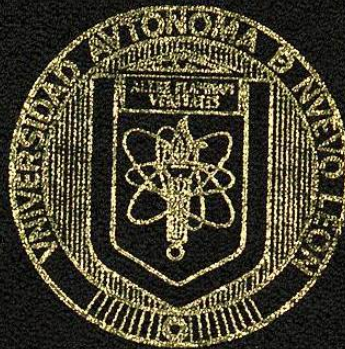


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



BALANCEO DE LINEAS DE PRODUCCION

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRIA EN CIENCIAS DE  
LA ADMINISTRACION CON ESPECIALIDAD EN  
PRODUCCION Y CALIDAD

PRESENTA:  
ING. ARNULFO TREVIÑO CUBERO

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L. AGOSTO DE 2002

2002

PRODUCTION  
FROM  
SEAS  
AND  
LAND  
OCEAN



TM

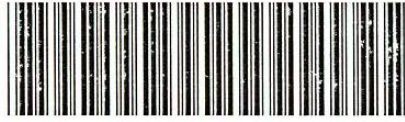
Z5853

.M2

FILME

2002

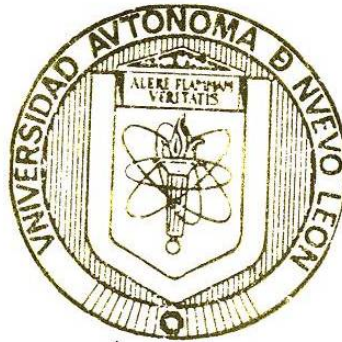
.T74



1020149199

Doco

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



BALANCEO DE LINEAS DE PRODUCCION

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRIA EN CIENCIAS DE  
LA ADMINISTRACION CON ESPECIALIDAD EN  
PRODUCCION Y CALIDAD

PRESENTA:  
ING. ARNULFO TREVIÑO CUBERO

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L. AGOSTO DE 2002

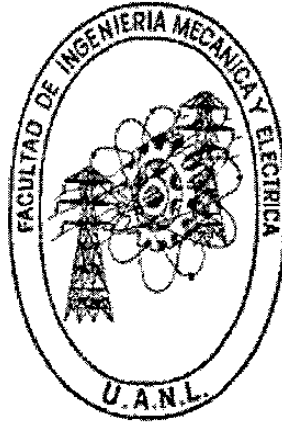
980993

TH  
25853  
.M2  
FINE  
2002  
.T.16



FONDO  
TESIS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



BALANCEO DE LINEAS DE PRODUCCION

POR

ING. ARNULFO TREVIÑO CUBERO

TESIS  
EN OPCION AL GRADO DE MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA  
ADMINISTRACION CON ESPECIALIDAD EN PRODUCCION Y CALIDAD

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N.L. AGOSTO DE 2002

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST- GRADO

Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis "BALANCEO DE LINEAS DE PRODUCCIÓN" realizada por el alumno Ing. Arnulfo Treviño Cubero , matricula 156532 sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestro en Ciencias de la Administración con especialidad en Producción y Calidad.

El Comité de Tesis




Asesor

M. C. Liborio Arturo Manjarrez Santos



Coasesor

M. C. Castulo Emigdio Vela Villarreal



Coasesor

M. C. Felipe de Jesús Díaz Morales



Vo. Bo.

M. C. Roberto Villarreal Garza  
División de Estudios de Post-grado

San Nicolás de los Garza , N.L. a 26 de noviembre de 2001



## PROLOGO

La presente tesis combina procedimientos para determinar pronósticos y el balanceo de líneas de producción.

Los pronósticos administrativos y las series de tiempos son datos importantísimos de entrada para poder llevar a cabo la programación de la producción y con esto hacer un balanceo de líneas de producción,

Es importante comentar que existen en las empresas algunas variables al azar que hacen que se tengan que hacer cambios en las secuencias de producción, con lo cual se impacta nuestro balanceo de las líneas, es decir, en ocasiones no sucede lo planeado.

Entre estas variables que son, por lo tanto, importantísimas de monitorear y puedo asegurar el beneficio de trabajar con el balanceo de líneas de producción, en cuanto a los pronósticos, es importante mencionar que no porque se utilice una metodología muy cara será sinónimo de un excelente pronóstico, en ocasiones los métodos mas simples suelen ser los mas adecuados.

# INDICE

TEMA	PAGINA
SINTESIS	1
CAPITULO 1 INTRODUCCION	2
1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA	2
1.2 OBJETIVO DE LA TESIS	2
1.3 HIPOTESIS	2
1.4 ENFOQUE DE LA TESIS	2
1.5 ALCANCE DE LA TESIS	2
1.6 JUSTIFICACION	2
1.7 LIMITACIONES DE LA TESIS	2
1.8 DEFINICION DE TERMINOS	2
1.9 REVISION BIBLIOGRAFICA	2
CAPITULO 2 PRONOSTICOS	3
2.1 METODOS DE OPINION Y CRITERIO	9
2.2 ENFOQUE SIMPLISTA	9
2.3 PROMEDIOS MOVILES	11
2.4 PROMEDIOS MOVILES PONDERADOS	14
2.5 SUAVIZACION EXPONENCIAL	15
CAPITULO 3 METODOS DE PRONOSTICOS CAUSALES	22
3.1 METODO DE REGRESION	23
3.2 CORRELACION	27
CAPITULO 4 CONTROLES DE PRONOSTICOS	29
4.1 DESVIACION ESTANDAR DE LA REGRESION	34
CAPITULO 5 METODOS CON TENDENCIA	39
5.1 METODO DE HOLT	39
CAPITULO 6 INTRODUCCION AL METODO DE BALANCEO	43
6.1 REQUERIMIENTO CON PRONOSTICOS	44
6.2 REQUERIMIENTOS FIRMES	46
6.3 PROGRAMACION PLAN DE 6 MESES	48
6.4 PLAN DE PRODUCCION	59

CAPITULO 7	CASO PRACTICO	71
CAPITULO 8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	96
	8.1 CONCLUSIONES	96
	8.2 RECOMENDACIONES	97
BIBLIOGRAFIA		98
LISTADO DE TABLAS		99
GLOSARIO		100
RESUMEN AUTOBIOGRAFICO		101

## SÍNTESIS

La presente tesis tiene como finalidad conocer algunas técnicas de pronósticos y un sistema propuesto para llevar a cabo un balanceo de líneas de producción, así como también, ver lo importante de tener un buen sistema de pronósticos.

En el capítulo 1 se presenta la introducción en donde se conceptualiza el problema con los 8 pasos que la conforman.

El capítulo 2 nos habla de los pronósticos principalmente los de series de tiempo, en el 3er capítulo se presentan los métodos causales, principalmente la regresión y el concepto de correlación, en el 4to capítulo se presentan algunas formas en que se pueden llevar a cabo controles de pronósticos como son el error medio cuadrado, el MAD, el PEMA, entre otros.

En el 5to capítulo se maneja en lo particular el método de Holt que al igual que regresión maneja tendencia.

Cuando llegamos al 6to capítulo tenemos ya lo básico en cuanto a pronósticos que es pieza fundamental para un buen balanceo de líneas, es por eso que en el 6to capítulo entramos de lleno al balanceo de líneas de producción para después de tener los conceptos de este sistema para balancear pasamos ya al caso práctico en el capítulo 7.

En el caso práctico se muestra como este sistema de balanceo me beneficia en horas, costo, etc. Y es la culminación de esta tesis, la cual pretende el dar servicio a los alumnos de licenciatura a los temas de pronósticos y que tengan una perspectiva práctica de un balanceo de producción.

## **CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Descripción del problema**

En las empresas en ocasiones no se tiene un balanceo de sus líneas de producción sino que se implemento en alguna ocasión de cierta manera, ha ido creciendo la empresa y no se hacen los ajustes correspondientes.

### **1.2 Objetivo de la tesis**

Plantear un procedimiento que se puede llevar a cabo para tener un balanceo de líneas y mejorar en tiempos y por consecuencia en otras áreas de la empresa.

### **1.3 Hipótesis de la tesis**

Los "forecast" que se utilizan en la compañía no tienen un seguimiento, en ocasiones, una señal de rastreo o el error, etc.

Existe siempre la manera en que podemos mejorar las cosas y en esta caso se presentan cosas como:

Cambios de secuencia , retrabajos, productos en proceso por falta de materiales , etc.

### **1.4 Enfoque de la tesis**

Conocer metodologías de pronósticos , con ejemplos, y una metodología de balanceo , la idea es llegar a ver como realmente si se logra la mejora.

### **1.5 Alcances de la tesis**

Cualquier empresa que manufacture no importa el giro

### **1.6 Justificación**

Los altos costos que se presentan debidos a los retrabajos, cambios de secuencia, llegada de materiales, el manejo de los inventarios, etc.

### **1.7 Limitaciones de la tesis**

Existen muchos mas métodos de pronósticos que se utilizan así como también otras formas de balanceo de las líneas de producción

### **1.8 Definición de términos**

Se manejen términos como:

Reléase. Es el formato donde viene la relación de lo que va a hacer falta

Check list. Se utiliza para validar las partes que conforman la pieza

### **1.9 Revisión Bibliográfica**

Desde que lleve las clase de producción me gusto el tema de balanceo de líneas de producción pero al momento en que empecé a realizar la tesis me di cuenta que la mayoría de los libros que investigue no venia mucha información sobre este tema de balanceo de líneas de producción y esto me motivo mas a buscar información en este caso acudí con un ingeniero de la empresa del caso practico y se desarrollo esta metodología tomando encuesta las bases mínimas necesarias

para hacer un balanceo de líneas en los libros que hago mención en la bibliografía pagina 98 se tienen las premisas o guías del método.

## **CAPITULO 2.-PRONÓSTICOS**

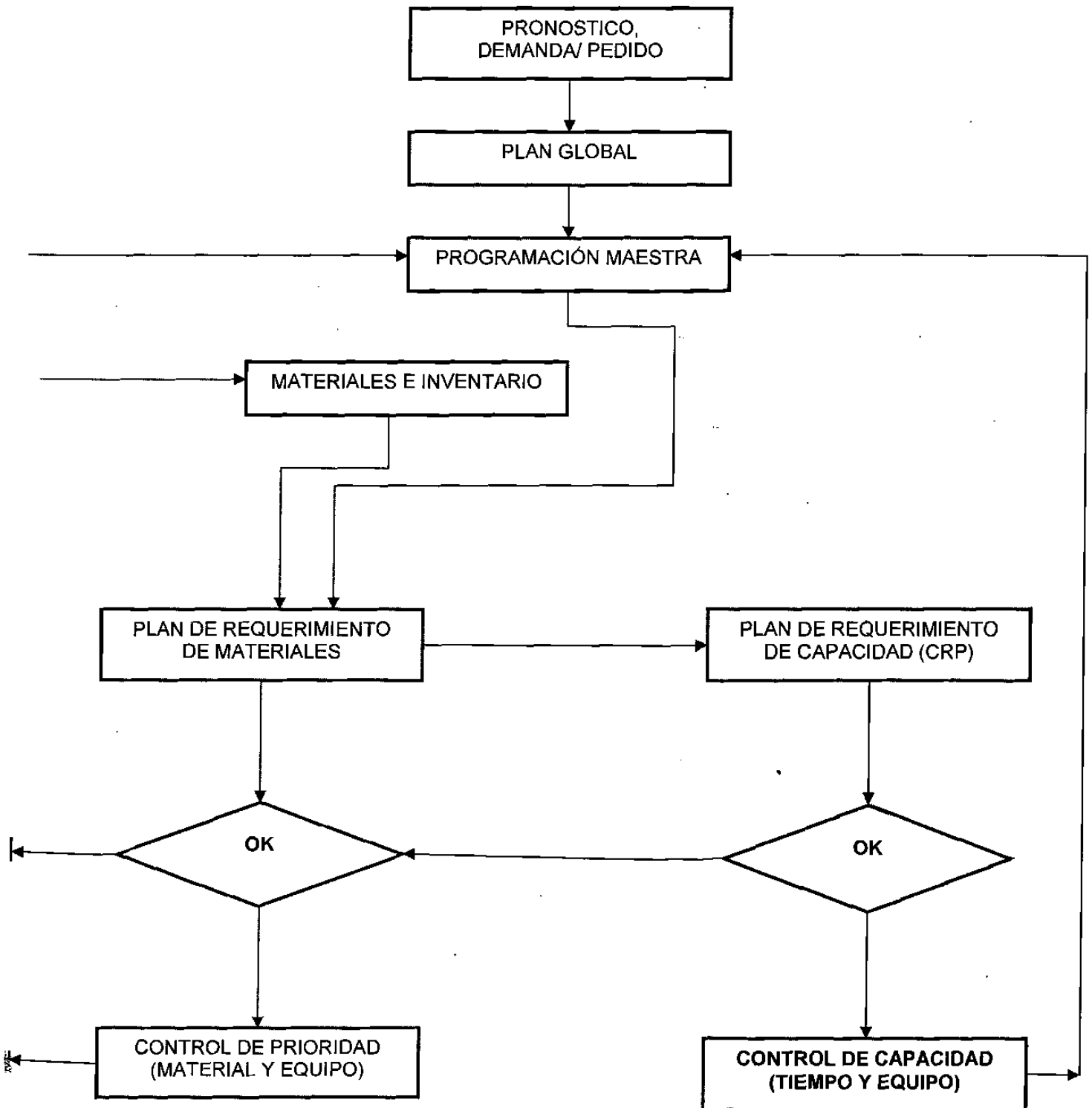
Un aspecto crucial al administrar una organización consiste en planear el futuro. De hecho el éxito a largo plazo en una organización esta estrechamente relacionado con la capacidad de los administradores para preveer el futuro y para desarrollar estrategias apropiadas.

El buen juicio, la intuición y un conocimiento del estado de la economía pueden proporcionar a los administradores una idea general o "sentido" de lo que es probable que suceda en el futuro.

Los pronósticos proporcionan a la organización estimaciones vitales de la demanda del mercado. Los montos de producción son entonces planeados y programados en conjunto o en un nivel global. Los inventarios existentes y las políticas de inventarios de seguridad también son evaluados. Son entonces formulados y evaluados los planes para satisfacer los requerimientos adicionales de materias primas y capacidad. Si las materias primas pueden ser programadas para que lleguen cuando se requieren y existe suficiente capacidad en los centros de trabajo, los pedidos son satisfechos y las actividades de producción ejecutadas.

Los programas de producción, los planes de adquisición de materia prima, las políticas de inventario y las cuotas de ventas se verán todos ellos afectados por las estimaciones. En consecuencia, una estimación deficiente puede dar como resultado una mala planeación y, por ello, mayores costos para la empresa.

Una planeación y un control efectivos de las prioridades y las capacidades son la clave de un sistema de producción exitoso, Los pronósticos son estimaciones de la ocurrencia, la cronología o la magnitud de futuros eventos inciertos. El método de pronosticar es usar la mejor información disponible para guiar las actividades futuras tendientes al cumplimiento de las metas de la organización.

**DIAGRAMA DE FLUJO DE CONTROL DE PRODUCCIÓN E INVENTARIO**

**EJEMPLO 1**

Las ventas de podadoras de pasto en Bob Hardware Store se muestra en la columna de en medio de la siguiente tabla.

Un promedio móvil de tres meses aparece a la derecha.

MES	VENTAS REALES DE PODADORAS	PROMEDIO MOVIL DE TRES MESES
Enero	10	
Febrero	12	
Marzo	13	
Abril	16	$(10+12+13)/3=11 \frac{2}{3}$
Mayo	19	$(12+13+16)/3=13 \frac{2}{3}$
Junio	23	$(13+16+19)/3=16$
Julio	26	$(16+19+23)/3=19 \frac{1}{3}$
Agosto	30	$(19+23+26)/3=22 \frac{2}{3}$
Septiembre	28	$(23+26+30)/3=26 \frac{1}{3}$
Octubre	18	$(26+30+28)/3=28$
Noviembre	16	$(30+28+18)/3=25 \frac{1}{3}$
Diciembre	14	$(28+18+16)/3=20 \frac{2}{3}$

El interés radica principalmente en los pronósticos de demanda, pero las empresas también pronostican los precios de la materias primas, los costo de la mano de obra, las tasas de interés y los ingresos, entre otras cosas. Los buenos pronósticos capacitan a los administradores para planear niveles apropiados de personal, materias primas, capital, inventarios y un gran número de otras variables. Esta planeación resulta en un mejor uso de la capacidad y en el mejoramiento de las relaciones de los empleados y del servicio que se da a los clientes.

Los pronósticos a mediano y largo plazo tienen tres características que los distingue de los pronósticos a corto plazo. Primero los pronósticos a mediano y largo plazo tienen que ver con asuntos más extensos, apoyan a las decisiones administrativas con respecto a la planeación, los productos, plantas y procesos. Puede llevarse de cinco a ocho años desde el principio hasta la terminación. En segundo lugar, el pronóstico a corto plazo generalmente utiliza metodologías diferentes a aquellos a mayor plazo. Las técnicas matemáticas tales como promedios móviles, suavización exponencial y extrapolación con tendencia (los cuales se explican más adelante) son comunes en proyectos cortos en forma mas



amplia, los métodos menos cuantitativos son valiosos para predecir cuestiones tales como si un producto, como una grabadora de disco óptico, debe ser incorporada a la línea de productos de una compañía. Y tercero como es de esperarse, los pronósticos a corto plazo tienden a ser más exactos que los pronósticos a mayor plazo.

Otro factor que se debe considerar cuando se desarrollan pronósticos de venta especialmente a plazos largos, es el ciclo de vida del producto, y aún los servicios, no se venden a niveles constantes a través de sus vidas. Los productos más exitosos pasan a través de cuatro estados: (1) introducción, (2) crecimiento, (3) madurez y (4) declinación.

Los productos en los dos primeros estados de su ciclo de vida necesitan pronósticos más largos que aquellos en sus fases de madurez y declinación. Los pronósticos son útiles para proyectar diferentes niveles de asesoría, niveles de inventarios y capacidad de la planta mientras el producto sea del primer estado el último.

Al incrementarse la actividad de pronosticar, los costos de recolectar y analizar los datos se incrementan, así como los costos de control de sistema. Los pronósticos inadecuados pueden ocasionar una deficiente planeación de los costos de mano de obra, materia prima y del capital, así como también los costos de procesamiento y aún pérdida de beneficios.

Las organizaciones utilizan tres tipos principales de pronósticos al planear el futuro de sus operaciones. Los dos primeros, pronósticos económicos y tecnológicos, son técnicas especializadas que pueden ser ajenas al papel de administrador de operaciones

El tercero, los pronósticos de la demanda.

#### RESUMEN DE ALGUNOS MÉTODOS DE PRONÓSTICO

MÉTODO	DESCRIPCIÓN	HORIZONTE DE TIEMPO	COSTO RELATIVO
COMPUESTO POR FUERZA DE VENTAS	OPINIÓN Y JUICIO (CUALITATIVOS) ESTIMACIÓN DEL ÁREA DE VENTAS COMO UN TODO	CO-MP	B-M
OPINIÓN EJECUTIVA	GERENTES DE MERCADOTECNIA, FINANZAS Y PRODUCCIÓN PREPARAN PRONÓSTICOS	CP-LP	B-M

VENTAS Y GERENTE DE LÍNEA	LOS CÁLCULOS INDEPENDIENTES DE LOS VENDEDORES REGIONALES SON CANALIZADOS CON PROYECCIONES NACIONALES DE LOS GERENTES DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN	MP	M
ANALOGÍA HISTÓRICA	PRONOSTICO PROVENIENTE DE LA COMPARACIÓN CON UN PRODUCTO SIMILAR PREVIAMENTE INTRODUCIDO	CP-LP	B-M
DELPHI	LOS EXPERTOS RESPONDEN A UNA SERIE DE PREGUNTAS (ANÓNIMAMENTE), RECIBEN RETROALIMENTACIÓN REVISAN SUS CÁLCULOS	LP	M-A
INVESTIGACION DE MERCADO	SE USAN CUESTIONARIOS Y PANELES PARA OBTENER DATOS QUE ANTICIPEN EL COMPORTAMIENTO DEL CONSUMIDOR	MP-LP	A

	SERIES DE TIEMPO (CUANTITATIVOS)		
SIMPLE	SE USA UNA REGLA SIMPLE QUE PRONOSTICA IGUAL AL ULTIMO VALOR O IGUAL + O - ALGÚN PORCENTAJE	CP	B
PROMEDIOS MÓVILES	EL PRONOSTICO ES SIMPLEMENTE UN PROMEDIO DE LOS $n$ NÚMEROS MAS RECIENTES	CP	B
PROYECCIÓN DE LA TENDENCIA	EL PRONOSTICO ES UNA PROYECCIÓN	MP-LP	B

	LINEAL EXPONENCIAL LINEAL EXPONENCIAL Y OTR DE LA TENDENCIA PASADA		
DESCOMPOSICIÓN	LAS SERIES DE TIEMPOS SE DIVIDEN EN SUS COMPONENTES DE TENDENCIA, ESTACIONAL CÍCLICA Y ALEATORIA	CP-LP	B
SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL	LOS PRONÓSTICOS SON PROMEDIOS MÓVILES PONDERADOS EXPONENCIALMENTE DONDE LOS ÚLTIMOS VALORES TIENEN MAYOR PESO	CP	B
BOX-JENKINS	SE PROPONE UN MODELO DE REGRESIÓN DE SERIE DE TIEMPO, ESTADÍSTICAMENTE PROBADO, MODIFICADO Y VUELTO A PROBAR	MP-LP	M-A
	ASOCIATIVOS (CUANTITATIVOS)		
REGRESIÓN Y CORRELACIÓN	SE USA UNA O MAS VARIABLES ASOCIADAS PARA PRONOSTICAR POR MEDIO DE LA ECUACIÓN E MÍNIMOS CUADRADOS (REGRE SIÓN) O DE UNA ASOCIACIÓN (CORRELACIÓN) CON UNA VARIABLE EXPLICATIVA	CP-MP	M-A
ECONOMÉTRICOS	SE USA UNA SOLUCIÓN POR	CP-LP	A

	<b>ECUACIONES SIMULTANEAS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE PARA UNA ACTIVIDAD ECONÓMICA</b>		
--	--	--	--

B: Bajo      M: Medio      A: Alto      CP: Corto Plazo      MP: Mediano Plazo  
 LP: Largo Plazo

## 2.1 MÉTODOS DE OPINIÓN Y CRITERIO

Algunos pronósticos de opinión de criterio son muy intuitivos, mientras que otros integran datos y quizás hasta técnicas matemáticas o estadísticas dentro del método.

Los pronósticos de criterio generalmente constan de:

Pronósticos por representante de ventas  
 Pronósticos por división o línea de productos de nivel gerencial.  
 Cálculos combinados de vendedores y gerentes de producto

Las actividades de pronóstico son una función de

El tipo de pronóstico (demanda, tecnológicos)  
 El horizonte de tiempo (corto, mediano y largo plazo);  
 La base de datos disponible, y  
 La metodología empleada (cualitativa y cuantitativa)

## 2.2 ENFOQUE SIMPLISTA

La manera más fácil de pronosticar es asumir que la demanda del siguiente periodo es justamente igual a la demanda en el periodo más reciente

Con frecuencia al revisar los datos históricos es posible comprender mejor el control de las ventas pasadas; a su vez, esto puede conducir a mejores predicciones de las ventas futuras del producto. Los datos históricos es posible comprender mejor el control de las ventas pasadas; a su vez, esto puede conducir a mejores predicciones de las ventas futuras del producto. Los datos históricos de ventas conforman lo que se denomina una "serie de tiempo".

Una serie de tiempo es un conjunto de observaciones que se miden en instantes sucesivos o en periodos sucesivos.

### **OCHO PASOS PARA UN SISTEMA DE PRONÓSTICOS**

Independientemente del método utilizado para pronosticar normalmente, se siguen los mismos 8 pasos:

Determinar el uso del pronóstico: que objetivo se persigue obtener

Seleccionar las partidas que se van a pronosticar

Determinar el horizonte de tiempo del pronóstico: ¿es a corto, mediano o largo plazo?

Seleccionar un(os) modelo(s) de pronóstico.

Recopilar los datos necesarios para hacer el pronóstico.

Validar el modelo de pronóstico

Hacer el pronóstico

Instrumentar los resultados y darles seguimiento

Los métodos de pronósticos se pueden clasificar en cuantitativos y cualitativos.

Los métodos de pronósticos cuantitativos, se basan en un análisis de datos históricos de una serie de tiempo y posiblemente de otras series de tiempo relacionadas

Si los datos históricos que se usan se restringen a valores pasados de la serie que se esta intentando pronosticar, el procedimiento de pronóstico se le denomina método de serie de tiempo (alisamiento, promedios móviles y alisamiento exponencial entre otros)

Si los datos históricos que se utilizan en un método de pronósticos cuantitativo implican otras series de tiempo que se consideran están relacionadas con la serie que se intenta pronosticar, se dice que se esta utilizando un método causal (regresión múltiple, etc).

Los métodos cualitativos de pronóstico utilizan las evaluaciones de expertos para realizar pronósticos. Una ventaja de estos procedimientos es que se les puede aplicar en situaciones en las que no existen disponibles datos históricos.

### **DESCOMPOSICIÓN DE UNA SERIE DE TIEMPO**

El análisis de la serie de tiempo propone fraccionar los datos en componentes para proyectarlos hacia el futuro. Una serie de tiempo tiene cuatro componentes típicos: tendencia, estacionalidad, ciclos, y variación al azar.

Tendencia (T) es el movimiento gradual, ascendente o descendente de los datos a través del tiempo.

Estacionalidad (S) es el patrón de datos que se repite en sí mismo dentro de un período de días, semanas, meses o trimestres.

Ciclos (C) son patrones que ocurren en los datos cada varios años. Generalmente se encuentran ligados al ciclo del negocio y son de importancia vital en el análisis y planeación de negocios a corto plazo.

Variaciones al azar (R) son "señales en los datos causadas por oportunidades y situaciones inusuales; no siguen un patrón perceptible

El cambio gradual de la serie de tiempo, que por lo general se debe a factores a largo plazo como cambios en la población, cambios en las características demográficas de la población, cambios en tecnología y cambios en las preferencias de los consumidores, es lo que se denomina la tendencia de una serie de tiempo.

Son tres los métodos de descripción de tendencia (Que más se utilizan):

Curvas dibujadas a mano

Promedios móviles

Mínimos cuadrados

La curva dibujada a mano es simple, pero altamente subjetiva

$$PM = \frac{\Sigma X}{\text{númerodepedidos}}$$

### 2.3 PROMEDIOS MÓVILES

Los promedios móviles son útiles y se asume que las demandas del mercado serán más o menos constantes durante un determinado periodo de tiempo. Un promedio móvil de cuatro meses se toma sencillamente, como la suma de la demanda durante los últimos cuatro meses dividida entre 4. Con cada mes que pasa, el dato del mes más reciente se adiciona a la suma de los datos de los tres meses previos, y el primer mes se suprime. Esto tiende a suavizar las irregularidades a corto plazo en las series de datos.

Matemáticamente, el promedio móvil simple (que sirve como estimación) de la demanda dl periodo siguiente) se expresa como:

$$\text{Promedio móvil} = \frac{\Sigma \text{demanda en n periodos previos}}{n}$$

TABLA 1 SERIE DE TIEMPO DE VENTAS DE GASOLINA

SEMANAS	VENTAS (MILES DE GALONES)
1	17
2	21
3	19
4	23
5	18
6	16
7	20
8	18
9	22
10	20
11	15
12	22

Cálculo del promedio móvil para las primeras tres semanas de la serie de tiempo de ventas de gasolina:

$$\text{PROMEDIO MÓVIL (SEMANAS 1-3)} = \frac{17 + 21 + 19}{3} = 19$$

Después, se utiliza este valor del promedio móvil como pronóstico para la semana 4. Como el valor real que se observa en la semana cuatro es 23, el error del pronóstico en la semana 4 es  $23 - 19 = 4$ . En general, el error correspondiente a cualquier pronóstico es la diferencia ente el valor observado en la serie de tiempo y el pronóstico. Se muestra enseguida el cálculo para el segundo promedio móvil de tres semanas:

$$\text{PROMEDIO MÓVIL (SEMANA 2-4)} = \frac{21 + 19 + 23}{3} = 21$$

**TABLA 2 RESUMEN DE LOS CÁLCULOS DE PROMEDIOS MÓVILES DE TRES SEMANAS**

SEMANAS	VALOR DE LA SERIE DE TIEMPO	PRONOSTICO DE PROMEDIO MÓVIL	ERROR DE PRONOSTICO	CUADRADO DEL ERROR DE PRONOSTICO
1	17			
2	21			
3	19			
4	23	19	4	16
5	18	21	-3	9
6	16	20	-4	16
7	20	19	1	1
8	18	18	0	0
9	22	18	4	16
10	20	20	0	0
11	15	20	-5	25
12	22	19	3	9
		TOTALES	0	92

### EJEMPLO 2

Los embarques anuales de alambre de soldadura de n productor de aluminio a fabricantes de maquinaria son los que se muestran en la tabla. Calcule el promedio móvil de tres años y utilícese para pronosticar los embarques en el año 12.

Años	EMBARQUES	TOTAL DE MOVIMIENTOS EN TRES Años	PROMEDIO MÓVIL DE TRES Años
1	2		
2	3	$11 / 3 =$	3.7
3	6	$19 / 3 =$	6.3
4	10	24	8.0
5	8	25	8.3
6	7	27	9.0
7	12	33	11
8	14	40	13.3
9	14	46	15.3
10	18	$51 / 3 =$	17.0
11	19		

Los promedios móviles tienen tres problemas. Primero el incremento del valor de n (el número de periodos promediados) suaviza mejor las fluctuaciones, pero hace



al método menos sensitivo a los cambios reales en la información segundo los promedios móviles no pueden reconocer muy bien las tendencias. Puesto que son promedios, siempre se mantendrán dentro e los niveles pasados, y no predecirán un cambio a mayor o menor nivel. Finalmente, los promedios móviles requieren una gran cantidad de registros de datos anteriores.

## 2.4 PROMEDIOS MÓVILES PONDERADOS

Cuando existe una tendencia o patrón, los pesos pueden ser utilizados para poner más énfasis en los valores recientes. Esto hacer que las técnicas sean mas sensibles a los cambios, ya que los periodos recientes pueden tener mayor peso. Decidir que pesos se van a utilizar requiere de alguna experiencia y poco e suerte. La elección de los pesos es de alguna forma arbitraria ya que no existe formula alguna ara determinarlos.

Un promedio móvil ponderado se puede expresar matemáticamente como:

$$\text{Promedio móvil} = \frac{\sum (\text{peso para el periodo } n) (\text{demanda par el periodo } n)}{\sum \text{ pesos}}$$

## MÉTODOS DE SERIES DE TIEMPO

**EJEMPLO 3** Una compañía procesadora de alimentos usa un promedio móvil para pronosticar la demanda del siguiente mes. Las demandas reales (en unidades) anteriores son las que se muestran en la tabla siguiente.

- Calcúlese un promedio móvil simple de cinco meses para pronosticar la demanda del mes 52
- Calcúlese un promedio móvil ponderado de tres meses, donde las ponderaciones son mayores para los meses más recientes y descienden en orden de 3, 2, 1

MES	DEMANDA REAL
43	105
44	106
45	110
46	110
47	114
48	121
49	130
50	128
51	137
52	

$$a) \quad PM = \frac{\sum X}{\text{número de periodos}} = \frac{114 + 121 + 130 + 128 + 137}{5} = 126 \text{ units}$$

$$b) \quad PM_{pmd} = \frac{\sum (pnd)(x)}{\sum pnd}$$

donde  $(pnd)(\text{valor}) = \text{total}$

$$(3)(137) = 411$$

$$(2)(128) = 256$$

$$(1)(130) = 130$$

Los totales son:  $\frac{6}{797}$

$$\text{Entonces } PM_{pnd} = \frac{797}{6} = 133 \text{ unidades}$$

### Ejemplo.

La siguiente ecuación para pronosticar a sido derivada por el método de mínimos cuadrados para describir los embarques de alambre de soldadura:

$$Y_c = 1.65x \quad (1985 = 0, x = \text{años}, Y = \text{toneladas})$$

Rescribese la ecuación a) Cambiando el origen a 1990, b) Expresando las unidades X en meses, y manteniendo Y en toneladas por año, c) Expresando las unidades x en meses, y de Y en toneladas por mes.

$$a) \quad Y_c = 10.27 + 1.65x \\ = 18.52 + 1.65x \quad (1990 = 0, x = \text{años}, Y = \text{toneladas por año})$$

$$b) \quad Y_c = 10.27 + \frac{165x}{12} \\ = 10.27 + 0.14x \quad (\text{julio 1, } 1985=0, x = \text{meses}, Y = \text{toneladas por año})$$

$$c) \quad Y_c = \frac{10.27 + 0.14x}{12} \\ = 0.86 + 0.01 \quad (\text{julio 1, } 1985=0, x = \text{meses}, Y = \text{toneladas por año})$$

## 2.5 SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL

La suavización exponencial es una técnica de pronóstico de por medios móviles que pondera los datos históricos exponencialmente para que los datos más

recientes tengan más peso en el promedio móvil. Con la suavización exponencial simple, el pronóstico  $F_t$  se construye de la predicción del último periodo  $F_{t-1}$  más una porción  $\alpha$  de la diferencia entre el valor de la demanda real del periodo anterior  $A_{t-1}$  y el pronóstico del periodo anterior  $F_{t-1}$ .

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1})$$

El concepto no es complejo. La última estimación de la demanda es igual a nuestra estimación anterior ajustada por una fracción de la diferencia entre la demanda real del periodo anterior y el estimado anterior.

La constante de suavización  $\alpha$  es un número entre 0 y 1 que entra multiplicando en cada pronóstico, pero cuya influencia declina exponencialmente al volverse antiguos los datos. Una  $\alpha$  baja da más ponderación a los datos históricos. Una  $\alpha$  de 1 refleja un ajuste total a la demanda reciente, y los pronósticos serán las demandas reales de los periodos anteriores.

La constante de suavización,  $\alpha$  está generalmente en el rango de 0.05 a 0.50 para aplicaciones de negocios. Puede cambiarse para dar mayor peso a los datos recientes (cuando  $\alpha$  es alta), o mayor peso a los datos anteriores (cuando  $\alpha$  es baja).

Cuando  $\alpha$  alcanza el extremo de 1.0 entonces en la ecuación queda  $F_t = A_{t-1}$ . Todos los demás valores anteriores se eliminan, y el promedio se vuelve idéntico al modelo simplista que se menciona anteriormente.

Los valores ordinarios de  $\alpha$  varían entre 0.01 y 0.40. Los valores bajos de  $\alpha$  disminuyen efectivamente la variación aleatoria (ruido). Los valores altos son más sensibles a cambios en la demanda (introducciones de nuevos productos, campañas de promoción). Una  $\alpha$  satisfactoria puede determinarse generalmente por prueba y error buscando cual valor reduce el error del pronóstico. Esto puede hacerse fácilmente modelando el pronóstico en un programa de computadora, tratando con diferentes valores de  $\alpha$ .

$$\alpha = \frac{2}{n+1}$$

#### EJEMPLO 4

En enero, un agente de viajes que se especializa en cruceros pronosticó una demanda de 142 cruceros para febrero de una semana. La demanda real de febrero fue de 153 cruceros. Utilizando una constante de suavización de  $\alpha = 0.20$ , podemos pronosticar la demanda de marzo usando el modelo de suavización exponencial. Al sustituir en la fórmula se obtiene:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha (A_{t-1} - F_{t-1})$$

$$F_{\text{marzo}} = F_{\text{febrero}} + \alpha (A_{\text{febrero}} - F_{\text{febrero}})$$

$$\text{Pronóstico nuevo (para demanda de marzo)} = 142 + 0.2(153 - 142) = 144.2$$

### EJEMPLO 5

El puerto de nueva Orleáns ha descargado grandes cantidades de carne de barcos procedentes de Sudamérica durante los ocho trimestres pasados. El administrador de operaciones del puerto desea probar el empleo de la suavización exponencial y la efectividad del método en la predicción del tonelaje descargado. El asume que el pronóstico del grano descargado en el primer trimestre fue de 175 toneladas. Se examinan dos valores de  $\alpha = 0.10$  y  $\alpha = 0.5$ . La siguiente tabla muestra los cálculos detallados para  $\alpha = 0.10$ .

TRIMESTRE	TONELAJE DE DESCARGA	PRONOSTICO REDONDEADO $\alpha = .10$	PRONÓSTICO REDONDEADO $\alpha = .50$
1			
2	168	$176 = 175 + .10(180 - 175)$	178
3	159	$175 = 175.50 + .10(168 - 175.50)$	173
4	175	$173 = 174.50 + .10(159 - 174.75)$	166
5	190	$173 = 173.18 + .10(175 - 173.18)$	170
6	205	$175 = 173.36 + .10(190 - 173.36)$	180
7	180	$178 = 175.02 + .10(205 - 175.02)$	193
8	182	$178 = 178.02 + .10(180 - 178.02)$	186
9	?	$179 = 178.22 + .10(182 - 178.22)$	184

Para evaluar la exactitud de cada constante de suavización se pueden calcular las desviaciones absolutas y MADs

TRIMESTRE	TONELAJE DESCARGADO REAL	PRONOSTICO REDONDEADO $\alpha = .10$	DESV. ABS. PARA $\alpha = .10$	PRONOSTICO REDONDEADO $\alpha = .50$	DESV. ABS. PARA $\alpha = .50$
1	180	175	5	175	5
2	168	176	8	178	10

3	159	175	16	173	14
4	175	173	2	166	9
5	190	173	17	170	20
6	205	175	30	180	25
7	180	178	2	193	13
8	182	178	4	186	4

SUMA DE DESVIACIONES ABSOLUTAS = 84

$$MAD = \frac{\sum \text{desviaciones}}{N}$$

Sobre la base de este análisis una constante de suavización de  $\alpha = .10$  se prefiere a  $\alpha = .50$  porque es menor.

### Ejemplo.

Una empresa usa suavización exponencial simple con  $\alpha = 0.1$  para pronosticar una demanda. El pronóstico para la semana de febrero 1 fue de 500 unidades, mientras que la demanda real fue de 450 unidades.

A) Pronostíquese la demanda de la semana de febrero 8

B) Supóngase que la demanda real durante la semana de febrero 8 fue de 505 unidades. Pronostíquese la demanda de la semana de febrero 1. Continúese pronosticando hasta marzo 15, suponiendo que las demandas subsecuentes fueron realmente 516, 488, 467, 554 y 510 unidades.

$$\begin{aligned} A) \quad F_t &= F_{t-1} + \alpha(AT-1 - F_{t-1}) \\ &= 500 + 0.1(450-500) = 495 \text{ unidades} \end{aligned}$$

B) Arreglando el procedimiento en forma tabular

SEMANAS	DEMANDA REAL $A_{t-1}$	PRON. ANTERIOR $F_{t-1}$	ERROR DEL PRON. $A_{t-1} - F_{t-1}$	CORRECIÓN $\alpha(A_{t-1} - F_{t-1})$	PRON. NUEVO $F_t$
FEB 1	450	500	-50	-5	495
8	505	495	10	1	496
15	516	496	20	2	498
22	488	498	-10	-1	497
MAR 1	467	497	-30	-3	494
8	554	494	60	6	500
15	510	500	10	1	501

## PROMEDIOS MOVILES PONDERADOS

En el método de promedios móviles cada observación del cálculo del promedio móvil recibe la misma ponderación o peso. Una posible variante, a la que se conoce como promedios móviles ponderados, implica la selección de pesos distintos para cada valor de los datos para después calcular en calidad de pronóstico un promedio ponderado. En la mayor parte de los casos, la observación más reciente es la que recibe mayor ponderación y el peso disminuye por los pesos más antiguos. Por ejemplo, utilizando la serie de tiempo de ventas de gasolina, se procede a ilustrar el cálculo de un promedio móvil de tres semanas, en donde la observación más reciente recibe un peso de tres tantos el que se asigna a la observación más antigua y la siguiente observación más antigua recibe un peso del doble que la más antigua. El pronóstico para el promedio móvil ponderado para 4 semanas se calcularía de la siguiente manera:

Pronostico para el promedio móvil ponderado para cuatro semanas:

$$3/6(19) + 2/6(21) + 1/6(17) = 19.33$$

## AISLAMIENTO EXPONENCIAL

El aislamiento exponencial es una técnica de pronóstico en la que se utiliza un promedio ponderado de una serie de valores anteriores o pasados para pronosticar el valor de la serie de tiempo en el periodo siguiente. El modelo básico de aislamiento es el siguiente:

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha)F_t$$

En donde:

$F_{t+1}$ : Pronostico de la serie de tiempo para el periodo  $t+1$

$Y_t$ : Valor real de la serie de tiempo en el periodo  $t$

$F_t$ : Pronostico de la serie de tiempo para el periodo  $t$

$\alpha$ : constante de aislamiento ( $1 \leq \alpha \leq 1$ )

TABLA 3 Resumen de los pronósticos de aislamiento exponencial y de los errores de pronósticos para las ventas de gasolina con constante de aislamiento  $\alpha=0.2$ .

SEMANA (t)	VALOR DE LA SERIE DE TIEMPO ( $Y_t$ )	PRONOSTICO CON AISLAMIENTO EXPONENCIAL ( $F_t$ )	ERROR DE PRONOSTICO ( $Y_t - F_t$ )
1	17		
2	21	17.00	4.00
3	19	17.80	1.20

4	23	18.04	4.96
5	18	19.03	-1.03
6	16	18.83	-2.83
7	20	18.26	1.74
8	18	18.61	-0.61
9	22	18.49	3.51
10	20	19.19	0.81
11	15	19.35	-4.35
12	22	18.48	3.52

Índices estacionales: Un índice estacional (IE) es una razón que relaciona una variación estacional recurrente con el valor de tendencia correspondiente en un tiempo dado. Los analistas frecuentemente usan un método de razones con promedios móviles para datos tabulados en términos mensuales o trimestrales, y calculan un promedio móvil de 12 meses (o cuatro trimestres) para reducir las fluctuaciones estacionales. Los valores reales mensuales (o trimestrales) se promedian y aplican para pronosticar valores de tendencia.

Pronostico estacional izado = índice estacional (pronostico de tendencia)

Y estacional = (índice) (y pronostico de la tendencia) :

## EJEMPLO 6

A continuación se muestran las ventas mensuales de computadoras IBM en Hardwareland para 1992 – 1993

MES	DEMANDA DE VENTAS		DEMANDA PROMEDIO	DEMANDA MENSUAL PROMEDIO	INDICE ESTACIONAL PROMEDIO
	1992	1993	1992-1993		
ENERO	80	100	90	94	0.957
FEBRERO	75	85	80	94	0.851
MARZO	80	90	85	94	0.905
ABRIL	90	110	100	94	1.064
MAYO	115	131	123	94	1.309
JUNIO	110	120	115	94	1.223
JULIO	100	110	105	94	1.117
AGOSTO	90	110	100	94	1.064
SEPTIEMBRE	85	95	90	94	0.957
OCTUBRE	75	85	80	94	0.851
NOVIEMBRE	75	85	80	94	0.851

DICIEMBRE	80	80	80	94	0.851
-----------	----	----	----	----	-------

Demanda mensual promedio = 1128

$$\text{Demanda mensual promedio} = \frac{1128}{12} = 94$$

Utilizando estos índices estacionales, si se espera que la demanda anual para 1994 de computadoras sea 1200 unidades, la demanda mensual se pronosticaría de la siguiente forma:

MES	DEMANDA
ENERO	1200 / 12 (0.957) = 96
FEBRERO	1200 / 12 (0.851) = 85
MARZO	1200 / 12 (0.904) = 90
ABRIL	1200 / 12 (0.064) = 106
MAYO	1200 / 12 (1.309) = 131
JUNIO	1200 / 12 (1.223) = 122
JULIO	1200 / 12 (1.117) = 112
AGOSTO	1200 / 12 (1.064) = 106
SEPTIEMBRE	1200 / 12 (0.957) = 96
OCTUBRE	1200 / 12 (0.851) = 85
NOVIEMBRE	1200 / 12 (0.851) = 85
DICIEMBRE	1200 / 12 (0.851) = 85

### SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL

**EJEMPLO 7** El hospital Lakeside emplea un método de pronóstico móvil de nueve meses para predecir los requerimientos de inventarios de medicinas y ropa de cirugía. La demanda real de un artículo es la que se muestra en la tabla 9-16. Usando los datos anteriores de promedios móviles, conviértase a un pronóstico de suavización exponencial para el mes 33.

MESES	24	25	26	27	28	29	30	31	32
DEMANDA	78	65	90	71	80	101	84	60	73

$$DM = \frac{\sum X}{N \text{ periodos}} = \frac{78 + 65 + \dots + 60}{8} = 78.625$$

Por tanto, se supone que el pronóstico anterior fue  $F_t - 1 = 78.625$

$$\text{Entonces la } \alpha = \frac{2}{N + 1} = \frac{2}{9 + 1} = 0.2$$

Por lo que  $F_t = F_t - 1 + \alpha(A_t - 1 - F_t - 1) = 78 + 0.2(73 - 78) = 77.5$  unidades



**Ejemplo**

Un fabricante de zapatos, usando suavización exponencial con  $\alpha = 0.1$ , ha desarrollado un pronóstico de tendencia para enero de 400 unidades para zapatos de dama. Esta marca tiene índices estacionales de 0.80, 0.90 y 1.20, respectivamente, para los primeros tres meses del año. Suponiendo que las ventas reales fueron de 344 unidades en enero y 414 unidades en febrero, ¿Cuál debería ser el pronóstico que corresponde a la estación (ajustado) en marzo?

a) Desajustar en la estación la demanda real de enero

$$\text{Demanda} = \frac{344}{0.80} = 430$$

b) Calcular el pronóstico desajustado de la estación

$$\begin{aligned} F_t &= F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) \\ &= 400 + 0.1(430-400) = 403 \end{aligned}$$

c) El pronóstico ajustado de las estaciones para febrero debe ser:

$$F_t(\text{sz}) = 403(0.90) = 363$$

Repitiendo para febrero

$$\text{a) Demanda} = \frac{414}{(0.90)} = 460 \text{ unidades}$$

$$\text{c) } F_t = 403 + 0.1(460 - 403) = 409$$

$$\text{d) } F_t(\text{sz}) = 409(1.20) = 491$$

### **CAPITULO 3. MÉTODOS DE PRONÓSTICOS CAUSAL: ANÁLISIS E REGRESIÓN Y CORRELACIÓN**

Los modelos de pronósticos casuales generalmente consideran algunas variables que están relacionadas con la variable que se predice. Una vez que estas variables relativas se han encontrado, se construye y utiliza un modelo estadístico para pronosticar la variable de interés. Este intento es más poderoso que los métodos de series de tiempo que únicamente utilizan los datos históricos para pronosticar la variable. El modelo de pronóstico casual cuantitativo más común en el análisis de regresión línea. Una debilidad importante en los métodos causales como las regresiones que aún cuando se tengan una ecuación de regresión calculada, es necesario ofrecer un pronóstico de la variable independiente  $x_2$  antes de estimar la variable dependiente "y" para el siguiente periodo de tiempo.

### 3.1 METODOS DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN

Las técnicas de regresión y correlación cuantifican la asociación estadística entre dos o más variables. La regresión simple expresa la relación entre una variable dependiente "Y" y una variable independiente X en términos de la pendiente y la intersección de la línea que mejor se ajusta a las variables. La correlación simple expresa el grado o la cercanía de la relación entre dos variables en términos de un coeficiente de correlación que proporciona una medida indirecta de la variabilidad de dos puntos alrededor de una línea de ajuste.

Regresión: el método de regresión lineal simple toma la forma de  $Y_c = a + bX$ , Donde  $Y_c$  es la variable dependiente y la X es la variable independiente. Los valores de la pendiente b y la intersección a se obtienen usando las ecuaciones normales escritas en la forma conveniente:

$$b = \frac{\sum XY - n\bar{X}\bar{Y}}{\sum X^2 - n\bar{X}^2}$$

En las ecuaciones  $X = \frac{\sum X}{n}$  y  $Y = \frac{\sum Y}{n}$  son las medidas de las variables independientes y dependientes, y n es el número de pares de observaciones realizadas.

#### EJEMPLO 8

La demanda para la energía eléctrica de N.Y. Edison en el período 1987-1992 se muestra a continuación, en megawatts. Ajustar una línea recta con tendencia a estos datos y pronosticar la demanda de 1993.

AÑO	DEMANDA DE ENERGIA ELECTRICA	AÑO	DEMANDA DE ENERGIA ELECTRICA
1987	74	1991	105
1988	79	1992	142
1989	80	1993	122
1990	90		

Con una serie de datos en el tiempo, se pueden minimizar los cálculos mediante la transformación de los valores x (tiempo) a números más simples. Por lo tanto, en este caso, se puede designar a 1987 como año 1. 1988 como año 2 y así sucesivamente.

AÑO	PERIODO	DEMANDA DE ENERGIA ELECTRICA	X <sup>2</sup>	Xy
1987	1	74	1	74
1988	2	79	4	158
1989	3	80	9	240
1990	4	90	16	360
1991	5	105	25	525
1992	6	142	36	852
1993	7	122	49	854
	Σx=28	Σy=692	Σx <sup>2</sup> =140	Σxy=3063

$$X = \frac{\sum X}{n} = \frac{28}{7} = 4 \quad y = \frac{\sum Y}{n} = \frac{692}{7} = 98.86$$

$$b = \frac{\sum xy - nxy}{\sum x^2 - nx^2} = \frac{3063 - (7)(4)(98.86)}{140 - (7)(4)^2} = \frac{295}{28} = 10.54$$

$$a = y - bx = 98.86 - 10.54(4) = 56.70$$

En consecuencia, la ecuación de tendencia de los mínimos cuadrados es  $y = 56.70 + 10.54x$ . Para proyectar la demanda en 1994, primero se denota el año de 1994 en el nuevo sistema de codificación como  $x = 8$ .

$$\text{Demanda en 1994} = 56.70 + 10.54(8) = 141.02, \text{ o } 141 \text{ megawatts}$$

### EJEMPLO 9

El gerente general de una planta de producción de materiales de construcción considera que la demanda de embarques de aglomerado puede estar relacionado con el número de permisos de construcción emitidos en el municipio durante el trimestre anterior. El gerente ha recolectado los datos que se muestran en la tabla 9.7.

a) Calcúlense los valores de la pendiente  $b$  y la intersección  $a$

b) Determiné una estimación de los embarques cuando el número de permisos construcción es 30.

**Tabla 4** Datos de entrada para regresión

PERMISOS DE CONSTRUCCIÓN (X)	EMBARQUE DE CONGLOMERADO (Y)
15	6
9	4
40	16
20	6
25	13
25	9
15	10
35	16

Véase la tabla 5 y los cálculos siguientes.

**Tabla 5** Datos de regresión

X	y	xy	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
15	6	90	225	36
9	4	36	81	16
40	16	640	1,600	256
20	6	120	400	36
25	13	325	525	169
25	69	225	625	81
15	10	150	225	100
35	16	560	1,225	256
184	80	2,146	5,006	95

n= 8 pares de observación

$$\bar{X} = \frac{184}{8} = 23$$

$$\bar{y} = \frac{80}{8} = 10$$

$$b = \frac{\sum XY - n \bar{X} \bar{Y}}{\sum X^2 - n \bar{X}^2} = \frac{2,146 - 8(23)(10)}{5,006 - 8(23)(23)} = 0.395$$

$$a = \bar{Y} - b \bar{X} = 10 - 0.395(23) = 0.91$$

b) La ecuación de la regresión es:

$$Y_{\chi} = 0.91 + 0.395 X \quad (X = \text{permisos}, Y = \text{embarques})$$

Entonces, tomando  $X = 30$ ,

$$Y_{\chi} = 0.91 + 0.395(30) = 12.76 = 13 \text{ embarques.}$$

## EJEMPLO 10

Las membresías en el Body-BUILDER Helth Club, el más grande de Chicago, han sido registradas durante los últimos nueve años. La administración desearía determinar la tendencia matemática de las membresías con el fin de proyectar necesidades futuras del espacio. El estimado le ayudaría al club a determinar si es necesaria una futura expansión. Dados los siguientes datos en la serie del tiempo, desarrollar una ecuación de regresión relacionando las membresías con el tiempo. Entonces, pronosticar las membresías para 1995. Las membresías están en miles.

1985:17	1986:16	1987 : 16	1987: 21	1989: 20
1990:20	1991:23	1992 : 25	1993: 24	

Solución

AÑO	AÑO TRANSFORMADO x	MEMBRESIAS y (EN MILES)	X <sup>2</sup>	xy
1985	1	17	1	17
1986	2	16	4	32
1987	4	16	9	48
1988	4	21	16	84
1989	5	20	25	100
1990	6	20	36	120
1991	7	23	49	161
1992	8	25	64	200
1993	9	24	81	216
	Σx=45	Σy=182	Σx <sup>2</sup> =285	Σxy=978

$$\bar{X} = 45 / 9 = 5, \quad \bar{Y} = 182 / 9 = 20.22$$

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum X^2 - n\bar{X}^2} = \frac{978 - (9)(5)(20.22)}{285 - (9)(25)} = \frac{978 - 909.9}{285 - 225} = \frac{68.1}{60} = 1.135$$

$$\bar{a} = \bar{y} - b\bar{x} = 20.22 - (1.135)(5) = 20.22 - 5.673 = 14.545$$

$$\bar{y} \text{ (membresías)} = 14.545 + 1.135x$$

La proyección de membresías en 1995 ( que es X=11 en el sistema de codificación empleado) es:

$$y = 14.545 + (1.135)(11) = 22.03$$

27,030 miembros en 1995.

Otra forma de evaluar la relación entre dos variables es mediante el cálculo del coeficiente de correlación. Esta medida expresa el grado o fuerza de la relación lineal. Generalmente definida como r, el coeficiente de correlación, puede ser cualquier numero entre +1 y -1.

### 3.2 CORRELACION:

El coeficiente de correlación lineal simple r es un numero entre -1 y 1 que indica que también describe la línea de la relación entre las dos variables, r se designa como positiva si Y se incrementa cuando lo hace X, y negativa si Y decrece al incrementarse X. Una r de cero indica una ausencia de la relación entre las dos variables.

La nueva línea de correlación múltiple para nodel Construction, calculada por media de software en computadoras, es:

$$y=1.80 + 0.30 x_1 - 5.0x_2$$

También se encuentra que el nuevo coeficiente de correlación es de 0.96, que implica la inclusión de la variable  $x_2$ , las tasas de interés, y adiciona mas fuerza a la relación lineal.

Ahora se pueden estimar las ventas de Nodel si se sustituyen los valores para la norma del siguiente año y la tasa de interés. Si la nomina de Detroit será de \$600 millones y la tasa de interés será de 0.12 ( 12%), las ventas se pronosticaran como:

$$\begin{aligned} \text{Ventas (\$cientos de miles)} &= 1.80 + 0.30 (6) - 5.0 (0.12) \\ &= 1.80 + 1.8 - 0.6 \\ &= 3.0 \end{aligned}$$

$$\text{ventas} = \$ 300,000$$

La desviación de todos los puntos (Y) de la línea de regresión (Yc) consiste en la desviación contabilizada por línea de regresión (explicada) y la variación aleatoria (no explicada).

Variación total. Explicada + no explicada

$$\Sigma(Y - Y)^2 + \Sigma (Y - Y_c)^2 \quad -$$

El coeficiente de determinación  $r^2$  es la razón de la variación total:

$$r^2 = \frac{\Sigma (Y_c - Y)^2}{\Sigma (Y - Y)^2}$$

El coeficiente de correlación "r" es la raíz cuadrada del coeficiente de determinación.

$$r = \frac{\Sigma (Y_c - Y)^2}{\Sigma (Y - Y)^2}$$

cuando el tamaño de la muestra es lo suficiente grande (v.g, mayor de 50), el valor de r puede ser calculado más directamente con base en:

$$r = \frac{n \Sigma X Y - \Sigma X \Sigma Y}{[n \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2 / n \Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2]}$$

**EJEMPLO 11**

Un estudio para determinar la correlación entre embarques de aglomerado X y permisos de construcción Y revelo lo siguiente:

$$\begin{array}{ll} \Sigma X = 184 & \Sigma X^2 = 5006 \\ \Sigma Y = 80 & \Sigma Y^2 = 950 \\ \Sigma XY = 2146 & n=8 \end{array}$$

**CALCULESE EL COEFICIENTE DE CORRELACION:**

$$r = \frac{n \Sigma XY - \Sigma X \Sigma Y}{[n \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2 / n \Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2]}$$

$$r=0.90$$

La significación de cualesquier valor de r puede probarse estadísticamente con una hipótesis para mostrar que no existe correlación. Para probarlo, el valor calculado de r es comparado con un valor de tablas para un tamaño de muestra y un nivel de significancia dados.

**CAPITULO 4. CONTROLES DE PRONOSTICOS**

Una medida simple del error de pronóstico consiste en calcular la desviación de los valores reales de los pronosticados. Las desviaciones variaran positiva o negativamente, pero deben de tender a promediar aproximadamente cero si el pronostico es correcto.

Error del Pronostico = Demanda Real-Demanda Pronosticada.

Los errores individuales de los pronósticos se resumen en un estadístico tal como el error promedio, error cuadrado medio, o desviación absoluta media (DAM).

$$DAM = \frac{\Sigma |\text{error}|}{n}$$



En los cálculos anteriores de alisamiento exponencial se utilizó una constante de alisamiento de  $\alpha = 0.2$ . aunque cualquier valor de entre 0 y 1 es aceptable, algunos valores dan mejores pronósticos que otros. Se puede obtener una idea sobre la selección para describir el modelo básico de alisamiento exponencial de la siguiente manera:

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1-\alpha) F_t$$

$$F_{t+1} = F_t + \alpha (Y_t - F_t)$$

PRONOSTICO EN EL PERIODO  $t$       ERROR DE PRONOSTICO EN EL PERIODO  $t$

Así se observa que el nuevo pronóstico  $F_{t+1}$  es igual al pronóstico anterior,  $F_t$ , mas un ajuste que es  $\alpha$  veces el error de pronóstico mas reciente,  $Y_t - F_t$ . Es decir, se obtiene el pronóstico en el periodo  $t+1$  ajustado el pronóstico en el periodo  $t$  en una fracción del error del pronóstico. Si la serie de tiempo contiene una considerable variabilidad aleatoria, se prefiere un valor reducido de la constante de alisamiento. La razón de esta selección es que, como gran parte del error del pronóstico se debe a variación aleatoria, no se desea razonar en exceso y ajustar demasiado pronto los pronósticos y, por ello, se permite que el pronóstico reaccione mas pronto ante condiciones cambiantes.

El criterio que se utiliza para determinar un valor deseable para la constante de alisamiento  $\alpha$  es el mismo criterio que se propuso antes para determinar el numero de periodos de datos que deben incluirse en el Calculo de promedios móviles. Es decir, se elige el valor de  $\alpha$  que minimiza el promedio de los cuadros de los errores (ECM). En la Tabla 16.4 se presenta un resumen de los Cálculos del ECM para pronósticos de alisamiento exponencial de las ventas de gasolina con  $\alpha = 0.2$ . Obsérvese que existe un termino de error al cuadrado menos que el numero de periodos porque no se tenían valores anteriores con los cuales hacer un pronóstico para el periodo 1. ¿Un valor Diferente de  $\alpha$  hubiera arrojado los mejores resultados en términos de un valor menor al ECM? Es posible que la forma mas directa de responder a esta pregunta sea simplemente ensayar otro valor de  $\alpha$ . En este caso se compara este promedio de los cuadrados de los errores con el valor del ECM de 8.98 que se obtuvo utilizando una constante de alisamiento de 0.2.

**TABLA 6 Cálculos para el error cuadrático medio en pronósticos de ventas de gasolina con  $\alpha = 0.2$**

Semana (t)	Valor de la Serie De Tiempo (Yt)	Pronostico (Ft)	Error de Pronostico (Yt-Ft)	Cuadro del Error De pronósticos (Yt-Ft) <sup>2</sup>
1	17			
2	21	17.00	4.00	16.00

3	19	17.80	1.20	1.44
4	23	18.04	4.96	24.60
5	18	19.03	-1.03	1.06
6	16	18.83	-2.83	8.01
7	20	18.26	1.74	3.03
8	18	18.61	-0.61	.37
9	22	18.49	3.51	12.32
10	20	19.19	0.81	0.66
11	15	19.35	-4.35	18.92
12	22	18.48	3.52	12.39
			<b>Total</b>	98.80

Error Cuadrático Medio (ECM) =  $98.80/11 = 8.98$

Los resultados del alisamiento exponencial con  $\alpha = 0.3$  se muestran en la Tabla 6 con un ECM= 9.35, se observa que para el conjunto actual de datos una constante de alisamiento de  $\alpha = 0.3$  da como resultado una menor precisión en los pronósticos que con una constante de alisamiento de  $\alpha = 0.2$  por ello pudiera preferirse la constante de alisamiento  $\alpha = 0.2$ . Haciendo el calculo de ensayo y error con otros valores de  $\alpha$  . puede encontrarse un buen valor para la constante de alisamiento, exponencial para ofrecer pronósticos para el futuro. En una fecha posterior, después de que se han obtenido otras diversas observaciones nuevas de la serie de tiempo, resulta ser una buena practica analizar los datos de las serie de tiempo recién recopilados para observar si se debe modificar la constante de alisamiento para mejorar los resultados de los pronósticos.

**TABLA 7 Cálculos para el error cuadrático medio en pronósticos de ventas de gasolina con  $\alpha = 0.3$**

Semana (t)	Valor de la Serie De Tiempo (Yt)	Pronostico (Ft)	Error de Pronostico (Yt-Ft)	Cuadro del Error De pronósticos (Yt-Ft) <sup>2</sup>
1	17			
2	21	17.00	4.00	16.00
3	19	18.20	0.80	0.64
4	23	18.44	4.56	20.79
5	18	19.81	-1.81	3.28
6	16	19.27	-3.27	10.69
7	20	18.29	1.71	2.92
8	18	18.80	0.80	.64
9	22	18.56	3.44	11.83

10	20	19.59	0.41	0.17
11	15	19.71	-4.71	22.18
12	22	18.30	3.70	13.69
			<b>Total</b>	102.83

Error Cuadrático Medio (ECM) =  $102.83/11=9.35$

Un método para evaluar una técnica de pronóstico consiste en obtener la suma de los errores absolutos. La desviación Absoluta de la Media ( DAM) mide la precisión de un pronóstico mediante el promedio de la magnitud de los errores de pronóstico ( valores absolutos de cada error). La DAM resulta de gran utilidad cuando el analista desea medir el error de pronóstico en las mismas unidades de la serie original. La ecuación 4.5 muestra como se calcula la DAM.

$$DAM = \frac{\sum_{T=1}^n Y_t - \hat{Y}_t}{n}$$

Otro método para evaluar una técnica de pronóstico es el Error Medio Cuadrado (EMC). Cada error o residual se eleva al cuadrado, luego , estos valores se suman y se divide entre el numero de observaciones. Este enfoque penaliza los errores mayores de pronósticos ya que eleva cada uno al cuadrado. Esto es importante pues en ocasiones pudiera ser preferible una técnica que produzca errores moderados a otra que por lo regular tenga errores pequeños, pero que ocasionalmente arroje algunos en extremos grandes. La Ecuación 4.6 muestra el Calculo del EMC.

$$EMC = \frac{\sum_{T=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n}$$

En ocasiones, resulta más útil calcular los errores de pronósticos en términos de porcentaje y no en cantidades. El porcentaje de Error Medio Absoluto (PEMA) se calcula encontrando el error absoluto en cada periodo y después promediando esos errores absolutos de porcentaje. También se puede utilizar el PEMA para comparar la precisión de la misma u otra técnica sobre dos series completamente diferentes.

$$PEMA = \frac{\sum_{T=1}^n \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t}}{n}$$

A veces resulta necesario determinar si el método de pronóstico está sesgado o pronóstico consistentemente alto o bajo. En estos casos se emplea el Porcentaje medio de error (PME) que se calcula dividiendo el error encontrado en cada periodo y promediando después estos porcentajes de error. Si un enfoque de pronóstico o está sesgado la ecuación siguiente producirá un valor cercano a cero, si el resultado es un porcentaje negativo grande, el método de pronóstico está sobreestimado de manera consistente. Si el resultado es un porcentaje positivo grande, el método de pronóstico está subestimado en forma consistente.

$$PEMA = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t}}{n}$$

Cuando la desviación promedio (DAM) se divide entre la desviación acumulada  $[\sum(\text{real} - \text{pronóstico})]$ , el resultado es una señal de patrón:

$$\text{Señal de patrón} = \frac{\sum(\text{real} - \text{pronosticado})}{(\text{DAM})}$$

Las señales de patrón sirven para monitorear que también un pronóstico está prediciendo los valores reales. Expresa la desviación acumulada (También llamadas sumatoria del error del pronóstico, SEP) en términos del número de desviaciones promedio (DAM). Los límites de acción para las señales del patrón comúnmente varían de tres a ocho. Cuando se va más allá de este rango, puede requerirse una acción correctiva.

## EJEMPLO 12

A continuación se muestran las ventas trimestrales (en miles) de Spot – Less Dry Cleaners, así como sus ventas pronosticadas y los cálculos de error. El objetivo es el de calcular la señal de rastreo y determinar si sus pronósticos se comportan adecuadamente.

TRIMESTRE	VENTAS PRONOSTICADAS	VENTAS REALES	ERROR	RSFE	ERROR DEL PRONOSTICO	ERROR ACUMULADO	MAD	SEÑAL DE RASTREO
1	100	90	-10	-10	10	10	10.0	-1
2	100	95	-5	-15	5	15	7.5	-2
3	100	115	+15	0	15	30	10.0	0
4	100	100	-10	-10	10	40	10.0	-1

							0	
5	100	125	+15	+5	15	55	11. 0	+0.5
6	100	140	+30	+35	30	85	14. 2	+2.5

$$\text{MAD} = \frac{\Sigma \text{Errores de pronostico}}{(\text{DAM})} = \frac{85}{6} = 14.2$$

$$\text{SEÑAL DE RASTREO} = \frac{\text{RSFE}}{\text{MAD}} = \frac{35}{14.2} = 2.5 \text{ MAD's}$$

Esta señal de trastro se encuentra dentro de los límites aceptables. Se observa que se movió de  $-2.0$  MADs

### EJEMPLO 13

Un producto valioso tiene un limite de acción para la señal de patrón de 4 y ha sido pronosticado como se muestra en la tabla. Calcúlese la señal e indíquese cualquier acción correctiva apropiada

PERIODO	REAL	PRONOSTICO	ERROR (A-F)	ERROR	$\frac{(\text{ERROR})^2}{(A-F)^2}$
1	80	78	2	2	1
2	92	79	13	13	169
3	71	83	-12	12	144
4	83	79	4	14	16
5	90	80	10	10	100
6	102	83	19	19	361

TOTALES: 36 60 794

$$\text{DAM} = \frac{\Sigma \text{Error}}{n} = \frac{60}{6} = 10$$

$$\text{SEÑAL DE PATRON} = \frac{\Sigma (\text{Real} - \text{pronóstico})}{\text{DAM}} = \frac{36}{10} = 3.6$$

No se excedió el limite de acción por lo tanto, no se requiere ninguna acción.

### 4.1 DESVIACIÓN ESTANDAR DE LA REGRESIÓN

Una línea de la regresión describe la relación entre un valor dado de la variable independiente  $x$  y la media de  $y_{gx}$  de la distribución de probabilidad correspondiente de la variable dependiente  $Y$ . El punto estimado, o pronóstico, es la media de la distribución para un valor dado  $X$ . La desviación estándar de la regresión  $S_{ex}$  es una medida de dispersión de los datos alrededor de la línea de regresión.

$$S_{ex} = \frac{\sum y^2 - a\sum y - b\sum xy}{n-2}$$

#### EJEMPLO 14

Calcular el error estándar de la estimación para los datos de Nodel en ejemplo 8. el único número necesario que no esta disponible para resolver  $S_{ex}$  es  $\sum y^2$  una suma rápida revela que  $\sum y^2 = 39.5$ . Por lo tanto:

$$S_{ex} = \frac{\sum y^2 - a \sum y - b \sum xy}{n-2}$$

$$= \frac{39.5 - 1.75(15) - 0.25(51.5)}{6.2}$$

$$= 0.306 \text{ ( en cientos de miles)}$$

El error estándar del estimado es entonces de \$ 30600 en ventas.

#### EJEMPLO 15

En el ejemplo 8 observamos la relación entre las ventas de edificios de oficina de Nodel Construction Compañía y la nómina en Detroit. Ahora, para calcular el coeficiente de correlación para los datos mostrados, únicamente es necesario adicionar una columna más de cálculos (para  $y^2$ ) y aplicar entonces la ecuación para  $r$ .

Y	x	X <sup>2</sup>	xy	Y <sup>2</sup>
2.0	1	1	2.0	4.0
3.0	3	9	9.0	9.0
2.5	4	16	10.0	6.25
2.0	2	4	4.0	4.0
2.0	1	1	2.0	4.0
3.5	7	49	24.5	12.25
$\sum y = 15.0$	$\sum x = 18$	$\sum x^2 = 80$	$\sum by = 51.5$	$\sum y^2 = 39.5$

$$R = \frac{(6)(515) - (18)(15.0)}{[6(80) - (18)^2] [(6)(39.5) - (15.0)^2]}$$

$$= \frac{39}{43.3} = 0.901$$

El valor de 0.901 para r representa ser una correlación significativa y ayuda a confirmar la estrecha relación entre las dos variables.

### ESTIMACIÓN DE INTERVALO:

Se puede establecer una predicción de intervalo para un valor pronosticado individual de YC usando la expresión :

$$\text{Intervalo de predicción} = YC + - t \text{ Sino}$$

Donde "t" valor de la tabla de la distribución "t" para el nivel de confianza especificado, y:

$$S_{ind} = S_{xy} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x-x)^2}{\sum(x-x)^2}}$$

para muestras grandes se puede utilizar la distribución normal (Z) en el lugar de la "t" y entonces:

$$\text{intervalo de predicción} = Yc + Z ( S_{yx})$$

$$Yc = a + bx$$

En donde "b" es la dependiente de la línea de regresión "b" puede ser probada calculando:

$$T_{calc} = b/Sb$$

$$Sb = S_{yx} / \sqrt{\sum(x-x)^2}$$

Si el valor de  $t_{calc} > t$  de la tabla, la relación entre "x" y "y" es estadísticamente significativa ( lo mismo para "z").

### TABLA 8

Cálculos para los métodos de evaluación de pronósticos del ejemplo 4.5

PERÍODO T	DATOS Yt CLIENTES	PRONÓSTICO Yt	et	Yt - Y	(Yt - Y)	Et/Yt	Et/Yt
1	58	-	-	-	-	-	-
2	54	58	-4	4	16	7.4	-7.4
3	60	54	6	6	36	10.0	10.0
4	55	60	-5	5	25	9.1	-9.1
5	62	55	7	7	49	11.3	11.3
6	62	62	0	0	0	0.0	0.0

7	65	62	3	3	9	4.6	4.6
8	63	65	-2	2	4	3.2	-3.2
9	70	63	7	7	49	10.0	10.0
SUMAS:			12	34	188	55	16.2

$$DAM = \frac{\sum_{T=1}^n Y_t - Y_t}{n} = 34 / 8 = 4.3$$

$$EMC = \frac{\sum_{T=1}^n (Y_t - Y_t)^2}{n} = 188 / 8 = 23.5$$

$$PEMA = \frac{\sum_{T=1}^n Y_t - Y_t}{n} = 34 / 8 = 6.95 \%$$

$$PEMA = \frac{\sum_{T=1}^n Y_t - Y_t}{n} = 16.2 / 8 = 2.03\%$$

### Exploración de patrones de datos mediante análisis de autocorrección.

Cuando se mide una variable a través del tiempo, con frecuencia está correlacionada consigo misma cuando se desfasa uno o más periodos. Esta correlación se mide mediante el coeficiente de auto correlación.

Auto correlación: es la correlación existente entre una variable desfasada uno o más periodos y la misma variable.

Los coeficientes de auto correlación para diferentes desfases de tiempo de una variable se emplean para identificar patrones en las series de tiempo de datos.

Comúnmente se usa la ecuación:

$$R1 = \frac{\sum_{T-1}^n (Y_t - Y) (Y_{t-1} - Y)}{\sum_{T-1}^n (Y_t - Y)^2}$$



T -1

Para calcular el coeficiente de auto correlación de primer orden ( $r_1$ ) o la correlación entre  $Y_t$  y  $Y_{t-1}$ .

Donde:

$r_1$  = coeficiente de auto correlación.

$Y$  = media de los valores de la serie.

$Y_t$  = observaciones en el período  $t$ .

$Y_{t-1}$  = observación en un período anterior o en el período  $t-1$ .

La ecuación:

$$R_k = \frac{\sum_{T=1}^{n-k} (Y_t - Y)(Y_{t+k} - Y)}{\sum_{t=1}^n (Y_t - Y)^2}$$

Es la formula para calcular el coeficiente de auto correlación de orden  $k$  ( $r_k$ ), entre observaciones separadas por  $k$  periodos  $Y_t$  u  $Y_{t-k}$ .

Si una serie es aleatoria, la correlación entre  $Y_t$  y  $Y_{t-1}$  es cercana a cero y los valores sucesivos de la serie de tiempo no guardan relación entre si. En realidad, los coeficientes de autocorrelacion se pueden probar en forma simultanea para todos los periodos de desfase. Si la serie es en efecto aleatoria, la mayoría de los coeficientes de autocorrelacion debe ubicarse dentro de un nivel especificado por 0, mas o menos un cierto numero de errores estándar. A un nivel especifico de confianza, se puede considerar aleatoria una muestra si los coeficientes de autocorrelacion calculados se encuentran todos dentro del intervalo producido por la ecuación:

$$0 \pm z (1 / \sqrt{n})$$

Si una serie tiene una tendencia  $Y_t$  y  $Y_{t-1}$  están altamente correlacionados y es típico que los coeficientes de autocorrelacion sean diferentes de cero de manera significativa para varios de los primeros periodos de desfase y caigan gradualmente hacia cero al incrementarse el numero de periodos el coeficiente de autocorrelacion para el periodo de fase 1 es por lo regular muy grande (cercano a 1). El coeficiente para el periodo de desfase 1, ya que se emplea un termino menos para calcular su numerador.

Si una serie tiene un patrón estacional, se presentara un coeficiente de autocorrelacion significativo en el periodo de desfase correspondiente: cuatro en los datos trimestrales o doce en los datos mensuales.

Si una serie tiene una tendencia, existe una relación significativa entre los valores sucesivos de la serie de tiempo. Es típico que los coeficientes de autocorrelacion sean significativamente diferentes de cero para varios de los primeros periodos de desfase y caigan después gradualmente hacia cero al incrementarse el número de periodos.

Una serie estacionaria es aquella cuyas propiedades estadísticas básicas, con la media y la varianza permanecen constantes en el tiempo. Se dice que una serie que no presenta crecimiento o declinación es estacionaria. Una serie que tiene una tendencia se dice que es no estacionaria.

Los coeficientes de autocorrelacion de datos estacionarios caen a cero después del segundo o tercer periodo de desfase, mientras que las series no estacionarias son significativamente diferentes de cero durante varios periodos.

En estas series no estacionarias se deben quitar la tendencia antes de realizar cualquier análisis posterior. Para quitar la tendencia de una serie no estacionaria se utiliza un método denominado diferenciación, se resta  $Y_t$  de  $Y_{t-1}$ ,  $Y_{t-1}$  se resta de  $Y_{t-2}$  y así sucesivamente para crear una nueva serie. En esta nueva forma, la media y la varianza permanecen constantes a través del tiempo y la serie es estacionaria.

Si una serie es estacional, un patrón se repite a si mismo en forma regular durante un intervalo particular (por lo regular un año), y se representaran coeficientes de autocorrelacion significativos en el periodo de desfase correspondiente. Si se analizan datos trimestrales, aparecerá un coeficiente de autocorrelacion significativo en el periodo de desfase 4. Si los datos analizados son mensuales, aparecerá un coeficiente de autocorrelacion significativo en el periodo de desfase 12. Esto es, enero se correlacionara con los otros eneros, febrero con los otros febreros, etc.

## **CAPITULO 5 METODOS CON TENDENCIA**

### **5.1 METODO DE HOLT**

**ATENUACION EXPONENCIAL AJUSTADA A LA TENDENCIA:**

#### **METODO DE HOLT**

Otra técnica que se usa con frecuencia para manejar una tendencia lineal se denomina método de dos parámetros de Holt atenúa en forma directa la tendencia y la pendiente empleando diferentes constantes de atenuación para cada una de ellas.

En el enfoque de Brown, solo se usaba una constante de atenuación y los valores estimados de la tendencia serán muy sensibles a variaciones aleatorias.

La técnica de Holt proporciona mayor flexibilidad al seleccionar las proporciones a las que se rastrearán la tendencia y la pendiente.

Las tres ecuaciones que se utilizan en esta técnica son:

1. la serie exponencial atenuada:

$$A_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1})$$

2. La estimación de la tendencia:

$$T_t = \beta (A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

3. El pronóstico de P periodos en el futuro:

$$Y_{t+p} = A_t + pT_t$$

En donde:

$A_t$  : Nuevo valor atenuado

$\alpha$ : Constante de acentuación de los datos ( $0 \leq \alpha \leq 1$ )

$Y_t$ : Nueva observación o valor de la serie en el periodo t

$\beta$ : Constante de atenuación de la estimación de la tendencia ( $0 \leq \beta \leq 1$ )

$T_t$ : Estimación de la tendencia

P: Periodos a pronosticar en el futuro

$Y_{t+P}$ : Pronóstico de p periodos en el futuro

La primera ecuación es muy similar a la ecuación original de atenuación exponencial simple, con excepción de que se incorpora un nuevo término ( $T_t$ ) para la tendencia. La estimación de la tendencia se calcula tomando la diferencia entre los valores sucesivos de la atenuación exponencial ( $A_t - A_{t-1}$ ).

Ya que los valores sucesivos se atenuaron con fines de aleatoriedad, su diferencia constituye una estimación de la tendencia de los datos.

Para atenuar la estimación de la tendencia se utiliza la segunda constante de acentuación B.

La ecuación 2, muestra que la estimación de la tendencia ( $A_t - A_{t-1}$ ) se multiplica por  $\beta$  y se suma después a la anterior estimación de la tendencia ( $T_t$ ), multiplicada por  $(1 - \beta)$ . La ecuación 2 es similar a la 1, excepto que la atenuación se realiza para la tendencia en vez de para los datos reales. El resultado de la ecuación 2 es una tendencia atenuada que excluye cualquier aleatoriedad.

La ecuación 3 muestra el pronóstico de p periodos a futuro. Se multiplica la estimación de la tendencia ( $T_t$ ) por el número de periodos del pronóstico p y el producto se suma después al nivel actual de los datos  $A_t$  para eliminar la aleatoriedad.

La tabla 5.9 ilustra la atenuación exponencial ajustada a la tendencia, para los datos Acme Tool Company. Para comenzar, se requieren dos valores estimados iniciales, el valor inicial estimado y el valor inicial de la tendencia. Por lo regular, el valor inicial atenuado se estima promediando unas cuantas observaciones anteriores de la serie. El valor inicial de la tendencia se estima mediante el uso de la pendiente de la ecuación de la tendencia obtenida de datos anteriores. Si no hay datos anteriores, se usa cero como estimación inicial.

El valor de alfa es similar al modelo de atenuación (ecuación 5.12) y atenúa los datos para eliminar aleatoriedad. La constante de atenuación es como  $\alpha$ , excepto que atenúa la tendencia de los datos. Ambas constantes de atenuación eliminan aleatoriedad ponderando valores anteriores.

En la tabla 9 se demuestra la técnica para  $\alpha=0.3$  y  $\beta=0.1$ . A continuación se presentan los cálculos que conducen al pronóstico del periodo 3.

1.- Actualización de la serie exponencialmente acentuada:

$$A_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)(A_{t-1} + T_{t-1})$$

$$A_2 = 0.3y_2 + (1-0.3)(A_{2-1} + T_{2-1})$$

$$= 0.3(350) + 0.7(500+0) = 455$$

2.- Actualización de la estimación de la tendencia:

$$T_t = \beta (A_t - A_{t-1}) + (1-\beta)T_{t-1}$$

$$T_2 = 0.1(A_2 - A_{2-1}) + (1-0.1) T_{2-1}$$

$$= 0.1(455-500) + 0.9(0) = -4.5$$

3.- Pronóstico de un periodo a futuro

$$Y_{t+p} = A_t + pT_t$$

$$Y_{2+1} = A_2 + pT_2$$

$$Y_3 = 455 + (-4.5) = 450.5$$

4.- Determinación del error del pronóstico.

$$e_t = Y_t - \hat{y}_t$$

$$e_3 = y_3 - \hat{y}_3 = 250 - 450.5 = -200.5$$

El pronóstico para el periodo 25 se calcula como:

1.- Actualización de la serie exponencialmente:

$$A_{24} = 0.3y_{24} + (1-0.3)(A_{24-1} + T_{24-1})$$

2.- Actualización de la estimación de la tendencia:

$$\begin{aligned} T_{24} &= 0.1(A_{24} - A_{24-A}) + (1-0.1)T_{24-1} \\ &= 0.1(546.2 - 517.6) + 0.9(9.8) = 13.5 \end{aligned}$$

3.- Pronóstico de un periodo a futuro:

$$\begin{aligned} Y_{24+1} &= a_{24} + Pt_{24} \\ Y_{25} &= 564.2 + (13.5) = 577.7 \end{aligned}$$

**TABLA 9 PRONÓSTICO DE ATENUACIÓN EXPONENCIAL DE LAS VENTAS DE ACME TOOL COMPANY, TECNICA DE HOLT, PARA EL EJEMPLO**

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
T	Y <sub>t</sub>	A <sub>t</sub>	T <sub>t</sub>	Y <sub>t</sub>	E <sub>t</sub>
1	500	500.0	0	500.0	0
2	350	455.00	-4.5	500.0	-150
3	250	390.4	-70.5	450.5	-200.5
4	400	385.9	-9.9	379.8	20.2
5	450	398.2	-7.7	376.0	74.0
6	350	378.3	-8.9	390.5	-40.5
7	200	318.6	-14	369.4	-169.4
8	300	303.2	-14.1	304.6	-4.6
9	350	307.4	-12.3	389.1	60.9
10	200	266.6	-15.2	395.1	-95.0
11	150	221.0	-18.2	251.4	-101.4
12	400	262.0	-12.3	202.8	197.2
13	550	339.8	-3.3	249.7	300.3
14	350	340.6	-2.9	336.5	13.5
15	250	311.4	-5.5	337.7	-87.7
16	550	379.1	1.8	305.9	244.1
17	550	431.7	6.9	381.0	169
18	400	427.0	5.7	438.6	-38.6
19	350	407.9	3.3	432.7	-82.7
20	600	467.8	8.93	411.2	188.8
21	750	558.7	17.1	476.8	273.2
22	500	553.1	14.8	575.9	-75.9
23	400	517.6	9.8	567.9	-167.9

24	650	564.2	13.5	527.4	122.6
25				577.7	

Con base en la minimización del error medio cuadrado (EMC), éste método no resulta mejor que el de atenuación exponencial de 0.34, si se comparan los porcentajes de error medio absoluto (PEMA) el método de Holt parece desempeñarse mejor.

También el porcentaje de medio error (PME) resulta menor el método de Holt.

$\alpha=0.34$                       EMC=21,421                      PEMA=35.41%  
PME=-11.5%

$\alpha=0.30$                                       EMC=22,280                      PEMA=33.48%  
PME=-6.65%  
 $\beta=0.10$

$\alpha=0.30$                                       EMC=22,349                      PEMA=33.74%  
PME=-6.22%  
 $\beta=0.20$

Al utilizar un programa de computadora que elige de manera automática las constantes de atenuación,  $\alpha$  es igual a 0.3 y  $\beta$  es igual a 0.2. El EMC se reduce ligeramente a 22,349 y el PEMA se mantiene casi igual en 33.74%. El porcentaje medio de error (PME) es 6.22%, y que significa que las predicciones basadas en este modelo son aún consistentemente grandes. Se necesita investigar la posibilidad de que haya en los datos una variación estacional.

## CAPITULO 6 INTRODUCCIÓN A METODO DE BALANCEO

El departamento de control de producción (Production Control Department), es el que hace el enlace entre la compañía y el cliente, es la ventana por medio de la cual se conocen todos los modelos y las cantidades a producir, además de las fechas de entrega al cliente.

De acuerdo a negociaciones, son establecidos los niveles de capacidad de producción, disponibilidad de línea, de gente, de embarques, y todo con el fin de llegar a trabajar de manera correcta en la requisición, producción y entrega de un producto.

Se puede decir que es el departamento que tiene más trato con el cliente y el cual es a final de cuentas el que principia y termina el ciclo

de cualquier planta : desde recibir el requerimiento del cliente hasta enviar el material al mismo, así como canalizar futuros proyectos para la compañía.

El presente es una descripción muy práctica y principalmente real de que actualmente es esta área la de Control de Producción, y la cual espero y este lo suficientemente clara y completa y pueda servir de apoyo a cualquier persona interesada en la misma.

## REQUERIMIENTOS

Generalmente hay 2 formas en que un cliente puede requerir sus productos:

- **Requerimientos con pronósticos (Releases)**
- **Requerimientos firmes ( o comúnmente llamados “orden de compra”)**

### 6.1 REQUERIMIENTO CON PRONOSTICO

Llamados También **Releases**, son los documentos que permiten ver las cantidades solicitadas por el cliente para las próximas semanas y que se proyecta desde 2 semanas hasta 6 meses según sea el cliente (muchos clientes tienen bien definidas sus niveles de ventas y es por eso que mantienen semanas según se vaya presentando el mercado).

Ejemplo de reléase semanal

Modelo	Semana	12-Feb	19-Feb	26-Feb	05-Mar	12-Mar	19-Mar
37568	requerimiento	50	60	55	60	55	50
	Requerimiento acumulado	22550	2310	2365	2425	2480	2530

En el anterior ejemplo resalta la siguiente información:

- El volumen por semanas de 55 piezas por promedio,
- Nos muestra el acumulado requerido en piezas por cliente desde un inicio, 2250, 2310, 2365, 2425, ..., etc.
- Solo muestra 6 semanas de requerimientos, lo cual es una desventaja para efectos de planeación a futuro, ya que no sabemos como vendrá la producción a 2, 3, o 6 meses, es decir, no sabemos a ciencia cierta si la producción se

incrementará o se disminuirá, solo tenemos el efecto inmediato en semanas.

Modelo	Semana	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
37542	Requerimiento mensual	200	225	275	295	315	350
	Requerimiento acumulado	2250	2475	2750	3045	3360	3710

Incremento en  
%

12.50% 37.50% 47.50% 57.50% 75.00%

En este reléase se muestran los siguientes datos:

- Indica que se aproxima un incremento sustancial a 2 meses y que se proyecta hasta un 75% a 5 meses,
- Esto obliga a un análisis de capacidad de las líneas de producción,
- Se tiene que revisar el espacio de la planta si es necesario
- Cantidad de personal para esta carga de producción
- Incremento en materiales
- Análisis de equipo instalado, etc.
- También se muestra que no está claro el volumen que el cliente necesita por semana, dejando a criterio de la compañía y de cada planeador, la forma de embarcar con el único requisito de cumplir a tiempo las cantidades puestas en este documento

Tanto el semanal como el mensual tienen sus ventajas y desventajas, aun con esto no debe de representar mayor problema la forma de marcar el material al cliente, ya que el departamento de Control de Producción tiene como función principal establecer contacto con el cliente y servirle de la mejor manera al mismo.

Pero un reléase ideal es como el que a continuación se muestra:

Modelo	Semana	12-Feb	19-Feb	26-Feb	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
37580	Requerimiento	50	60	55	295	315	350	350	350
350	Requerimiento acumulado	2250	2310	2365	2660	2975	3325	3675	4025



Para Este tipo de reléase se resalta lo siguiente:

- Se ve claramente el requerimiento que el cliente necesita se le embarque por semana,
- Deja en claro la tendencia que se proyecta a futuro para este diseño,
- Con todo esto, se puede realizar una planeación mas efectiva y correcta tanto para tener un mejor control interno en la compañía como externa con el cliente.

## 6.2 REQUERIMIENTOS FIRMES (ORDENES DE COMPRA)

Llamados también Purchase Order (orden de compra), son requerimientos que el cliente hace en forma fija y sin proyección a futuro de cualquier diseño.

Ejemplo de orden de compra:

<h1>Isuzu Industries</h1>	
<b>Purchase Order # 011001</b> 01	Date: 2- feb-
<b>Customer name: Annu Mishima</b>	
Qty:	100 pieces
Delivery date:	02-Mar-01
<b>*Isuzu will be able to cancel this order within 15 days before the delivery date without any concern abot materials and other payments.</b>	

Para este tipo de requerimientos, se muestra generalmente lo siguiente:

- El nombre del cliente
- La fecha en que se envía
- El número de la orden
- La cantidad requerida por el cliente,
- La fecha en que requiere el material
- Así como el acuerdo de cancelación dentro de un tiempo definido el cual varía según sea el caso, o en algunos clientes este último no está incluido

### **6.3 PROGRAMACIÓN: PLAN DE 6 MESES**

Una vez que se reciben los releases del cliente y se han aceptado los requerimientos, se procede a analizar primero los materiales para ver cuales van a ser las prioridades para el departamento de comparas, principalmente poniendo atención a los que incrementaron debido a un incremento en un diseño o a un cambio de ingeniería

Para lograr esto se requiere de un plan que incluya tanto los volúmenes pedidos por el cliente como la producción indispensable para cumplir con esos requerimientos.

El plan que se utiliza en este caso es el llamado Plan de 6 meses (este periodo de tiempo varia según el tipo de compañía).

Este plan es el plan mediante el cuales hace la evaluación a futuro de la compañía teniendo los siguientes usos:

- Compra de materiales, en la cual se analizan: excesos de inventario, futuros componentes obsoletos, introducción de nuevos componentes, etc.
- Análisis de personal para futuras contrataciones o congelamiento de las mismas, y mediante el cual la gerencia toma como base para la distribución de la carga de producción
- Líneas de producción necesarias de acuerdo a los requerimientos, en espacio, maquinas, etc.
- Refleja el nivel de ventas del cliente, ya que es ideal para ver el aumento de "mezclas" en los diseños de los clientes y su proyección
- Así como muchas otras utilizaciones de provecho para la compañía o para el mismo departamento de Control de Producción

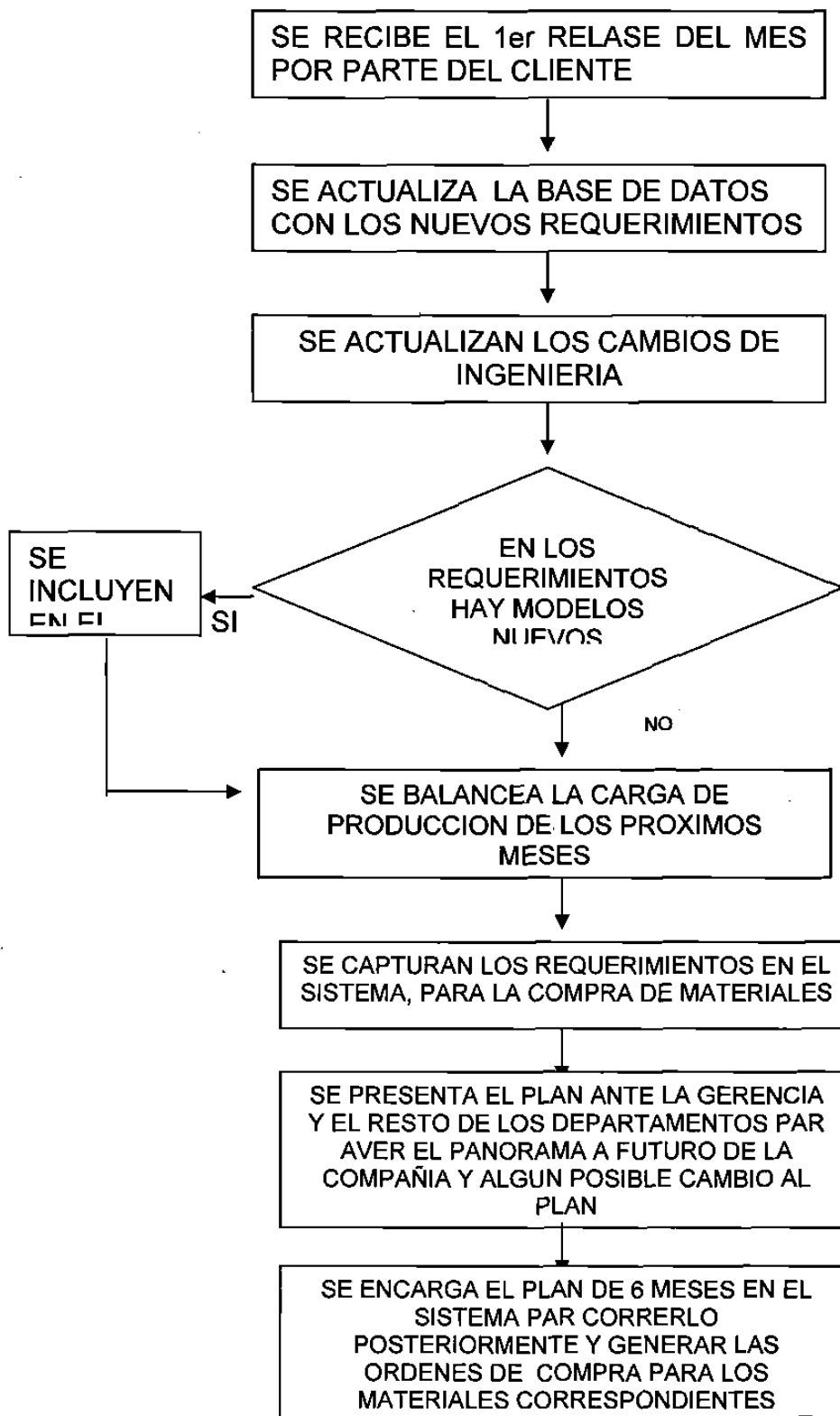
Para la elaboración de este plan se requieren los siguientes datos:

- Días hábiles de cada mes (días laborales según la ley federal del trabajo): al inicio de cada año laboral la empresa indica cuales

van a ser los días festivos para con esto poder planear la producción

- **Diseños a producir:** aquí se indican los futuros diseños así como los diseños que se vana dejar de producir, para ambos casos es necesario el análisis de materiales por parte del departamento de compras, ya sea para altos volúmenes que se necesiten comprar, así como para los componentes que se vana a quedar obsoletos y los cuales se deben de negociar el pago de los mismos con el cliente, según el contrato que se tenga establecido.
- **Nivel de cambio de ingeniería:** este nivel indica la actualización de manufactura de diseño, es decir, las ultimas especificaciones que el cliente ha requerido para su producto; es importantísimo una incorporación correcta de ingeniería ya que pega directamente a los materiales,
- **Tiempo estándar o tiempo de procesos:** es el tiempo en que se produce una pieza, establecido según estudios de tiempos de Ingeniería Industrial, y mediante el cual determina la meta de cada línea de producción .
- **1er reléase(requerimiento) del mes:** ya que cada cliente envía sus requerimientos mensuales al inicio del mes, y solo en casos excepcionales se toman otros requerimientos.

El siguiente es el diagrama de flujo del plan de 6 meses:



El siguientes es un ejemplo de Plan de 6 Meses

ITEM	NoDEPARTE	NV	DIAS HABILES	MES						
				EN E	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
1	240104S100	48	REQUERIMIENTO	25	23	27	24	25	26	27
	PROYECTO	QW	REQ ACUM	40	320	400	120	160	120	80
t.Stc	45189		PRODUCCIÓN PROD ACUM	152	184	2245	2355	2525	264	272
			DAILY EMP. ACUM	5	5				5	5
			INVENTARIO	100	300	200	100	150	100	100
				190	220	2400	2500	2650	275	285
				0	0				0	0
				4	13	7	4	6	4	4
				190	220	2401	2501	2651	275	285
				1	1				1	1
				1.14	0.89	1.23	0.85	1.08	1.17	0.84
2	240104S105	45	REQUERIMIENTO	240	400	560	320	280	240	160
	PROYECTO	QW	REQ ACUM	110	150	2062	2382	2662	290	306
t.Stc	51001		PRODUCCIÓN PROD ACUM	2	2				2	2
			DAILY EMP. ACUM	400	550	300	300	200	200	200
			INVENTARIO	150	205	2350	2650	2650	305	325
				0	0				0	0
				16	24	11	13	8	8	7
				152	207	2379	2679	2879	307	327
				9	9				9	9
				1.04	1.05	0.99	1.07	09	1.06	0.77
3	240104S112	44	REQUERIMIENTO	100	101	160	100	100	120	80
	PROYECTO	QW	REQ ACUM	299	400	560	660	760	880	960
t.Stc	49529		PRODUCCIÓN PROD ACUM	150	100	100	100	100	100	150
			DAILY EMP. ACUM	450	550	650	750	850	950	110
			INVENTARIO	0	0				0	0
				6	4	4	4	4	4	6
				446	546	646	746	846	946	109
									6	6
				1.28	0.91	0.86	0.86	0.72	0.83	1.08
4	240104S170	49	REQUERIMIENTO	260	560	720	18	0	0	0
	PROYECTO	QW	REQ ACUM	713	127	1993	2011	2011	201	201
t.Stc	55319		PRODUCCIÓN PROD ACUM	3					1	1
			DAILY EMP. ACUM	500	550	250	0	0	0	0
			INVENTARIO	125	180	2050	2050	2050	205	205
				0	0				BALANCE/OUT	
				20	24	9	0	0	0	0
				124	179	2040	2040	2040	204	204
				0	0				0	0
				0.94	0.72	>5	>5	>5	>5	>5
5	240103S500	40	REQUERIMIENTO	0	0	160	120	80	117	0
	PROYECTO	QW	REQ ACUM	0	0	160	260	360	477	477
t.Stc	38754		PRODUCCIÓN PROD ACUM	0	150	100	100	100	50	0
			DAILY EMP. ACUM	0	150	250	350	450	BALANCE/OUT	
			INVENTARIO	0	7	4	4	4	0	0
				0	150	250	350	450	500	500
				1	0.94	0.75	0.88	0.77	>5	>5

Básicamente este plan indica las cantidades que se proyectan a futuro, tanto de requerimientos del cliente como de la producción planeada por la planta y el inventario que se va a generar.

**REQUERIMIENTO:** este renglón indica los requerimientos mensuales del cliente, tomados del Release previamente confirmado

ITEM	NoDEPARTE	NV	DIAS HABILES	MES		
				EN E	FEB	MAR
1	240104S10 0	48	REQUERIMIENTO	25	23	27
	PROYECT O	QW	REQ ACUM	40	320	400
			5	5	5	5
			PRODUCCIÓN	100	300	200
			PROD ACUM	190	220	2400
			0	0	0	0
			DAILY	4	13	7
			EMP. ACUM	190	220	2401
			1	1	1	1
			INVENTARIO	1.14	0.89	1.23

REQUERIMIENTO ACUMULADO

**REQ. ACUM:** aquí indican los requerimientos acumulados, que son la suma del requerimiento del mes anterior más el mes actual.

**PRODUCCIÓN:** esta es el renglón más importante del Plan de 6 meses, ya que esta cantidad es la que se balancea para cumplir con el requerimiento del cliente y no sobrepase en inventario; indica la cantidad que se va a producir en el mes siguiente y se ve la tendencia que va a impactar finalmente en cantidad de líneas, personal, y los turnos que se van a requerir para cumplir.

ITEM	NoDEPARTE	NV	DIAS HABILES	MES		
				EN E	FEB	MAR
1	240104S10 0	48	REQUERIMIENTO	25	23	27
	PROYECT O	QW	REQ ACUM	40	320	400
			5	5	5	5
			PRODUCCIÓN	100	300	200
			PROD ACUM	190	220	2400
			0	0	0	0
			DAILY	4	13	7
			EMP. ACUM	190	220	2401
			1	1	1	1
			INVENTARIO	1.14	0.89	1.23

PRODUCCIÓN

PRODUCCIÓN ACUMULADA

**PROD. ACUM:** aquí se indica la producción acumulada, que es la suma de la producción del mes anterior mas el mes actual.

**DAILY:** indica el promedio diario que se va a producir para el mes en curso, y se obtiene dividiendo la producción programada entre los días hábiles del mes.

$$\text{DAILY} = \frac{\text{PRODUCCIÓN}}{\text{DIAS HABILES}}$$

**EMP. ACUM :** indica la cantidad reconocida por el cliente.\*

\*Debido a que el cliente requiere algunas veces materiales como muestras( para pruebas, experimentos,etc.).

Esta es la cantidad que se toma verdaderamente para hacer los análisis del Plan de 6 meses, ya que aquí se toman las cantidades que el cliente tiene en inventario, quitando las piezas de muestras.

ITEM	NoDEPARTE	NV	DIAS HABILES	MES		
				OC T	NOV	DIC
1	897201-3582	48	REQUERIMIENTO	27	24	24
	PROYECTO	QW	REQ ACUM	558	292	200
	O		4	149	1786	1986
	t.Stc	2.5493	PRODUCCIÓN	400	50	300
			PROD ACUM	190	1950	2250
			0	0		
			DAILY	15	2	13
			EMP. ACUM	183	1889	2189
			9	9		
			INVENTARIO	1.53	0.52	1.00

EMPACADO  
ACUMULADO

**BALANCE OUT:** son los diseños que se dejarán de hacer puesto que ya no hay requerimiento de los mismos.

**INVENTARIO (MESES DE COBERTURA):** este renglón indica el balance de inventario de un mes a otro mes, es la cantidad con la



que se “juega” para mantener la cobertura de un diseño, e indica los rangos siguientes.

0.65-0.82, Indica que es un diseño de alto volumen

0.80-1.2, Indica que es un diseño de mediano volumen

1.2 en adelante, Indica que es un diseño de bajo volumen

Donde:

**1 = un mes de inventario = 4 semanas**

Los **diseños de alto volumen** tienen un inventario de 2 a 3 semanas ya que se programan durante todo el mes y no corren el peligro de no poder embarcarse a tiempo; es de alto volumen ya que tiene un alto requerimiento en piezas.

Los **diseños de mediano volumen** se programan a un inventario de 3 a 5 semanas ya que no se programan para que se corran durante todo el mes sino alternadamente.

Los **diseños de bajo volumen** son los diseños que tienen un bajísimo requerimiento y son los mas peligrosos por eso hay que vigilarlos de cerca, estos diseños son normalmente utilizados por el cliente para pruebas, refacciones, etc. , y sus requerimientos son muy variables y normalmente no hay forecast que indique cual serán las próximas cantidades requeridas.

Estos diseños por su mismo requerimiento el cual es muy pequeño es muy conveniente el programarlos al inicio del mes, ya que ocupan en la mayoría de las veces solo 1 turno de producción y generan tiempo muerto al cambiar la línea para que se produzcan estos, así, se tendrá la oportunidad de recuperarse el resto del mes.

La siguiente es la fórmula utilizada para obtener el **INVENTARIO (MESES DE COBERTURA)**:

$$INV(N) = IF(EMP\ CUM\ N < REQ\ CUM\ N+1, (EMMP\ CUM\ N - REQ\ CUM\ N) / REQ\ NET\ N, IF(EMP\ CUM\ N < REQ.\ CUM\ N+2, 1 + (EMP\ CUM\ N - REQ\ CUM\ N+1) / REQ\ NET\ N+2, IF(EMP\ CUM\ N < REQ.\ CUM\ N+3, 2 + (EMP\ CUM\ N - REQ\ CUM\ N+2) / REQ\ NET\ N+3, IF(EMP\ CUM\ N < REQ.\ CUM\ N+4, 3 + (EMP\ CUM\ N - REQ\ CUM\ N+3) / REQ\ NET\ N+4, IF(EMP\ CUM\ N < REQ.\ CUM\ N+5, 4 + (EMP\ CUM\ N - REQ\ CUM\ N+4) / REQ\ NET\ N+5, ">5"))))$$

Donde

n = mes actual

emp cum = empacado acumulado

req cum = requerimiento acumulado

req neto = requerimiento neto

La formula de la eficiencia de la Planta es la siguiente:

$$n = \frac{HH\ PRODUCIDAS}{HH\ TRABAJADAS} = \frac{(TSD)*(PCS)}{(FACTOR)*(PERS)*(DIAS\ HABLES\ DEL\ MES)}$$

Tstd = es el tiempo estándar o tiempo de producción

Pcs = piezas producidas

Factor = 7.75 (para un turno de producción)

Pers = personal

La eficiencia es establecida por la compañía y esta ligada al aumento o disminución de la demanda del cliente, normalmente cuando la demanda es bajada se requiere de mayor eficiencia, no así cuando la demanda es muy alta ya que aquí lo importante es cumplir con los requerimientos del cliente.

## Ejemplo de balanceo mediante el plan de 6 meses

## P 6 MESES

			MES	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
EM	No DE PARTE	NV	DÍAS HÁBILES	27	24	24	24	23	27	24
1	897201-3582	48	REQUERIMIENTO	588	292	200	204	154	177	169
	PROYECTO	QW	REQ. ACUM	1494	1786	1986	2190	2344	2521	2690
			PRODUCCIÓN	<b>400</b>	<b>50</b>	<b>300</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>100</b>	<b>200</b>
	T.STD 25493		PROD. ACUM.	1900	1950	2250	2450	2700	2800	3000
			DAILY	15	2	13	8	11	4	8
			EMP. ACUM.	1839	1889	2189	2389	2639	2739	2939
			INVENTARIO	1.53	0.52	1	1.25	1.7	1.29	1.21
2	897201-3602	45	REQUERIMIENTO	4374	3325	2359	3423	3412	3924	3754
	PROYECTO	QW	REQ. ACUM	11862	15187	17546	20969	24381	28305	32059
			PRODUCCIÓN	<b>3600</b>	<b>2300</b>	<b>3200</b>	<b>3400</b>	<b>3600</b>	<b>4000</b>	<b>3500</b>
	T.STD 27759		PROD. ACUM.	15000	17300	20500	23900	27500	31500	3500
			DAILY	133	96	133	142	157	148	146
			EMP. ACUM.	14092	16392	19532	22992	26592	30592	34092
			INVENTARIO	0.67	0.72	0.74	0.74	0.69	0.74	0.67
3	897201-3612	44	REQUERIMIENTO	4698	3695	2786	3227	3152	3625	3468
	PROYECTO	QW	REQ. ACUM	12258	15963	18739	21966	25118	28743	32211
			PRODUCCIÓN	<b>3600</b>	<b>3800</b>	<b>3300</b>	<b>3200</b>	<b>2700</b>	<b>3600</b>	<b>3200</b>
	T.STD 28734		PROD. ACUM.	450	4250	7550	10750	13450	17050	20250
			DAILY	133	158	138	133	117	133	133
			EMP. ACUM.	14634	18434	21734	24934	27634	31234	34434
			INVENTARIO	0.68	0.89	0.93	0.94	0.69	0.72	0.64
TOTAL DE PIEZAS				7600	6150	6800	6800	6550	7700	6900
PZS./DIA				281	267	252	283	262	296	256
DIAS HABLES				27	23	27	24	25	26	27
EFICIENCIA				87%	87%	96%	96%	96%	97%	97%
HH TOTLA				21357	17431	19130	19143	18389	21703	19420
FACTOR				7.75	7.75	7.75	7.75	7.75	7.75	7.75
PERSONAL DIRECTO				117	112	95	107	99	111	96

HH TOTAL = SUM [(T STD) \* (PCS PROD)]

HH TOTAL = (2.5493) \* (400) + (2.7759) \* (3600) + (2.8734) \* (3600)

HH TOTAL = 21357

Aquí se ve como se balancean las horas-hombre totales en: 21357, 19130, 18389, 19420, lo cual es necesario para tener las siguientes ventajas:

- Las piezas diarias se mantienen, no hay aumento sustancial
- Esto indica también que se requerirá en promedio la misma gente para los próximos 6 meses en esta línea de producción,
- Financieramente también impacta de gran forma, ya que no hay picos de producción, todo está "aplanado", y no habrá falta o exceso de materiales

Los datos de el renglón de la **PRODUCCIÓN**, son los datos tomados para ser cargados en el sistema con que cuente la compañía para posteriormente correrlo y comprar la producción de los siguientes 2 meses

El tiempo para comprar los materiales a futuro se tiene que establecer mediante un contrato, notificándole al cliente los **\*LEAD-TIME** de estos, ya que afecta en los siguientes casos:

**\*LEAD TIME**: es el tiempo de llegada de un material

**Aumento de releases (requerimientos)**: si hay algún componente que tenga un incremento considerable dentro del Plan de 6 meses y esté dentro de los 2 meses siguientes, se tendrá que conseguir el mismo aunque se tenga que traer por medio de un flete aéreo pero el costo lo absorberá el cliente( esto es parte de lo que se establecen el contrato.

**Disminución de releases**: se tiene que revisar bien la cantidad que se puso en los 2 siguientes meses, ya que si es mucha la diferencia, se crean 2 problemas:

**SOBRE-INVENTARIO**: esto significa que se tiene inventario que no se va a requerir de algún(os) componentes , y es un gasto para la compañía

**OBSOLETOS**: igualmente se tiene que vigilar de no balancear muy cargado el Plan de 6 meses dentro de los 2 meses siguientes, ya que si hay cambios en el diseño de algún producto del cliente, los

componentes que ya no serán utilizados se quedarán como inventario de mas y también representaran un gasto para la compañía \*

\*Algunas veces se puede negociar con los proveedores el regreso de estos materiales y su respectivo pago por ellos, pero normalmente este pago es menor al que la compañía hizo en un principio.

## 6.4 PLAN DE PRODUCCIÓN

Una vez corrido el plan de 6 meses en el sistema, se procede a realizar el **Production Plan** para el mes en curso.

Para proceder a realizar el Production Plan son necesarios los siguientes datos:

- Personal por línea,
- Capacidad por línea,
- Días hábiles,
- Último nivel de ingeniería de todos los diseños,
- Cantidades a programar en el mes en curso,
- Último reléase del cliente.

**PERSONAL POR LÍNEA:** El personal por línea se puede obtener de la fórmula de la eficiencia:

$$n = \frac{\text{HH PRODUCIDAS}}{\text{HH TRABAJADAS}} = \frac{(\text{T STD}) * (\text{PCS})}{(\text{FACTOR}) * (\text{PERS}) * (\text{DÍAS HÁBILES DEL MES})}$$

La eficiencia n, es la requerida por la planta, y se toma como base la eficiencia del mes anterior, para buscar incrementarla; como vimos los demás datos son:

PERS = Piezas a producir en el mes en curso.

FACTOR = 7.75 para un turno.

DÍAS HÁBILES = Dependen del mes en curso y de los días que el departamento de Recursos humanos considere para producción.

Así despejando de la fórmula:

$$\text{PERSONAL} = \frac{(\text{T STD}) * (\text{PCS})}{(\text{FACTOR}) * (n) * (\text{DÍAS HÁBILES})}$$

**CAPACIDAD POR LÍNEA:** ésta se obtiene del análisis del departamento de Ingeniería Industrial y tomando los siguientes datos:

- Personal: ya vimos anteriormente como se obtiene este dato, (*formula*),
- Máquinas: dependiendo del tipo de producto son las máquinas utilizadas para el proceso,
- Distribución de la línea: este flujo es muy importante, ya que con una buena distribución de las operaciones para cada persona así como máquinas, se puede lograr a obtener mayor eficiencia y por lo tanto mayor producción.

Ejemplo:

Line:	Capacity(pcs/shift)
1	500
2	200
3	100
4	2500
5	900
6	1000
7	500
8	100
9	200
10	700
11	450
12	110
13	900
14	5000
15	400

**DÍAS HÁBILES:** como se mencionó anteriormente, estos días son establecidos por la compañía al inicio del año, y en caso de algún cambio necesario por producción, se consulta entre el departamento de Recursos Humanos y el Sindicato de la compañía.

**March 2001**

sunday	Monday	Tuesday	wednesday	thursday	friday	saturday
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

OBLIGATORY HOLIDAY



**ÚLTIMO RELEASE DEL CLIENTE:** éste lo envía el cliente como se vio anteriormente en la forma semanal o mensual, y se toma el último como base para distribuirlo en el Production Plan, y de acuerdo a las políticas de sobreinventario que se requiera.

**ÚLTIMO NIVEL DE INGENIERÍA:** este nivel de ingeniería es el que se va a estar corriendo en la línea e incluye todos los componentes nuevos que estén dentro del bom de materiales (si es que hay cambio, de lo contrario se corre el producto al nivel de ingeniería del mes anterior).

**EJEMPLO 16:**

DISEÑO	NIVEL DE INGENIERÍA
8972013652	28
8971840775	45
8971372355	60
8971372371	55
8971760975	54
8971840765	70



**CANTIDADES A PROGRAMAR:** estas cantidades son tomadas del Plan de 6 meses como se muestra:

				MES	OCT	NOV	DIC
ITEM	No. DE PARTE	NIV	DÍAS HÁBILES	27	24	24	
1	897201-3652	28	REQUERIMIENTO	558	292	200	
	PROYECTO	QW	REQ. ACUM..	1494	1786	1986	
t. Std.	2.5439		PRODUCCIÓN	400	50	300	
			PROD. ACUM..	1900	1950	2250	
			DAILY	15	2	13	
			EMP. ACUM.	1839	1889	2189	
			INVENTARIO	1.53	0.52	1.00	

Para Octubre = 400 piezas.

Noviembre = 50 piezas.

Diciembre = 300 piezas.

Y así hasta los siguientes tres meses\*.

- Es importante resaltar que para elaborar el Production Plan del mes en curso, solo se toman las piezas de este mes, que fue lo que ya se balanceo en el plan de 6 meses, lo demás es pronóstico que como vimos anteriormente, solo los dos siguientes meses se pueden considerar como cantidades firmes.

El siguiente es un ejemplo de un Production Plan:

PRODUCTION PLAN

MONTH : MARCH

ENGINEERING LEVEL:		WEEK 9				WEEK 10						WEEK 11						
DESIGN	8971253454	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S
	DAY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
PRODUCTION SHIFT 1	PLAN	500	500	500		500	500	500	500	500	500		500	500	500	500	500	500
	REAL	450	450	550		500	400	500	400	550	400		600	300	400	500	500	550
PRODUCTION SHIFT 2	PLAN	500	500	500		500	500	500	500	500	500		500	500	500	500	500	500
	REAL	500	500	550		450	350	500	550	350	400		600	400	400	500	500	550
AVAILABLE QTY		1450	2400	1100	1100	2050	750	1750	2700	900	1700	1700	2900	700	1500	2500	1000	2100
REQUIREMENTS					2000		2000			3000				3000				3000
SHIPMENTS					2400		2050			2700				2900				2500
PASTDUE					400		50			-300				-100				-500
CUSTOMER BALANCE		500	500	900	900	900	950	950	950	650	650	650	650	550	550	550	50	50
	TOTAL PROD PLAN	3000				6000						TOTAL PROD PLAN						
	TOTAL PROD REAL	3000				5350						TOTAL PROD REAL						
	TOTAL SHIPMENTS PLAN	2000				5000						TOTAL SHIPMENTS PLAN						
	TOTAL SHIPMENTS REAL	2400				4750						TOTAL SHIPMENTS REAL						
	% PRODUC ACOMPLISHMETN	100%				89%						% PRODUC ACOMPLISHMETN						

Mediante el cual se pueden apreciar los requerimientos del cliente que por semana son en promedio 5,500 piezas, pero para efecto de planeación no se considera el promedio sino la más alta calidad que en este caso son 6,000 piezas, esto con el fin de proteger el inventario del cliente.

También podemos ver que la meta de la línea de producción son 500 piezas, solo hay 2 turnos, así, la cantidad que el cliente está requiriendo es el tope de la capacidad con que se cuenta (6,000 piezas / web).

Se puede observar que al final de la semana 11 se cuenta solo con un balance de 50 piezas con el cliente, por lo que es necesario hacer una modificación al plan y agregar un tiempo extra en un tercer turno o domingo (según sea la facilidad de la empresa) para poder incrementar este balance \*

- El *tiempo extra* nunca asegura el cumplimiento de entrega a futuro, esto es como un apaga-fuegos, es necesario un *Análisis de Capacidad* y para esto se debe involucrar a todos los departamentos desde Gerencia, Recursos Humanos y principalmente a Ingeniería Industrial.

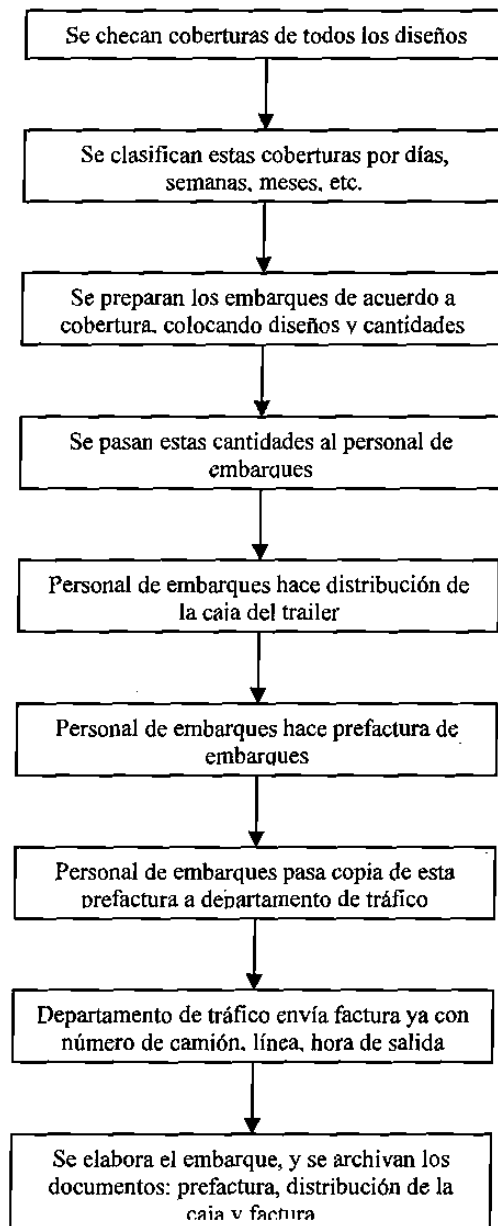
Esto indica que se debe ir viendo con el departamento de Ingeniería Industrial la revisión de la meta para la línea, buscando aumentarla ya que actualmente no será posible tener inventario en el balance del cliente.

El *Nivel de Ingeniería*, es 4, si hay un cambio también se debe de establecer en el Production Plan.

El *% Production Accomplishment (Porcentaje de cumplimiento de Producción)*: también es importantísimo monitorearlo, ya que es el resultado semanal que indica si la línea está cumpliendo con la meta o no, para este caso se observa que la semana 9 es del 100, la semana 10 es del 89 y la semana 11 es del 97%, que en condiciones normales esto se consideraría como un buen resultado, pero debido al requerimiento que ya se vio es igual a la meta (6,000 piezas / web) se tiene que hacer algo extraordinario (overtime, capacity análisis, etc).

También de aquí se obtiene la cantidad de embarques necesarios en la semana, y esto dependerá de la variedad de diseños que vayan a un mismo destino, y se tiene el inventario que se desea tener de cada uno de ellos; resaltando que se puede hacer esperar un embarque si falta un número de parte.

Aunque el tema de este libro trata principalmente de Planeación de producción, parte de esta planeación también se da para los embarques, así que a continuación agrego un pequeño *flujo de embarques*:



Para efectos de Planeación hay dos grandes problemas que se presentan y que son el principal foco de atención para este departamento:

- *High Fab y*
- *Críticos*

Para cada uno de ellos se tiene especial seguimiento y es importante que cualquier persona relacionada con la Planeación trabaje con ellos aparte de la efectiva programación de cumplimiento al cliente que se haga, ya que de aquí se desprenden grandes ahorros para la compañía, o también grandes gastos.

## HIGH FAB (SOBRE PRODUCCIÓN)

Este indicador se refiere a la cantidad de más de inventario que se produce, considerando “de más” cuando se llega a cubrir el inventario mínimo del cliente y se sobrepasa incluso esa cantidad que puede ir desde algunos días, semanas e incluso meses si no se hace una buena planeación.

Es decir, cada cliente establece sus semanas de inventario y es importante monitorear el inventario para cada proyecto.

### Ejemplo 17:

En el siguiente release se tienen dos semanas permitidas como máximo inventario y menos de uno ya es diseño con embarque crítico, así, la producción arriba de dos semanas está considerada como *high fab*:

DISEÑO	CONT. EMB.	INV.	T. SID.		2/8	WEEKS												
						0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	<12
87201-3592	191		4.4239	S/R ACUM	3186	2/15	2/22	3/1	3/8	3/15	3/22	3/29	4/5	4/12	4/19	4/26	5/3	5/10
ACUM. PROD.	3438	3		INV.	255	183	104	21	-37	-120	-152	-184	-241	-298	-354	-411	-437	-464

### SEMANAS QUE CUBRE

Para este ejemplo tenemos:

	Acumulado producido:	3,438 piezas
+	inventario actual:	<u>3 piezas</u>
	Total:	3,441 piezas

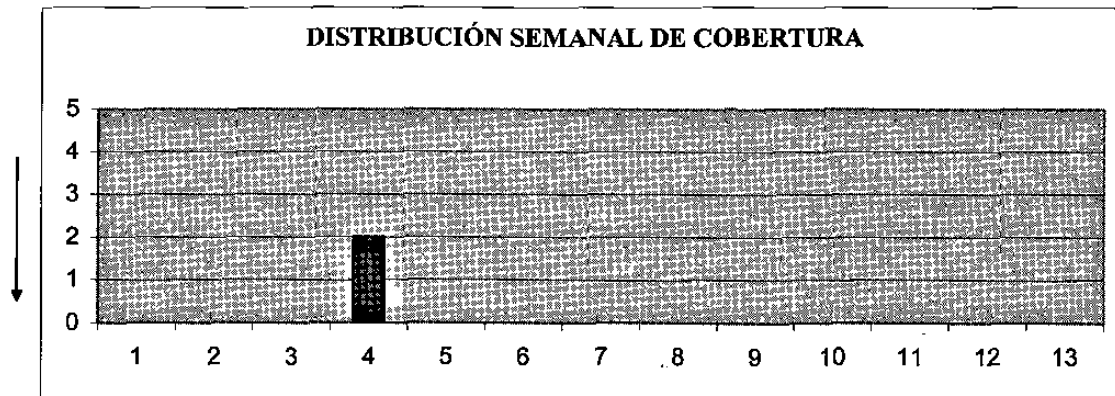
El acumulado requerido es de 3,337 piezas en la semana 2, pero para esa semana ya se tiene un high fab, de 104 piezas, e incluso se cubre una parte del requerimiento de la 4ta. semana.

Si se sumaran todas las cantidades de todos los diferentes diseños en realidad nos daríamos cuenta que la suma que representa este high fab, es en verdad de mucha valía para la compañía.

Además del dinero que representa el tener producido material de mas, se tienen las siguientes desventajas::

- La compra de materiales se puede ver afectada, ya que al adelantarse la producción de los diseños, puede haber un cambio de ingeniera el cual se puede pasar por alto.
- El producto terminado ocupa espacio que a la compañía le cuesta,
- El material se puede dañar si es que se tiene mucho tiempo en la compañía,
- Y se pierda rastreabilidad, ya que no se tiene previsto el almacenar material más tiempo del planeado para posteriormente embarcarse.

Para tener un mejor seguimiento de este *high fab*, es recomendable el utilizar algunas gráficas como las siguientes:



SEMANAS	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	<12
DISEÑOS	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0

También se puede dar el seguimiento diseño a diseño, y por costo, para ir disminuyendo y atacando las principales causas.

1	8972013592	120	50	6,000
2	8972013582	400	45	18,000
3	8972013612	100	75	7,500
4	89722013621	55	90	4,950
<b>HIGH FAB TOTAL:</b>				<b>\$36,450</b>

En las cuales se vigila la cantidad de diseños que sobrepasan el inventario permitido, y por cuantas semanas; obviamente si hay casos en que se puede producir arriba de lo permitido pero esto debido a la facilidad en la programación, no hacer tantos cambios en las líneas de producción, manejo de maquinaria continua, etc.

Ejemplo 18:

DISEÑO	CANT. EMB	INV.	T. SID.	SEMANAS QUE DEBE CUBRIR	SEMANAS QUE CUBRE	WEEKS													
						0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	<12	
897201	191		4423 9	SRACU M	2/8 3186	2/15 8	2/22 7	3/1 0	3/8 8	3/15 1	3/22 3	3/29 5	4/5 2	4/12 9	4/19 5	4/26 2	5/3 8	5/10 5	
ACUMPRO D	3260	3		INV.	255	5	-74	157	215	298	330	362	419	476	532	589	615	642	

En el anterior ejemplo, nos damos cuenta de que se requiere tener 3 semanas mínimas para con el cliente, actualmente se tiene sólo 1, y hacen falta 157 piezas para tener ese mínimo requerido.

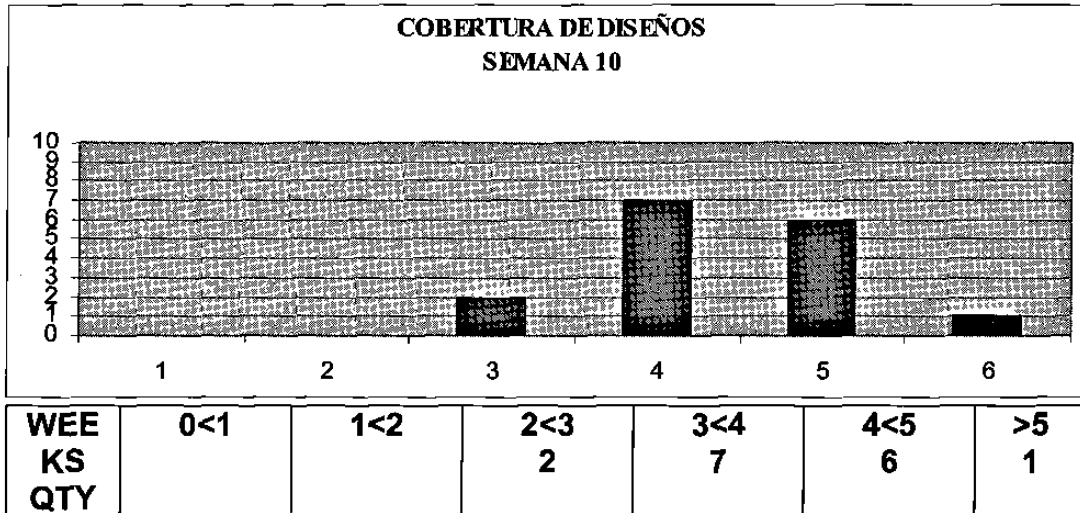
Hay que analizar el porque de esta falta de inventario y para esto se aconseja también tener seguimiento mediante indicadores, a continuación algunas sugerencias:

### CRITICOS

El siguiente indicador importantísimo en el departamento de Planeación es el de los *criticos*, que es la falta de inventario para un diseño y por lo tanto no se llega a cumplir con lo mínimo requerido por el cliente.

Puede haber varios motivos por el cual un diseño se hace crítico, entre ellos los siguientes:

- Aumento en el requerimiento del cliente,  
Incumplimiento al Plan de Producción



Aquí podemos ver que hoy hay diseños que tengan cobertura menor a 2 semanas ,

La mayor parte de ellos están concentrados entre las 3 y 5 semanas, habiendo sólo 1 con cobertura mayor a 5 semanas, este tipo de gráficas puede ser de mucha utilidad para el seguimiento de todos los diseños.

Para determinar que causas provocan esta cobertura, se puede utilizar algo como lo siguiente:



**REPORTE DE CAUSAS DE CRITICOS**

DISEÑO	FECHA INICIAL DE PROGRAMACIÓN	FECHA DE REPROGRAMACIÓN	PIEZAS QUE SE TIENEN EN CORTO	CAUSA	ACCIÓN
8972013 592	05-Feb-01	08-Feb-01	120	ALIMENTO DE REQUERIMIENTO	DIPOSICIÓN D MATERIAL PO FLETE AÉREO CON CARGO AL CLENTE
8972043 582	04-FEB-01	05-FEB-01	15	POR MANTENIMIENTO EN PRENSA	AJUSTAR HORARIO DE MANTENIMIENTO O A LAS MÁQUINAS

**ETC.**

En fin para llevar una buena administración de todos los diseños, entre más datos se tengan, mejor éstas son sólo algunas sugerencias para tal efecto.

## CAPITULO 7 CASO PRÁCTICO :

### OPTIMIZACIÓN EN PROGRAMACIÓN MENSUAL DE DISEÑOS.

Se tienen los siguientes datos :

Proyecto : R-12

Mes a programar : **Marzo 2001-09-24**

Días disponibles: (considerando un sólo turno) se obtienen del calendario:

**March 2001**

<b>sunday</b>	<b>Monday</b>	<b>Tuesday</b>	<b>wednesday</b>	<b>thursday</b>	<b>friday</b>	<b>saturday</b>
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

OBLIGATORY HOLIDAY



Y tomando en cuenta de lunes a sábado: 26 días (incluyen los 5 sábados del mes), y no hay que olvidar que el día de descanso por ley, así que no debe haber nada programado ese día.

Diseños y nivel de ingeniería:

DISEÑOS	NIVEL DE INGENIERÍA
8971249963	30
8971249953	32
8971369673	30
8971309383	32
8971309393	30
8971249944	40
8971369684	42
8971379854	42
8971379864	44
8971612311	10
8972080550	30
8971612312	20
8971249872	20
8971249884	44
8971351021	14

El siguiente es el reléase del cliente, que muestra los requerimientos semana a semana hasta el mes de abril, y así hasta el mes de Agosto en el "Out England"



	In Cum	24060	24060	24060	24060	24060	24060	24060	24060	24060	24060	24060
	Out											
	England	409	278	279	279	279	268	804	1246	1138	1309	1252
	Out Cum	23105	23383	23662	23941	24220	24488	25292	26538	27676	28985	30237
20/Carton	Control	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Balance	955	677	398	119	-160	-428	-1232	-2478	-3616	-4925	-6177
8971379854	In	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	In Cum	32240	32240	32240	32240	32240	32240	32240	32240	32240	32240	32240
	Out											
	England	965	860	860	860	860	476	1431	2537	2672	3073	2940
	Out Cum	30365	31225	32085	32945	33805	34281	35712	38249	40921	43994	46934
20/Carton	Control	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Balance	1875	1015	155	-705	-1565	-2041	-3472	-6009	-8681	-11754	14694
8971379864	In	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	In Cum	36031	36031	36031	36031	36031	36031	36031	36031	36031	36031	36031
	Out											
	England	1040	750	752	752	752	595	1788	2980	2771	3186	3048
	Out Cum	30365	31225	32085	32945	33805	34281	35712	38249	40921	43994	46934
20/Carton	Control	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Balance	1358	608	-144	-896	-1648	-2243	-4031	-7011	-9782	-12968	16016

## R12 SHIPPING RELEASE

DATE		RELEASE AUTHORIZATION FOR ENGLAND											
03/09/01													
R12 WIRE HARNESS		DATE	02/26/2001	03/05/2001	03/12/2001	03/19/2001	03/26/2001	04/02/2001	APR	MAY	JUN	JUL	AUG
INCOMING		LAST INVOICE 99854											
8971612311	In	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	In Cum	687	687	687	687	687	687	687	687	687	687	687	687
	Out England	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Out Cum	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Control	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Balance	684	684	684	684	684	684	684	684	684	684	684	684
89712080550	In	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	In Cum	880	880	880	880	880	880	880	880	880	880	880	880
	Out England	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Out Cum	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	Control	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Balance	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840
8971612312	In	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	In Cum	680	680	680	680	680	680	680	680	680	680	680	680
	Out England	79	0	0	0	0	45	144	136	83	96	91	
	Out Cum	313	313	313	313	313	358	502	638	721	817	908	
	Control	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Balance	367	367	367	367	367	322	178	42	-41	-137	-228	
8971249872	In	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	In Cum	105421	105421	105421	105421	105421	105421	105421	105421	105421	105421	105421	105421
	Out England	2885	2210	2211	2212	2212	1526	4584	7845	7572	8708	8330	
	Out Cum	100140	102350	104561	106773	108985	110511	115095	122940	130512	139220	147560	
	Control	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Balance	5281	2071	860	-1362	-3564	-5090	-9674	-17519	-25091	-33799	-42129	
8971249884	In	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	In Cum	105670	105670	105670	105670	105670	105670	105670	105670	105670	105670	105670	105670
	Out England	2885	2300	2301	2302	2302	1525	4584	7845	7572	8708	8330	
	Out Cum	100019	102319	104620	106922	109224	110749	115333	123178	130750	139458	147788	
	Control	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Balance	5651	3351	1060	-1252	-3554	-5079	-9663	-17508	-25080	-33788	-42118	
8971351021	In	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	In Cum	61021	61021	61021	61021	61021	61021	61021	61021	61021	61021	61021	61021
	Out England	1440	1272	1272	1272	1272	850	2553	3847	3677	4228	4045	
	Out Cum	57607	58879	60151	61423	62695	63545	66098	69945	73622	77850	81895	
	Control	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Balance	3414	2142	870	-402	-1674	-2524	-5077	-8924	-12601	-16829	-20874	

Lo primero que hay que hacer es el Plan de 6 meses: aquí está paso a paso cómo se obtiene el Plan de 6 meses para el primer diseño: **897124963:**

Y teniendo el Plan de 6 meses en blanco:

## P6MESES

LLEVAR LOS  
REQUERIMIENTOS  
MENSIALES

ITEM	No. DEPTO.		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
1	8971249963	30		24	26	25	26	26	26	27
	PROMEDIO	R12	REQUERIMIENTO	8733						
			REQ ACUM	65915	65915	65915	65915	65915	65915	65915.
			PRODUCCIÓN	6500						
			PROD. ACUM.	68800	68800	68800	68800	68800	68800	68800
t. Std.	02609		DAILY	271	0	0	0	0	0	0
	ALTO VOLUMEN		EMP. ACUM	68450	68450	68450	68450	68450	68450	68450
			INVENTARIO							

1. Lo primero que se hace es llenar los requerimientos con el reléase del cliente, como el primer mes Febrero ya se tiene, se pasa igual, el mes de Marzo se obtendrá multiplicando cada requerimiento semanal por 4 = 1 mes, y el mes de Abril sumando la primer semana más el resto que está indicado en el reléase:

# R12 SHIPPING REALEASE

		MARZO				ABRIL						
DATE:	RELEASE AUTHORIZATION FOR ENGLAND											
03/09/2001												
R12 WIRE HARNESS	DATE	02/26/2001	03/05/2001	03/12/2001	08/19/2001	03/26/2001	04/02/2001	APR	MAY	J		
INCOMING	LAST INVOICE	99854										

8971249963	In	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	In Cum	68450	68450	68450	68450	68450	0	0	68450	68450	68450	68450
	Out	2184	1622	1621	1621			5530	5383	6191	5921	
	England	65915	67537	69158	70779	1622	68450	6845	82279	87662	93853	99774
	Out	0	0	0	0			326	0	0	0	0
50 / Carton	Cum	253	913	-708	-2329	72401	1087	7674	-	-	-2543	-
	Control					0		0	13829	19212		31324
	Balance					-3951	73488	-829				
							0					
							5038					

Asi para el mes de Marzo el requerimiento es =  
 1622+1621+1621+1622=6846 piezas.

- Abril =1087+3261=4348 piezas.
- Mayo =5530 piezas.
- Junio =5383 piezas.
- Julio =6191 piezas.
- Agosto =5921 piezas.

Quedando el Plan Asi: **P6MESES**

**YA CON REQUERIMIENTOS**

ITEM	No. DEPTO.		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
1	8971249963	30		24	26	25	26	26	26	27
	PROMEDIO	R12	REQUERIMIENTO	8733	6486	4348	5530	5383	6191	5921
			REQ ACUM	65915	72401	76749	82279	87662	93853	65915
			PRODUCCIÓN	6500						
			PROD. ACUM.	68800	68800	68800	68800	68800	68800	68800
t. Std.	02609		DAILY	271	0	0	0	0	0	0
	ALTO VOLUMEN		EMP. ACUM	68450	68450	68450	68450	68450	68450	68450
			INVENTARIO							



- **NOTA: Si** el cliente no envía más que 2 o tres meses a futuro, se toma la cantidad más grande de estos últimos, y se estima para tener así el Plan de 6 meses.

2.- Después se obtiene el inventario que se tendrá al cierre del mes de febrero, recordando la formula:

$INV(N) = IF (EMP\ CUM\ N < REQ\ CUM\ N+1, (EMP\ CUM\ N - REQ\ CUM\ N) / REQ\ NET$   
 $N, IF (EMP\ CUM\ N < REQ\ CUM\ N+2, 1 + (EMP\ CUM\ N - REQ\ CUM\ N+1) / REQ\ NET$   
 $N+2, IF (EMP\ CUM\ N < REQ\ CUM\ N+3, 2 + (EMP\ CUM\ N - REQ\ CUM\ N+3) / REQ\ NET$   
 $N+3, IF (EMP\ CUM\ N < REQ\ CUM\ N+4, 3 + (EMP\ CUM\ N - REQ\ CUM\ N+4) / REQ\ NET$   
 $N+4, IF (EMP\ CUM\ N < REQ\ CUM\ N+5, 4 + (EMP\ CUM\ N - REQ\ CUM\ N+5) / REQ\ NET$   
 $N+5, ">5"))))$

Para el caso, sólo se necesita por lo pronto el primer mes así:

INVENTARIO =  $(68450 - 65915) / 6486 = .39$  meses de inventario, que son los necesarios para subir mínimo a .65, ya que éste diseño es de alto volumen, ése es el siguiente paso.

3.- Se comienzan a colocar cantidades en el renglón de producción, hasta que se llegue a obtener el inventario deseado, a esto se le conoce como **BALANCEO DE MESES**.

### P6MESES

MES		FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG
AQUÍ SE COLOCAN LAS CANTIDADES		24	26	25	26	26	26	27
		5733	6486	4348	5530	5383	6191	5921
		9591	72401	76749	82279	87662	93853	99774
		5						
PRODUCCION		6500	6100	6200	5800	6000	5800	5800
N								
PROD. ACUM		6880	74900	81100	86900	92900	98700	104500
		0						
DAILY		271	235	248	223	231	223	215
A.V	EMP. ACUM.	6845	74550	80750	86550	92550	98350	104150
		0						
INVENTARIO		0.39	0.49	0.72	0.79	0.79	0.76	0.74

CON LO PROGRAMADO SE ALCANZA EL MÍNIMO INVENTARIO DE ACUERDO A SU CRITERIO: ALTO VOLUMEN, PERO HASTA EL MES DE ABRIL, YA QUE ESTE DISEÑO VENÍA ARRASTRANDO POCO INVENTARIO (0.39)

Se pensaría en porque nom dejar en 0.8 el inventario, que es lo ideal y así no batallar para el futuro, pero esto depende de materiales o también del balanceo que se haga de todos los diseños.

Este es el principal paso de la elaboracion del plan de seis meses, ya que aqui obtuvimos lo siguiente:

- la cantidad a programar del diseño 8971249963 en el mes de marzo =6100
- las cantidades a comprar del segundo mes: mayo= 5800,
- nos da una visión a futuro de este diseño.

Y se repiten estos tres pasos básicos para todos los diseños, uno por uno, pero el plan de 6 meses no estará terminado si al final no se balancean las horas-hombre, ese es el final de la elaboración del plan de 6 meses.

## BALANCEO DEL PLAN DE 6 MESES.

Una vez que se tiene el plan de 6 meses para cada diseño y se tiene balanceado de acuerdo a su política de inventario, se balancea el total de horas-hombre del plan lo mejor posible:

	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG
TOTAL DE PZS	41500	36700	35050	1365	35900	38900	36500
PZS/DIA	1729	1412	1402	26	1381	1496	1352
DIAS HABILES	24	26	25	90%	26	26	27
*EFICIENCIA	87%	87%	90%	12205	90%	90%	90%
HH TOTAL	13981	12531	12038	7.75%	12160	13447	12538

Pero este balanceo se vuelve a hacer en cada diseño en particular, no en este resumen que es la suma de todos los diseños; aquí se puede ver que hay una disminución en las horas-hombre de los meses de abril, mayo y junio, lo cual está muy claro, ya que en marzo era cuando se trató de aumentar el inventario.

Una vez haciendo este balanceo se tiene el siguiente plan de 6 meses:



11	8972080550	30	REQUERIMIENTO	40	0	0	0	0	0	0
	PROYECTO	R12	REQ. ACUM.	40	40	40	40	40	40	40
	T. Std	0.2814	PRODUCCIÓN	0	0	0	0	0	0	0
	BAJO VOLUMEN		PROD. ACUM.	900	900	900	900	900	900	900
			DAILY	0	0	0	0	0	0	0
			EMP. ACUM.	891	891	891	891	891	891	891
			INVENTARIO	>5	>5	>5	>5	>5	>5	>5
12	8971612312	20	REQUERIMIENTO	313	0	189	136	83	96	91
	PROYECTO	R12	REQ. ACUM.	313	313	502	638	721	817	908
	T. Std	0.3577	PRODUCCIÓN	0	0	0	0	0	0	0
	BAJO VOLUMEN		PROD. ACUM.	700	700	750	850	850	950	1050
			DAILY	13	0	2	4	0	4	4
			EMP. ACUM.	680	680	730	830	830	930	1030
			INVENTARIO	3.36	251	210	214	1.14	1.24	1.34
13	8971249872	20	REQUERIMIENTO	11540	8845	6110	7845	7572	8708	8330
	PROYECTO	R12	REQ. ACUM.	100140	108985	115095	122940	130512	139220	147550
	T. Std	0.1751	PRODUCCIÓN	9000	6000	7800	7600	8000	8400	8600
	ALTO VOLUMEN		PROD. ACUM.	105700	113700	121500	129300	137300	145700	153700
			DAILY	375	308	312	300	308	323	296
			EMP. ACUM.	105421	113421	121221	129021	137021	145421	153421
			INVENTARIO	0.64	0.73	0.78	0.8	0.75	0.74	0.7
14	8971249884	44	REQUERIMIENTO	11540	9205	6109	7845	7572	8708	8330
	PROYECTO	R12	REQ. ACUM.	100019	109224	115333	123178	130750	139458	147788
	T. Std	0.2468	PRODUCCIÓN	9500	7400	11300	8000	8300	8400	8200
	ALTO VOLUMEN		PROD. ACUM.	106000	113400	121500	129500	137800	146200	154400
			DAILY	396	285	324	308	319	323	304
			EMP. ACUM.	105670	113070	121170	129170	137470	145870	154070
			INVENTARIO	0.66	0.63	0.74	0.79	0.77	0.77	0.75
15	8971351021	14	REQUERIMIENTO	5760	5088	3403	3847	3677	4228	4045
	PROYECTO	R12	REQ. ACUM.	57607	62695	66098	69945	73622	77850	81895
	T. Std	0.1879	PRODUCCIÓN	4300	5000	3300	3700	3600	3400	3800
	ALTO VOLUMEN		PROD. ACUM.	61300	66300	69600	73300	76900	81300	85100
			DAILY	179	192	132	142	138	169	141
			EMP. ACUM.	61021	66021	69321	73021	76621	81021	84821
			INVENTARIO	0.76	0.98	0.84	0.84	0.71	0.78	0.72
			TOTAL DE PZS.	41500	36700	35050	35500	35900	38900	36500
			PZS/DIA	1729	1412	1402	1365	1381	1496	1352
			DIAS HABILÉS	24	26	25	26	26	26	27
			*EFICIENCIA	87%	87%	90%	90%	90%	90%	90%
			HHTOTAL	13981	12531	12038	12205	12160	13447	12538
			FACTOR	7.75	7.75	7.75	7.75	7.75	7.75	7.75
			PERS. DIRECTO	86	71	69	67	67	74	67

\*el total de personal mínimo para correr las líneas es de 67 personas, por eso la eficiencia no sube más allá del 90%.

Teniendo ya la cantidad a programar para el mes de marzo que es = 6100 piezas, se procede a realizar el **producción plan**, pero para hacerlo necesitamos tener primero lo siguiente:

- Necesitamos la información que ya habíamos visto en la explicación del production plan:
- Personal por línea,
- Capacidad por línea,
- Días hábiles,
- Último nivel de ingeniería,
- Cantidades a programar en el mes del curso,

- Ultimo release del cliente.
- Con todos los datos anteriores, procedemos como ultimo paso a realizar el formato del Production Plan, el cual servirá de borrador antes de tenerlo ya en limpio.

De lo anterior se cuenta ya con:

- días hábiles: 26,
- Ultimo nivel de ingeniería,
- Cantidad a programar en marzo: 6, 100 piezas,
- Ultimo reléase del cliente,
- Personal por línea.

Y falta obtener: capacidad por línea, Formato de borrador y programación

Capacidad por la línea.

De acuerdo al criterio de los rangos de inventario:

0.65 – 0.8 , diseño de alto volumen,  
 0.80-1.20, diseño de mediano volumen,  
 1.20 – en adelante, diseño de bajo volumen.

Se clasifican todos los diseños.

Y de acuerdo a esto se resume la siguiente tabla de promedio de capacidades solo como comprobación de los datos dados por la Ingeniería, en los cuales dice que la meta para los diseños es:

Diseños de alto volumen	1,350	piezas por turno
Diseños de mediano volumen	500	"
Diseños de bajo volumen	800	"

De acuerdo a estudio hecho por el departamento hecho por el departamento de Ingeniería Industrial, con datos de las máquinas, áreas, etc.

COMPROBACIÓN.

ITEM	No. De parte	TSTD	P6MESES	PIEZAS	DIAS
A V	8971249872	0.1751	8000	36400	
	8971351021	0.1879	5000		
	8971249884	0.2468	7400		
	8971249963	0.2609	6100		
	8971249944	0.4609	700		
	8971249854	0.5854	3400		
	8971309383	0.658	1600		
	8971369684	0.7013	1000		
	8971379864	0.8114	3200		
M V	8971369673	0.3455	200	200	
B V	8972080550	0.2814	0	100	
	8971612311	0.3577	0		
	8971612312	0.3577	0		
	8971309393	0.4042	100		
	8971249953	0.599	0		

TOTAL 36700  
 AVERAGE 1411.53846

AV ALTO VOLUMEN  
 MV MEDIANO VOLUMEN

## BV BAJO VOLUMEN

43

Básicamente en la anterior tabla se muestran los diseños tiempos estándar, cantidad programada para cada uno en el mes de Mayo, y se separaron por tipo de corrida (alto, mediano o bajo).

Lo que se hace es totalizar las piezas por tipo de volumen y sacar el promedio dividiéndolo entre los días hábiles.

$$\text{Average} = \frac{36700}{26} = 1411.54 \text{ piezas}$$

Posteriormente se pone esta cantidad (cerrada a 1400) como la capacidad para los diseños de alto volumen:

ITEM	No. De parte	TSTD	P6MESES	PIEZAS	DIAS
A V	8971249872	0.1751	8000	36400 1400	
	8971351021	0.1879	5000		
	8971249884	0.2468	7400		
	8971249963	0.2609	6100		
	8971249944	0.4609	700		
	8971249854	0.5854	3400		
	8971309383	0.658	1600		
	8971369684	0.7013	1000		
	8971379864	0.8114	3200		
M V	8971369673	0.3455	200	200	
B V	8972080550	0.2814	0	100	
	8971612311	0.3577	0		
	8971612312	0.3577	0		
	8971309393	0.4042	100		
	8971249953	0.599	0		
TOTAL				36700	
AVERAGE				1411.53846	

AV ALTO VOLUMEN  
MV MEDIANO VOLUMEN  
BV BAJO VOLUMEN



Y tomando el diseño con más tiempo estándar se hace una regla de tres simples con los de mediano y bajo volumen, para sacar la meta:

8971367673

t. Std.	Pzs.
0.8114	1400
0.3455	483.7

596.130145 piezas

8971309393

t. Std.	Pzs.
0.8114	1400
0.4042	565.88

697.411881 piezas

Así el último paso es dividir las piezas de los diseños entre éstas metas y así obtener los días que se necesitan para producir el total de 36,700:

ITEM	No. De parte	TSTD	P6MESES	PIEZAS	DIAS
A V	8971249872	0.1751	8000	36400 1400	26.00
	8971351021	0.1879	5000		
	8971249884	0.2468	7400		
	8971249963	0.2609	6100		
	8971249944	0.4609	700		
	8971249854	0.5854	3400		
	8971309383	0.658	1600		
	8971369684	0.7013	1000		
	8971379864	0.8114	3200		
M V	8971369673	0.3455	200	200	0.33
B V	8972080550	0.2814	0	100	0.14
	8971612311	0.3577	0		
	8971612312	0.3577	0		
	8971309393	0.4042	100		
	8971249953	0.599	0		
			<b>TOTAL</b>	<b>36700</b>	

26.48 dias

AVERAGE 1411.53846

AV ALTO VOLUMEN  
MV MEDIANO VOLUMEN  
BV BAJO VOLUMEN

El total de días serían 26.48 días, pero hay que recordar que solo disponemos de 26 días hábiles para el mes de Mayo, éste se absorbe con la programación que se hará a continuación.

Y el objetivo de la comprobación también era para hacer una redistribución de las metas, que siendo claros, en Planeación:

**EN ALGUNOS CASOS NO SE DEBE DE PLANEAR DE ACUERDO A LA CAPACIDAD, SINO AL REQUERIMIENTO DEL CLIENTE**

Y éste parece ser un concepto que todavía no se entiende en muchas compañías, y para muchas personas, pero así es; y cualquier Gerente que desee llevar a su empresa al éxito debe de pensar así, para que a su vez ayude a que la planeación sea más efectiva.

### **Formato y Programación**

Para comenzar a realizar el formato del Production Plan, se toma en cuenta el mes y los diseños, además de que se va a correr solo 1 turno, el formato quedaría así:

- anotar los diseños, capacidades, nivel de ingeniería.
- Anotar los requerimientos por semana, adelantándose 3 semanas a la actual, de reléase semanal.
- Anotar volumen requerido (cantidad a programar por mes)
- Las ultimas semanas que no tengan visión en el realse semanal, se prorrataan, ejemplo:
- Se coloca el acumulado empacado que se tendrá al cierre del mes anterior:
- Se checa que diseños tienen menor cobertura para comenzar a programar esos, este paso es el más importante y depende de cada planeador la forma en que se obtiene ya que esto lo va ir guiando a programar las piezas necesarias, a continuación un método rápido para programar:

Se resta la cantidad requerida acumulada al final de la semana, de la cantidad de la semana anterior, y se va apuntando esa cantidad en la parte de abajo entre la

semana, solo sí la cantidad requerida acumulada es mayor al acumulado de la semana anterior y del cierre del mes anterior:

Después de programadas estas cantidades, se va poniendo una marca de que ya se programó ese diseño de esta semana y no hay que programarlo más, hasta otra semana futura:

Otra forma de ir programando es ir checando el Shipping reléase contra el Production Plan, viendo que el acumulado producido llegue a las semanas de cobertura que se requieren, pero esta forma requiere mayor visualización y se puede llegar a cometer errores.

Una vez que se tiene que diseño se va a correr, se saca cuanto hay que programar en la primer semana para llegar al acumulado que nos dará las semanas de cobertura deseada, en el primer diseño, se ve que esta da:

$-70779-68450 = 2,329$  (cerrándolo a múltiplos de 100) = 2,400 piezas

Programando 1,400 piezas el día 1 de marzo y 1,000 piezas el 2:

### OPTIMIZACIÓN

Como se programaron 1,000 piezas el día 2 de Marzo del diseño 8971249963 pero la capacidad es de 1,400, lo que se hace es una optimización que resulta en programar otro diseño, considerando el tiempo que se tardan en cambiar de un diseño a otro:

Se tienen 1,000 piezas programadas,

Capacidad : 1,400

Utilización el día 2 de Marzo =  $1,000 / 1,400 = 0.714$  del total del día

Fracción del día que no esta siendo utilizada = 0.286

Fracción en tiempo =  $(0.286) \times (7.75) = 2.217$  horas

Así este tiempo en la programación original no se aprovechada, pero según estudios de Ingeniería Industrial , el tiempo entre cambio de un diseño a otro, no pasaba de la media hora, además de que ya no se programaba otro diseño (al final de la programación se hará la comprobación entre programar con cambios de diseños).

Teniendo un total de media hora en un cambio de diseño, el factor (tomando en cuenta un turno de 7.75 horas ) es =  $0.5 / 7.75 = 0.0645$

Las horas que todavía puede ser utilizada la línea =  
 $2.217 \text{ hrs.} - 0.5 \text{ hrs.} = 1.717 \text{ horas}$

La fracción que todavía puede ser utilizada es =  $1.717 / 7.75 = 0.2215$   
 Que también puede ser sacado así :

Fracción de día que no esta siendo utilizada - Factor del cambio de diseño =  
 $0.286 - 0.0645 = 0.2215$

Así, para obtener las piezas a programar del siguiente diseño, se determinará por la multiplicación de ésta fracción por la capacidad del diseño.

Siguiendo con la programación de estos diseños, continuamos con el 8971249884, para programar el día 10 de Marzo se obtiene multiplicando la capacidad del diseño 8971249884 por la fracción disponible:

$$\begin{aligned} & (1400) * (0.2215) = 310.1 \text{ piezas, cerrándolo} = 300 \text{ piezas} \\ + & 1400 \text{ (lunes 12)} + 1400 \text{ (martes 13)} + 500 \text{ (miércoles 14)} = 3,600 \text{ piezas} \end{aligned}$$

***Fracción del día que no estaría siendo utilizada = 0.286 = 28.60 %***

***Fracción del tiempo = (0.286) x (7.75) = 2.216 horas***

***Piezas = 300***

***\*Estos datos son con los cuales se hara el análisis de optimización.***

Quedando la fracción de utilización del día 14 de marzo  $0.500 / 1400 = 0.357$

Fracción del día que no esta siendo utilizada =  $1 - 0.357 = 0.643$  o 64.3%

Fracción disponible = fracción no utilizada – fracción del cambio de diseño =  
 $= 0.643 - 0.0645 = 0.5785$

Después se va a programar el diseño 8971351021, para programar el día 14 de Marzo se obtiene multiplicando la capacidad del diseño 8971351021 por la fracción disponible:

$$(1400) * (0.5785) = 809.9 \text{ piezas, cerrándolo} = 800 \text{ piezas}$$

***Fracción del día que no estaría siendo utilizada = 0.643 = 64.30 %***

***Fracción en tiempo = (0.643) x (7.75) = 4.98 horas***

***Piezas = 800***

***\*Estos datos son con los cuales se hara el análisis de optimización.***

Y deberían de programarse solo 900 piezas mas para este diseño, pero el atraso en esta semana 11 es ya de 2,524 piezas respecto al cierre acumulado de febrero, programamos de una vez 2,500 piezas:

$$800 \text{ (14 de Marzo)} + 1400 \text{ (15 de Marzo)} + 300 \text{ (16 de Marzo)} = 2,500 \text{ piezas}$$

$$\text{Quedando la fracción de utilización} = 300 / 1400 = 0.2142$$

$$\text{Fracción del día que no esta siendo utilizada} = 1 - 0.2142 = 0.7858 = 78.58\%$$

$$\text{Fracción disponible} = \text{fracción no utilizada} - \text{fracción del cambio de diseño} = \\ = 0.7858 - 0.0645 = 0.7213$$

Ahora tenemos los siguientes diseños, que tienen las coberturas muy bajas:

**8971249963** – 1087 piezas, pero no se produjo nada en la anterior semana, así la cantidad requerida será de  $1087 + 1622 = 2,709 = 2,700$  piezas (cerrándolo).

**8971249944** – 185 piezas, pero no se produjo nada en la anterior semana, además se observa que la cantidad a producir en el mes son 700 piezas, así, este diseño se programara todo de una vez, ya que generaría mas tiempo perdido el programar solo la cantidad de la semana 11,

**8971369684** – 268 piezas pero no se produjo nada en las anteriores semanas, así la cantidad requerida será de  $268 + 279 = 547 = 600$  piezas (cerrándolo),

Así, programando el diseño 8971249963 el día 16 de Marzo, la cantidad será:

$$(1400) * (0.7213) = 1008.82 \text{ piezas, cerrándolo} = 1,000 \text{ piezas}$$

$$1000 \text{ (16 de Marzo)} + 1400 \text{ (17 de Marzo)} + 300 \text{ (19 de Marzo)} = 2,700 \text{ piezas}$$

**Fracción del día que no estaría siendo utilizada = 0.7858 = 78.58 %**

**Fracción en tiempo = (0.7858) x (7.75) = 6.08 horas**

**Piezas = 1,000**

**\*Estos datos son con los cuales se hara el análisis de optimización.**

$$\text{Quedando la fracción de utilización} = 300 / 1400 = 0.2142$$

$$\text{Fracción del día que no esta siendo utilizada} = 1 - 0.2142 = 0.7858 = 78.58 \%$$

$$\text{Fracción disponible} = \text{fracción no utilizada} - \text{fracción del cambio de diseño} = \\ = 0.7858 - 0.0645 = \underline{0.7213}$$

Después se va a programar el diseño 8971249944, para programar el día 19 de Marzo se obtiene multiplicando la capacidad del diseño 8971249944 por la fracción disponible:

$$(1400) * (0.7213) = 1009.82 \text{ piezas, cerrándolo} = 1,000 \text{ piezas}$$

Se programaran solo 700 del 8971249944 el día 19 de Marzo, ya que es el requerimiento de todo el mes:

Fraccion del día que no estaría siendo utilizada =  $0.7858 = 78.58\%$

Fraccion en tiempo =  $(0.7858) \times (7.75) = 6.08$  horas

Piezas = 1,000

\*Estos datos son con los cuales se hara el análisis de optimización.

Así, quedaría la fracción de utilización =  $700 / 1400 = 0.5$

Pero hay que recordar que ya se utilizo un  $0.2142$  de fracción con el diseño 8971249963, mas este  $0.5$  del diseño 8971249944 =  
 $0.2142 + 0.5 = 0.7142$

Quedando la fracción de utilización =  $0.7142$

Fraccion del día que no esta siendo utilizada =  $1 - 0.7142 = 0.2858 = 28.58\%$

Fraccion disponible = fracción no utilizada – fracción del cambio de diseño =  
 $= 0.2858 - 0.0645 = 0.2213$

Esta fracción se deja para el cambio del diseño, ya que no es recomendable programar mas de 2 diseños en un mismo día (solo si fueran cantidades mínimas) ya que se presentan desventajas como son:

- Mezcla de materiales en la línea de producción,
- La meta de los diseños no se alcanza, debido a que el personal no esta corriendo de manera constante.

\*Aquí no hay datos para la optimización, ya que se completo el día 19 de marzo del 2001.

Así, el siguiente diseño a programar es el 8971369684, el día 20 de Marzo, se observa que la producción total es de 1,000 piezas, así, programamos las 1,000 piezas el día 20:

Quedando la fracción de utilización =  $1,000 / 1400 = 0.7142$

Fraccion del día que no esta siendo utilizada =  $1 - 0.7142 = 0.2858 = 28.58\%$

Fraccion disponible = fracción no utilizada – fracción del cambio de diseño 0  
 $= 0.2858 - 0.0645 = 0.2213$

Ahora tenemos los siguientes diseños, con las cantidades pendientes de programar:

**8971249963** – 816 piezas = 800 piezas (cerrándolo),

**8971379854** - 120 piezas, pero no se produjo nada en la anterior semana, así la cantidad requerida será de  $120 + 477 = 597 = 600$  piezas (cerrándolo),

**8971379864** – 477 piezas, pero no se produjo en la anterior semana, así la cantidad requerida será de  $1146 + 1525 = 2,672 = 2,700$  piezas (cerrándolo),

**8971249872** – 1146 piezas, pero no se produjo nada en la anterior semana, así la cantidad requerida será de  $1146 + 1525 = 2,671 = 2,700$  piezas (cerrándolo),

Así, programando el diseño 8971249872 el día 20 de Marzo, la cantidad será:

$$(1400) * (0.2213) = 309.82 \text{ piezas, cerrándolo} = 300 \text{ piezas}$$

$$300 (\text{de Marzo}) + 1000 (\text{23 de Marzo}) + 1000 (\text{23 de Marzo}) = 2,700 \text{ piezas}$$

**Fracción del día que no estaría siendo utilizada**  $0.2858 = 28.58\%$   
**Fracción en tiempo**  $= (0.2858) \times (7.75) = 2.21 \text{ horas}$   
**Piezas**  $= 300$

**\*Estos datos son con los cuales se hará el análisis de optimización.**

- **NOTA:** Hay que recordar que el día 21 de Marzo es día de descanso obligatorio, por eso no se está programando.

Quedando la fracción utilizando el día 23 de Marzo  $= 1,000 / 1400 = 0.7142$   
 Fracción del día que no esta siendo utilizada  $= 1 - 0.7142 = 0.2858 = 28.58\%$   
 Fracción disponible = fracción no utilizada – fracción del cambio del diseño =  
 $= 0.2858 - 0.0645 = \underline{0.2213}$

Ahora programando el diseño 8971249884, la cantidad será:

$$(1400) * (0.2213) = 309.82 \text{ piezas, cerrándolo} = 300 \text{ piezas}$$

$$300 (\text{23 de Marzo}) + 1400 (\text{24 de Marzo}) + 1000 (\text{26 de Marzo}) = 2,700 \text{ piezas}$$

**Fracción del día que no estaría siendo utilizada**  $= 0.2858 = 28.58\%$   
**Fracción en tiempo**  $= (0.2858) \times (7.75) = 2.21 \text{ horas}$   
**Piezas**  $= 300$

**\*Estos datos son con los cuales se hará el análisis de optimización.**

Quedando la fracción de utilización  $= 1,000 / 1400 = 0.7142$   
 Fracción del día que no esta siendo utilizada  $= 1 - 0.7142 = 0.2858 = 28.58\%$   
 Fracción disponible = fracción no utilizada – fracción del cambio de diseño =  
 $= 0.2858 - 0.0645 = \underline{0.2213}$

El diseño que sigue de programarse es el 8971379854, la cantidad el día 26 de Marzo es:

$$(1400) - (0.2213) = 309.82 \text{ piezas, cerrándolo} = 300 \text{ piezas}$$

**Fracción del día que no estaría siendo utilizada = 0.2858 = 28.58%**

**Fracción en tiempo = (0.2858) x (7.75) = 2.21 horas**

**Piezas = 300**

***\*Estos datos son con los cuales se hará el análisis de optimización.***

Pero la cantidad que falta para cerrar el mes es de 600, así, se programan de una vez estas 600 el día 27 de Marzo:

$$300 (26 \text{ de Marzo}) + 600 (27 \text{ de Marzo}) = 900 \text{ piezas}$$

Quedando la fracción de utilización =  $900 / 1400 = 0.6428$

Fracción del día que no está siendo utilizada =  $1 - 0.6428 = 0.3572 = 35.72\%$

Fracción disponible = fracción no utilizada – fracción del cambio de diseño =  
 $= 0.3572 - 0.0645 = 0.2927$

Nos pasamos al siguiente diseño, el 8971379864, la cantidad el día 27 de Marzo es:

$$(1400) * (0.2927) = 409.78 \text{ piezas, cerrándolo} = 400 \text{ piezas}$$

$$(400) (27 \text{ de Marzo}) + 1100 (28 \text{ de Marzo}) = 1,500 \text{ piezas}$$

Completando así este diseño y quedando la fracción de utilización  
 $= 1,100 / 1400 = 0.7857$

**Fracción del día que no estaría siendo utilizada = 0.572 = 35.72 %**

**Fracción en tiempo = (0.3572) x (7.75) = 2.76 horas**

**Piezas = 400**

**\*Estos datos son con los cuales se hará el análisis de optimización**

Fracción del día que no está siendo utilizada =  $1 - 0.7857 = 0.2143 = 21.43\%$

Fracción disponible = fracción no utilizada – fracción del cambio de diseño =  
 $= 0.2143 - 0.0645 = \underline{0.1498}$

El siguiente diseño a programar es el 8971249963, la cantidad el día 28 de Marzo será:

$$(1400) * (0.1498) = 209.72 \text{ piezas, cerrándolo} = 200 \text{ piezas}$$

$$200 (28 \text{ de Marzo}) + 800 (28 \text{ de Marzo}) = 1,000 \text{ piezas}$$



Completando también éste diseño y quedando la fracción de utilización  
 $= 800 / 1400 = 0.5714$

*Fracción del día que no estaría siendo utilizada =  $0.2143 = 21.43 \%$*

*Fracción en tiempo =  $(0.2143) \times (7.75) = 1.66$  horas*

*Piezas = 400*

**\*Estos datos son con los cuales se hará el análisis de optimización**

Fracción del día que no esta siendo utilizada =  $1 - 0.5714 = 0.4286 = 42.86\%$

Fracción disponible = fracción no utilizada – fracción del cambio de diseño =  
 $= 0.4286 - 0.0645 = \underline{0.3641}$

El siguiente diseño a programar es el 8971369673, la cantidad el día 28 de Marzo será:

$(600) * (0.3641) = 218.46$  piezas, cerrándolo = 200 piezas

**\*Aquí no hay datos para la optimización, a que se completo el día 29 de Marzo del 2001.**

Y como ya programamos dos diseños, el siguiente se programará hasta el 30 de Marzo, y es el 8971309393:

Completando así éste diseño y quedando la fracción de utilización  
 $= 100 / 700 = 0.1428$

Fracción del día que no está siendo utilizada =  $1 - 0.1428 = 0.8572$

Fracción disponible = fracción no utilizada – fracción del cambio del diseño =  
 $= 0.8572 - 0.0645 = \underline{0.7927}$

El siguiente diseño a programar es el 8971351021, la cantidad el día 30 de Marzo será:

$(1400) * (0.7927) = 1109.78$  piezas, cerrándolo = 1,100 piezas

$1100 (30 \text{ de Marzo}) + 1400 (31 \text{ de Marzo}) = 2,500$  piezas

Completando así la producción de marzo de éste diseño.

**Fracción del día que no estaría siendo utilizada =  $0.8572 = 85.72\%$**

**Fracción en tiempo =  $(0.8572) \times (7.75) = 6.64$  horas**

**Piezas = 1,100**

**\*Estos datos son con los cuales se hará el análisis de optimización.**

Aún quedan pendientes 1,700 piezas del diseño 8971249872, y 1,100 piezas del diseño 8971249889, que representan dos días de producción (con la meta de 1,400 piezas), éstas cantidades serán eliminadas del Plan de 6 Meses, ya que se tendría que subir la meta en algunos días o hacer uso del tiempo extra, quedando sólo a criterio del Planeador, que en este caso no es necesario programarlas porque la cobertura con la que cierran el mes cada uno de los diseños es:

2 semanas para el 8971249872 y

2 semanas para el 8971249884, además estos 2 diseños son con los que se comenzará a programar el mes de Abril.

**\*NOTA:** Este ajuste al Plan de 6 Meses se tiene que hacer inmediatamente si se conoce que alguna cantidad cambiaría, ya que afecta principalmente al departamento de compras.

## CAPITULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1 CONCLUSIONES

#### RESULTADOS DE LA OPTIMIZACIÓN

Del análisis de optimización, se tiene el siguiente resultado:

PORCENTAJE QUE NO ESTARÍA UTILIZADO	PIEZAS QUE REPRESENTAN	TIEMPO AHORRADO (HRS)	TIEMPO AHORRADO (DÍAS)
28.60%	300	2.22	0.29
21.50%	200	1.66	0.21
92.80%	1200	7.19	0.93
28.60%	300	2.22	0.29
64.30%	800	4.98	0.64
78.58%	1000	6.08	0.78
78.58%	1000	6.08	0.78
28.58%	300	2.21	0.29
35.72%	400	2.76	0.36
21.43%	200	1.66	0.21
85.72%	1100	6.64	0.86
<b>TOTAL DÍAS AHORRADOS</b>			<b>5.64</b>

Como se puede ver, hubo 11 cambios de modelos en los cuales se tuvo aprovechamiento de tiempo (5.64 días), que representan 6,800 piezas producidas que dependen del diseño que se este corriendo.

Es decir, el utilizar esta técnica de balanceo de líneas de producción si me reditúa en una mejora para la empresa y por consiguiente la organización puede ir creciendo periodo tras periodo.

En suma todo se puede mejorar se necesita quererse dar el tiempo para cambiar y es ese uno de los problemas principales, la gente se acostumbra a su manera de trabajar y si tu mejora no sabes como implementarla, te quedas igual o peor (falta de credibilidad hacia ti).

## 8.2 RECOMENDACIONES

Cada Planeador sabe cuando es más conveniente correr uno u otro diseño y en que cantidades, aquí se mostraron los pasos básicos y algunos tips que creo le ayudaran sin lugar a dudas a alguien que se interese por la Planeación.

Quisiera recalcar la importante que es el partir de un pronostico adecuado, la recomendación aquí es que tengan una buena cantidad de información disponible si es que vas a utilizar series de tiempo o métodos causales, en el caso de opinión o juicio ten mucho cuidado en el juicio "experiencia" de esos expertos que te darán ese pronostico.

Otra recomendación vital es el tener un buen manejo de materiales, es decir, que las cantidades en piso (físicamente) sean las mismas que las de tu control de inventario dado que de no hacerlo te podrán generar cambios de línea, negativos en los números de parte, etc.

**BIBLIOGRAFIA****TOMA DE DECISIONES POR MEDIO DE INVESTIGACION DE OPERACIONES**

ROBERT J. THIERAUF  
RICHARD A. GROSSE  
LIMUSA  
1990

**INTRODUCCION A LOS MODELOS CUANTITATIVOS PARA ADMINISTRACION**

DAVID R. ANDERSON  
DENNIS J. SWEENEY  
IBEROAMERICA  
1995

**METODOS CUANTITATIVOS PARA LOS NEGOCIOS**

DAVID R. ANDERSON  
DENNIS J. SWEENEY  
THOMSON  
1996

**ADMINISTRACION DE PRODUCCION Y OPERACIONES**

NORMAN GAITHER  
GREG FRAZIER  
THOMSON  
1996

**RELACION DE TABLAS**

TABLA	DESCRIPCION	PAGINA
1	Serie de tiempos de venta de gasolina	12
2	Resumen de los cálculos de promedio móvil de 3 semanas	13
3	Resumen de los promedios de alisamiento exponencial	19
4	Datos de entrada para regresión	24
5	Datos de regresión	25
6	Cálculos para el error medio cuadrado	30
7	Cálculos para el error medio cuadrado	31
8	Cálculos para los métodos de evaluación	36
9	Pronostico de HOLT	43

## GLOSARIO

**PRONOSTICOS.-** Los pronósticos constituyen las entradas del proceso de tomas de decisiones. Desde una perspectiva teórica los pronósticos pueden mirarse como predicciones del estado de la naturaleza (la variable no controlable) o las consecuencias que ocurrirán, manifestado en términos de un punto estimado (valor mas probable, valor estimado, etc.).

**PRONOSTICOS ECONOMETRICOS.-** Los métodos econométricos de pronósticos son una extensión de las ecuaciones de regresión. Al incluir mas variables interdependientes el análisis de regresión no se puede utilizar y se debe expresar esta relación mediante el desarrollo de ecuaciones simultaneas que puedan manejar la interdependencia directamente. Se han utilizado en gran parte en relación en productos relativamente maduros en donde esta disponible un registro histórico considerable y en la industria y pronósticos económicos amplios.

**PRONOSTICOS CAUSALES.-** cuando se tienen suficientes datos históricos y experiencia es posible relacionar los pronósticos a factores del medio ambiente que causan las tendencias, las variaciones estacionales y las fluctuaciones. Así se pueden medir los factores casuales y se han determinado sus relaciones con el producto o servicio que interesa se puede ser capaz de calcular pronósticos de considerable exactitud.

**PRONOSTICOS DE SERIES DE TIEMPOS.-** los métodos de serie de tiempo simplemente registran y procesan datos históricos en una forma estadísticamente congruente. Las fuerzas fundamentales directivas que causan cambios en la demanda se ignoran. Son apropiados para el corto plaza. Son de considerable valor porque son relativamente poco caros.

**REGRESION MULTIPLE.-** Los conceptos generales del análisis de regresión simple se pueden extender para incluir los efectos de varios factores causales. Mediante el análisis de regresión múltiple.

## RESUMEN AUTOBIOGRAFICO

Nací en Monterrey Nuevo León un 24 de Agosto de 1961 mis padres Arnulfo Treviño Villarreal y Maria del Pilar Cubero me proporcionaron educación en escuelas pero sobre todo educación para la vida , la cual nunca terminare de agradecerseles.

Tengo estudios hasta este nivel (pasante de maestría) pero también me he podido especializar con una serie de diplomados encaminados, principalmente a la docencia y a la calidad.

Soy el mayor de los hijos y mis padres siempre me trataron de poner como ejemplo.

Actualmente me encuentro felizmente casado con Claudia Isela Acevedo Leal y tenemos actualmente 3 hijos Arnulfo (8), Pamela (7) y Debanhi (5 meses)

He tenido el honor de pasar todas las materias de la licenciatura en máximo 1era oportunidad, hecho que me permitió contar con un título honorífico.

Me desempeño como maestro de esta facultad desde enero de 1983 y e tenido la fortuna de ocupar algunos cargos dentro de la facultad, como son:

Coordinador del área de administración y sistemas (10 años)

Coordinador del Centró de Calidad de FIME (2 años)

Coordinador de tutorías (1.3 años)

Auxiliar de dirección (3 meses)

Actualmente tengo 3 semestres de impartir clases de maestría en la facultad de arquitectura.

Me he desarrollado también en la industria, en empresas como DHESA y DIRONA.



