con rendimiento optimo
- 4.- Contribuye la programación a el mayor rendimiento.
- 5.- El control de la producción estudia el costo de preparación
  - a).- Este es optimo
- 6.- Reporta Ud. Cuales son las razones de las tardanzas en producción.
- 7.- Tiene Ud. prototipos de los procesos a travez - de los ciclos de producción
- 8.- Las ordenes son urgentes hasta el 5 %
- 9.- Rutinas
  - a).- Produce solamente cantidades especificas
  - b).- Sigue las fechas del control de producción
- 10.- Son necesarias todas las partes, materiales, herramientas antes de llevar a cabo las rutinas de producción
  - a).- Inicialmente
  - b).- Cuando se despacha la orden
- 11.- Tiene usted retro información para la orden
  - a).- De echo
  - b).- Significativa
  - c).- Corriente
  - d).- Adecuada a cada paso para control
  - e).- Adecuada para el control de costos
  - f).- Suficiente pero no mucha
  - g).- Usada para tomar acción
- 12.- Sus embarques son de nivel semanal o mensual

V.- CONTROL INTERNO DE OPERACIONES.

- 1.- Tiene Ud. una tabla formal de organización.
- 2.- Tiene Ud. un trabajador para cada trabajo
- 3.- Es el Gerente de producción el que planea y distribuye. El, gasta el equivalente a cinco horas por semana planeando el departamento de operaciones.
- 4.- Tiene Ud. escritas las políticas y procedimientos que cubran todas las fases del departamento de operación.
- 5.- Tiene su departamento historia de todas sus ordenes de producción y las metas alcanzadas son de ( 3 )
- 6.- Tiene su departamento un presupuesto objetivo
- 7.- Calcula usted una tasa de tiempos extras y se le cumple
- 8.- Su nivel de ausentismo se mantiene y está en su nivel normal.
- 9.- Se basa el departamento de producción en estadísticas reportadas de cada uno de los empleados para ver su eficiencia.
- 10.- Estas estadísticas sirven para hacer promociones

VI.- SISTEMA DE CONTROL.

- 1.- Tiene su sistema un grado de sofisticación adecuado.
- 2.- Aplica las más nuevas técnicas
- 3.- Tiene formas simples y en papel adecuado
- 4.- Tiene un inventario perpetuo y record visual de materiales eliminados
- 5.- Se emplea reportes por excepción de los no posibles
- 6.- Está esto en un programa específico (corto y largo rango)
- 7.- Tiene líneas de comunicación buenas
- 8.- Tiene las partes nuevas y las obsoletas en control.

- 9.- Tiene un buen procedimiento en los cambios de Ingeniería
- 10.- Tiene usted procedimientos para determinar el estado de los inventarios cambiantes (para es tancias de almacenado y no almacenado)

#### VII.- SITUACION DE CONTROL

- 1.- Está el departamento en el nivel como debe ser
- 2.- Tiene buenas relaciones con los otros departamentos
- 3.- El departamento de Producción y control de in ventario recibe el apoyo de la Dirección.
- 4.- Elabora producción planes de gastos.
- 5.- Tiene la dirección de producción una remunera ción adecuada a su trabajo.
- 6.- Se hacen juntas promocionales en cada seis me ses con proposito de ver cuales son los avan ces y cuales los problemas no eliminados.
- 7.- Tiene todas las funciones básicas de ejecución
  - a).- Pronostico y plán
  - b).- Programación de carga y despacho
  - c).- Reportes y controles
  - d).- Control de materias primas
  - e).- Control en el proceso
  - f).- Buen control de calidad final
- 8.- En éste programa de embarques concidera una buena transportación a un bajo costo.
- 9.- El departamento de producción y control de In ventarios, compra con la persona adecuada a mejor calidad a costo razonable.
- 10.- Se concentra el jefe con las medidas de contol de la producción e inventarios establecidos y cuida en cumplirlas

" BIBLIOGRAFIA "

- Anthony R.N. , Management Accosenting  
Richard D. Irvin Homewood Ill E.U.A.  
1956 part XXII
- Garden F.T. , Profit Management and control  
Mc. Graw book Co N.Y. E.U.A.  
1955
- Groitz. B.E. , Management Planning and Control  
Mc. Graw Hill Book Co N.Y. E.U.A.  
1949
- Granr E.L. Principales of Engineering Economy  
The Ronald Press Co N.Y. E.U.A.  
1950 Cop 15
- Keller I.W. , Management Accouting for profit control  
Mc. Graw Hell Book Co N.Y. E.U.A.  
1957
- Terborgh, G. , Business Investment Policy, Machinery and  
Allied Products Institute.  
Waschington D.C. E.U.A.  
1958
- Barnes, R.M. Motion and-time study  
John Willily and Sons, N.Y. E.U.A.  
1950
- Carter, H.B. , Techniques for Making Plant Layouts.  
General Electric Co Schenestady N.Y. E.U.A.  
1956

- Maynard, H.B. , Industrial Engineering Handbook  
Mc. Graw Hill Book Co N.Y. E.U.A.  
1958
- Mundel, A.E. , Motion and time study  
Prentice Hall Englewood Cliffs N.Y. E.U.A.  
2nd Ed  
1955
- Nadler, G. , Motion and time study  
Richard D. Irwin Homewood Ill E.U.A.  
1955
- Buffa S.E. , Modern Production Management  
John Wiley and Sons N.Y. E.U.A.  
1965
- Chencoff E. , Elementary Decision theory  
Roses, L.B. , John Williy and Sons N.Y. E.U.A.  
1959
- Dixon, W.J. , Introduction to Statistical Analysis  
Masseiy. F.J. , Mc. Graw Hill Book Co N.Y. E.U.A.  
1951
- Schlaifer. R , Probability and statistics for Business De  
cisions  
Mc. Graw Hill Book Co N.Y. E.U.A.  
1959

**Esta Tesis se Imprimió en Marzo de 1973**  
empleando el sistema de reproducción Xerox-Offset  
en los Talleres de Impresos Offsali-G, S A., Av.  
Colonia del Valle No. 531 (Esq. Adolfo Prieto),  
Tel 533-21-05      Oficinas Mier y Pesado 349 A  
Tel 523-03-33      México 12, D. F