

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS  
SUPERIORES DE MONTERREY  
CAMPUS MONTERREY  
ESCUELA DE GRADUADOS EN ADMINISTRACION  
Y DIRECCION DE EMPRESAS**



**TECNOLÓGICO  
DE MONTERREY**

**INCREMENTO EN LA PRODUCTIVIDAD EN EL AREA  
DE MAQUINADO EN MOTORES US**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE  
MAESTRO EN DIRECCION PARA LA MANUFACTURA**

**POR:**

**VICTOR MANUEL VEGA FLORES**

**SAN PEDRO GARZA GARCIA, N. L.**

**JUNIO 2004**

***Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de  
Monterrey***

***Campus Monterrey***

*Escuela de Graduados en Administración y Dirección de Empresas*



**EGADE**

*Incremento en la Productividad en el área de maquinado en Motores US*

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:  
MAESTRO EN DIRECCIÓN PARA LA MANUFACTURA**

**POR:**

*Victor Manuel Vega Flores*

*San Pedro Garza García, N.L.*

*Junio, 2004*

## **Dedicatoria**

A la Virgen de Guadalupe, sin cuya fe no habría llegado hasta aquí.

A Martha Laura Villarreal González, por su incansable lucha por hacer de mí un mejor ser humano.

A mis padres, por ese apoyo que siempre me han brindado en cada etapa de mi vida

A mis maestros, quienes siempre me impulsaron a aprender cada día más.

Caminante son tus huellas el camino y nada más,  
caminante, no hay camino se hace camino al andar.  
Al andar se hace camino y al volver la vista atrás  
se ve la senda que nunca se ha de volver a pisar.  
Caminante no hay camino sino estelas en la mar.

A. Machado y JM. Serrat

## **Agradecimientos**

Agradezco profundamente al Ing. René J. Resendez, Director de Operaciones de USEM de México, por su valiosa colaboración en la realización de la estancia Industrial que da origen a esta tesis.

También quisiera agradecer al Ing. Juan A. Salazar, por todas las facilidades que prestó durante el desarrollo de la presente.

También agradezco en forma especial a la Ing. Elieth Rocío Sánchez Oliva, por su valiosa ayuda en la redacción de este documento.

## **Resumen**

El objetivo del presente proyecto es estudiar el concepto de productividad en el Departamento de Maquinado de USEM de México, analizarlo, así como desarrollar e implementar propuestas que tiendan a elevar este índice.

La metodología seguida fue la siguiente:

- Análisis y descripción del concepto de productividad.
- Uso de la Teoría de Restricciones de Eli Goldratt para
  1. IDENTIFICAR las restricciones de la empresa.
  2. EXPLOTAR las restricciones de la empresa.
  3. SUBORDINAR todo lo demás a la decisión anterior.
  4. ELEVAR las restricciones de la empresa.
- Detección de variables que afectan la productividad y que están bajo control del área de maquinado.
- Estudio de esas variables para encontrar áreas de oportunidad.
- Propuestas para mejorar el desempeño de esas variables.

Al final del periodo de trabajo los resultados fueron satisfactorios pues se logró mejorar el índice de entregas a tiempo por parte de maquinado a ensamble final y se redujo la utilización del tiempo extra de forma considerable.

## Índice

Comité de Tesis.....	2
Dedicatoria.....	3
Agradecimientos.....	4
Resumen.....	5
Índice.....	6
Lista de Figuras.....	7
Introducción.....	8
Revisión Bibliográfica.....	9
Productividad en USEM de México.....	13
Desarrollo y Experimentación.....	15
Propuestas para mejorar el desempeño.....	24
Resultados.....	27
Discusión de los resultados.....	31
Bibliografía.....	32

## Lista de figuras

Figura 1. Productividad en USEM de México.....	13
Figura 2 Resumen de carga por máquinas. Soportes (Antes).....	16
Figura 2 Resumen de carga por máquinas. Misceláneos (Antes).....	17
Figura 4 Análisis de causas de retrasos semana 44 Soportes.....	20
Figura 5 Análisis de causas de retrasos semana 45 soportes.....	21
Figura 6 Análisis de causas de retrasos semana 46 soportes.....	21
Figura 7 Análisis de causas de retrasos semana 44 Misceláneos.....	22
Figura 8 Análisis de causas de retrasos semana 45 Misceláneos.....	22
Figura 9 Análisis de causas de retrasos semana 46 Misceláneos.....	23
Figura 10 Gráficos de cumplimiento programa soportes.....	25
Figura 11 Gráficos de cumplimiento programa soportes.....	25
Figura 12 Gráficos de cumplimiento programa Misceláneos.....	26
Figura 13 Gráficos de cumplimiento programa Misceláneos.....	26
Figura 14 Gráfico de tendencia de retrasos en cumplimiento. Soportes.....	27
Figura 15 Gráfico de tendencia de retrasos en cumplimiento. Misceláneos..	27
Figura 16 Gráfico de tendencia en uso de tiempo extra. Soportes.....	28
Figura 17 Gráfico de tendencia en uso de tiempo extra. Misceláneos.....	28
Figura 18 Resumen de carga por máquinas. Soportes (Después).....	29
Figura 19 Resumen de carga por máquinas. Misceláneos (Después).....	30

## Introducción

Productividad, en economía, es la relación entre producción final y factores productivos (tierra, capital y trabajo) utilizados en la producción de bienes y servicios. De un modo general, la productividad se refiere a la que genera el trabajo: la producción por cada trabajador, la producción por cada hora trabajada, o cualquier otro tipo de indicador de la producción en función del factor trabajo. Lo habitual es que la producción se calcule utilizando números índices (relacionados, por ejemplo, con la producción y las horas trabajadas), y ello permite averiguar la tasa en que varía la productividad. Los datos más fiables en este sentido provienen de la industria, porque es en este sector donde resulta más fácil medir la producción, a diferencia de, por ejemplo, una empresa de servicios financieros. Una de las claves del éxito de una empresa reside en saber incrementar la productividad. Pero para ello, es preciso tener en cuenta el rendimiento total de la actividad productiva de los factores, y no sólo la productividad del trabajo. Cuando se aumenta la inversión en capital (compra de maquinaria) para reducir las necesidades del factor trabajo (y por lo tanto elevar la productividad de este factor) el objetivo debe ser aumentar el rendimiento de todos los factores. En la práctica, la productividad de cada factor es muy difícil de calcular porque no se puede identificar con exactitud qué parte de la producción se debe a cada uno de ellos. Además, la cantidad de factores utilizados en la producción varía con el tiempo. Debido a estas dificultades, las estadísticas relativas a la productividad deben interpretarse con cautela. Las mejoras a corto plazo de los índices pueden reflejar una mejor utilización de la capacidad productiva, y no una mejora real de la productividad. En general, no se pueden realizar comparaciones entre diversos países porque en cada uno de ellos varía la forma de obtener datos sobre productividad.

Comúnmente se vincula el crecimiento de los salarios a las mejoras en la productividad. Muchas empresas utilizan un sistema de pagos en función del trabajo realizado, de forma que parte del salario depende del rendimiento de cada trabajador. También es frecuente que la empresa que está negociando los salarios con los trabajadores asegure que el incremento salarial sólo será posible si se produce un incremento de la producción; ésta es una forma de amenazar con una reducción de personal o plantilla si la subida salarial no va acompañada de un aumento de la productividad.

## Revisión Bibliográfica Productividad

### Importancia de la Productividad

El único camino para que un negocio pueda crecer y aumentar su rentabilidad (o sus utilidades) es aumentando su **productividad**. Y el instrumento fundamental que origina una mayor **productividad** es la utilización de métodos, el estudio de tiempos y un sistema de pago de salarios.

Del costo total a cubrir en una empresa típica de mano factura de productos metálicos, 15% es para mano de obra directa, 40% para gastos generales. Se debe comprender claramente que todos los aspectos de un negocio o industria -ventas, finanzas, producción, ingeniería, costos, mantenimiento y administración- son áreas fértiles para la aplicación de métodos, estudio de tiempos y sistemas adecuados de pago de salarios.

Hay que recordar que las filosofías y técnicas de métodos, estudio de tiempos y sistemas de pago de salarios son igualmente aplicables en industrias no manufactureras. Por ejemplo: Sectores de servicio como hospitales, organismos de gobierno y transportes. Siempre que hombres, materiales e instalaciones se conjugan para lograr un cierto objetivo la productividad se puede mejorar mediante la aplicación inteligente de los principios de métodos, estudios de tiempos y sistema de pago de salarios.

### ¿Que es productividad?

Productividad puede definirse como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados. En la fabricación la productividad sirve para evaluar el rendimiento de los talleres, las máquinas, los equipos de trabajo y los empleados.

Productividad en términos de empleados es sinónimo de rendimiento. En un enfoque sistemático decimos que algo o alguien es productivo con una cantidad de recursos (Insumos) en un periodo de tiempo dado se obtiene el máximo de productos.

La productividad en las máquinas y equipos está dada como parte de sus características técnicas. No así con el recurso humano o los trabajadores. Deben de considerarse algunos otros factores que influyen.

Además de la relación de cantidad producida por recursos utilizados, en la productividad entran a juego otros aspectos muy importantes como:

**Calidad:** La calidad es la velocidad a la cual los bienes y servicios se producen especialmente por unidad de labor o trabajo.  $Productividad = \frac{Salida}{Entradas}$ ,  
**Entradas:** Mano de Obra, Materia prima, Maquinaria, Energía, Capital. **Salidas:**

**Productos:** Misma entrada, salida más grande, entrada más pequeña misma salida Incrementar salida disminuir entrada Incrementar salida mas rápido que la entrada Disminuir la salida en forma menor que la entrada.

### **¿Como se mide la productividad?**

La productividad se define como la relación entre insumos y productos, en tanto que la eficiencia representa el costo por unidad de producto. Por ejemplo:

En el caso de los servicios de salud, la medida de productividad estaría dada por la relación existente entre el número de consultas otorgadas por hora/médico. La productividad se mediría a partir del costo por consulta, mismo que estaría integrado no sólo por el tiempo dedicado por el médico a esa consulta, sino también por todos los demás insumos involucrados en ese evento particular, como pueden ser materiales de curación medicamentos empleados, tiempo de la enfermera, etc.

En las empresas que miden su productividad, la fórmula que se utiliza con más frecuencia es:

**Productividad: Número de unidades producidas / Insumos empleados**

Este modelo se aplica muy bien a una empresa manufacturera, taller o que fabrique un conjunto homogéneo de productos. Sin embargo, muchas empresas modernas manufacturan una gran variedad de productos. Estas últimas son heterogéneas tanto en valor como en volumen de producción a su complejidad tecnológica puede presentar grandes diferencias. En estas empresas la productividad global se mide basándose en un número definido de " centros de utilidades " que representan en forma adecuada la actividad real de la empresa.

La fórmula se convierte entonces en:

**Productividad: (Producción a + prod.b + prod. N...)/Insumos empleados**

Finalmente, otras empresas miden su productividad en función del valor comercial de los productos.

**Productividad: (Ventas netas de la empresa) vs. (Salarios pagados)**

Todas estas medidas son cuantitativas y no se considera en ellas el aspecto cualitativo de la producción (un producto debería ser bien hecho la primera vez y responder a las necesidades de la clientela) . Todo costo adicional (reinicios, refabricación, reemplazo reparación después de la venta) debería ser incluido en la medida de la productividad. Un producto también puede tener consecuencias benéficas o negativas en los demás productos de la empresa. En efecto si un producto satisface al cliente, éste se verá inclinado a comprar otros productos de la misma marca; si el cliente ha quedado insatisfecho con un producto se verá inclinado a no volver a comprar otros productos de la

misma marca.

El costo relacionado con la imagen de la empresa y la calidad debería estar incluido en la medida de la productividad

Pero lo más importante es ir definiendo la tendencia por medio del uso de índices de productividad a través del tiempo en nuestras empresas, realizar las correcciones necesarias con el fin de aumentar la eficiencia y ser más rentables.

Todo producto o servicio destinado a ser adquirido por un cliente debe producir en éste un nivel de satisfacción y por tanto la misma puede ser considerada una salida del proceso.

El grado de satisfacción que se alcance siempre será directamente proporcional al esfuerzo del personal del proceso.

Una mejora en la satisfacción constituye un anuncio muy probable de un mejor desempeño en el futuro por el incremento del número de clientes.

Un incremento en la satisfacción generalmente origina un incremento de los gastos de los clientes y por tanto mayores ingresos para el proceso.

Al ser la satisfacción común a cualquier tipo de proceso, siempre que se empleen similares escala para su medición es posible utilizarla para ser estudios comparativos y desarrollar programas de mejoras.

Cuando la unidad de medida adoptada es la misma para el numerador y el denominador de la expresión de la PRODUCTIVIDAD es frecuente utilizar el denominador de RENDIMIENTO, expresado mediante una magnitud sin dimensiones.

Si se decidiera aceptar la idea de medir la productividad mediante la satisfacción de los clientes y además en vez de dividir la misma por la cantidad de trabajadores se hiciera por el valor de la satisfacción de estos, entonces se podría conocer el rendimiento de lo invertido en lograr la satisfacción del cliente interno, ya que como se sabe, esta última condiciona de modo directo la satisfacción del cliente externo y las salidas.

La aplicación de ambas ideas permitiría contar con un indicador más preciso del desempeño de los trabajadores además de poder evaluar la eficiencia de los gastos realizados en materia de estimulación y formación del personal además de contribuir a la mejora de la calidad de los servicios.

Elementos importantes a considerar para aumentar la productividad de la empresa son el capital humano como la inversión realizada por la organización para capacitar y formar a sus miembros y el instructor de la población trabajadora que son los conocimientos y habilidades que guardan relación directa con los resultados del trabajo.

## **Índice De Productividad**

Con el fin de medir el progreso de la productividad, generalmente se emplea el **INDICE DE PRODUCTIVIDAD (P)** como punto de comparación:

$$P = 100 * (\text{Productividad Observada}) / (\text{Estándar de Productividad})$$

**La productividad observada** es la productividad medida durante un periodo definido (día, semana, mes, año) en un sistema conocido (taller, empresa, sector económico, departamento, mano de obra, energía, país). El estándar de productividad es la productividad base o anterior que sirve de referencia.

Con lo anterior vemos que podemos obtener diferentes medidas de productividad, evaluar diferentes sistemas, departamentos, empresas, recursos como materias primas, energía, entre otros. Pero lo más importante es ir definiendo la tendencia por medio del uso de índices de productividad a través del tiempo en nuestras empresas, realizar las correcciones necesarias con el fin de aumentar la eficiencia y ser más rentables.

Elementos importantes a considerar para aumentar la productividad de la empresa son el capital humano como la inversión realizada por la organización para capacitar y formar a sus miembros y el instructor de la población trabajadora que son los conocimientos y habilidades que guardan relación directa con los resultados del trabajo.

### **Factores internos y externos que afectan la productividad**

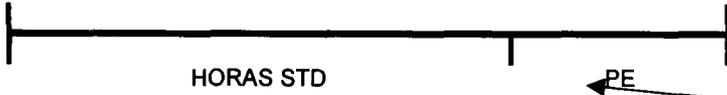
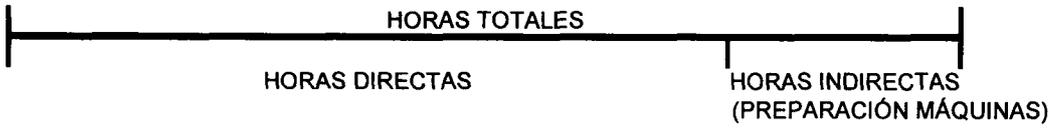
Factores Internos:

- Terrenos y edificios
- Materiales
- Energía
- Máquinas y equipo
- Recurso humano

Factores Externos:

- Disponibilidad de materiales o materias primas.
- Mano de obra calificada
- Políticas estatales relativas a tributación y aranceles
- Infraestructura existente
- Disponibilidad de capital e interese
- Medidas de ajuste aplicadas

# Productividad en USEM de México



**PERDIDA DE EFICIENCIA**  
Demoras, paros, ausentismo, personales falta de material

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Hrs Std}}{\text{Hrs directas}}$$

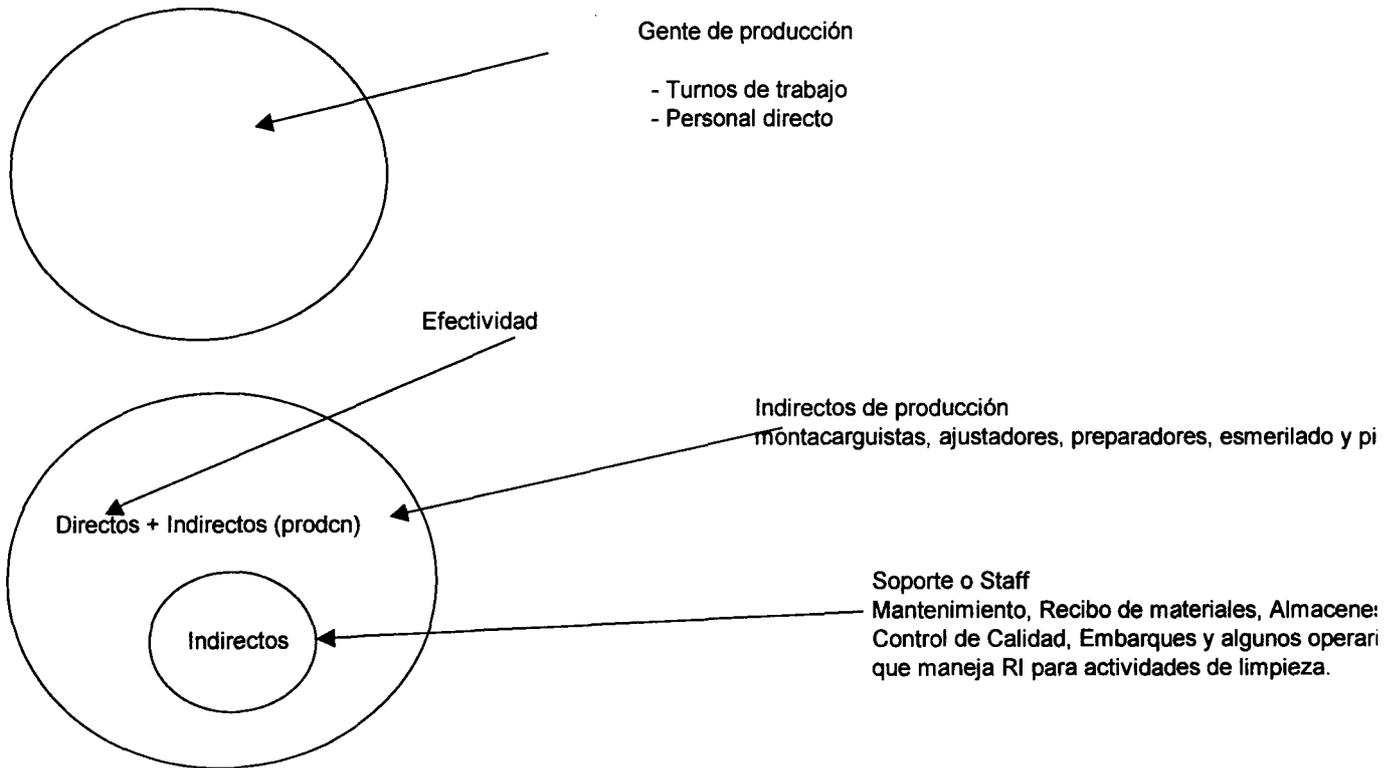
$$\text{Utilización} = \frac{\text{Hrs directas}}{\text{Hrs Totales}}$$

$$\text{Efectividad} = \text{Eficiencia} \times \text{Utilización}$$

$$\text{Efectividad} = \frac{\text{Hrs Std}}{\text{Hrs directas}} \times \frac{\text{Hrs directas}}{\text{Hrs Totales}}$$

$$\text{Efectividad} = \frac{\text{Hrs Std}}{\text{Hrs Totales}}$$

EFFECTIVIDAD = PRODUCTIVIDAD



La Productividad involucra los indirectos de producción más los indirectos de soporte o staff.

Figura 1

## **El concepto de horas estándar en USEM de México**

Cada número de parte maquinado tiene un tiempo estándar, el cual se acredita en el momento de entrar al almacén central, por lo que si por ejemplo, un día entran 100 piezas que tiene un tiempo estándar de 1 HR cada una, se acredita 100 horas estándar, pero si para hacer esas 100 piezas, se utilizaron 200 horas hombre, luego entonces la productividad resultante es de 100 horas estándar / 200 horas pagadas resultando en un índice de 50%. Aquí es muy importante tomar en cuenta que en el cálculo de las horas pagadas, se toman en cuenta las horas de los operarios directos, más las horas de los operarios indirectos, como los preparadores de máquinas, más las horas pagadas a los operarios indirectos o de staff, los cuales no son sindicalizados, sin embargo son las gentes de bajos niveles jerárquicos que de alguna forma soportan al área de producción, por lo que resulta casi imposible hablar de índices de productividad de arriba del 45 o 50%.

En este caso, las horas totales, se componen de las horas directas, más las horas indirectas, por lo que la fórmula queda como sigue:

Efectividad (Productividad)=Hrs. Std./Hrs. Totales

Donde horas estándar son aquellas reportadas según los tiempos estándar de los tiempos de producción asignados por el departamento de Ingeniería Industrial, y las horas totales se componen de :

Horas totales = Horas Directas (de los operarios de MO) + Horas Indirectas (de los operarios indirectos que dan servicio a producción)+ horas indirectas (de soporte o staff)

Por lo que si se quisiera subir el índice de productividad, lo que hay que hacer es:

Aumentar las entradas de piezas al almacén, sin incurrir en tiempo extra, es decir, maquinar las piezas en su tiempo estándar, o reducir las horas totales en las cuales se tiene control por parte del área de producción, o sea las horas totales directas, que al final de cuentas es parte de lo mismo, pues cumplir con los tiempos estándares de producción para maquinado. Dicho de otra forma, aumentar el numerador de la fórmula de efectividad, o disminuir el denominador.

## **Desarrollo y Experimentación**

Se siguieron los 5 pasos de la Teoría de Restricciones para atacar el problema, a saber:

### **Paso 1: IDENTIFICAR las restricciones de la empresa.**

Este Paso es, en mi opinión, el más difícil ya que normalmente llamamos "restricción" a los síntomas de no usar correctamente nuestro sistema. En general sentimos que tenemos miles de restricciones: falta de gente, falta de máquinas, falta de materiales, falta de dinero, falta de espacio, políticas macroeconómicas, ausentismo, exceso de stocks, etc.

La Teoría General de los Sistemas sostiene que cualquiera sea el sistema y su meta, siempre hay unos pocos elementos que determinan su capacidad, sin importar cuán complejo o complicado sea.

¿Cómo identificar esos elementos? Ante todo, restricción no es sinónimo de recurso escaso. Es imposible tener una cantidad infinita de recursos. Hay básicamente dos tipos de restricciones:

- Físicas: Escasez de materias primas, una máquina muy cargada, gente con una habilidad determinada, el Mercado, etc.
- Políticas: Reglas formales o informales erróneas, no alineadas o en conflicto con la meta del sistema.

Sólo podemos decir que existen restricciones físicas cuando ya han sido eliminadas las restricciones políticas.

### **Análisis de capacidad por máquina**

En Agosto de 2003 se solicitó al departamento de Control de Producción un resumen de la capacidad de carga por máquinas del área de soportes, y éste fue el primer reporte por máquina con su capacidad disponible y requerida según programa:

## Resumen de Carga por Máquina - Soportes -

Máquina	Semana: 36			Semana: 37			Semana: 38		
	Req (pz)	Tiempo Disponible (Hrs)	Tiempo Real (Hrs)	Req (pz)	Tiempo Disponible (Hrs)	Tiempo Real (Hrs)	Req (pz)	Tiempo Disponible (Hrs)	Tiempo Real (Hrs)
1026	393	85	14.04	2770	85	83.54		0	
1054	783	112.5	93.66	520	112.5	64.04		0	
1083	216	112.5	42.02	475	112.5	82.65	24	112.5	6.86
1089	454	85	38.32	839	85	62.88		0	
1152	73	45	30.81	124	45	52.19		0	
1180	400	112.5	44.62	787	112.5	62.11		0	
1241	185	85	44.53	146	85	36.24		0	
1273	1275	45	27.24	1737	45	36.75		0	
1275	478	45	11.75	448	45	10.22		0	
1279	244	85	22.67	454	85	32.11		0	
334	179	85	13.80	391	85	32.44		0	
629	364	112.5	81.28	262	112.5	58.53	42	112.5	6.83
891	106	85	20.08	246	85	50.08		0	
890	84	85	41.27	104	85	48.70		0	
963	449	85	31.01	650	85	39.04		0	
GAMAR		0			0			0	
Maq-Mena	9	45	12.29	34	45	41.32		0	
Maq-Phila		0			0			0	
Maquila		0			0			0	
MTC		0			0			0	
New-140		0			0			0	
No Maquina		0			0			0	
T-366		0			0			0	
VTL-236	17	45	24.66		0			0	
VTL-401	2	45	4.67		0			0	
VTL-452	8	45	12.98	14	45	19.58		0	

Wednesday, August 27, 2003

Figura 2

En este reporte se puede ver como había máquinas con tres turnos, que son aquellas que tienen tiempos disponibles de 112.5 horas por semana, que son 9 horas en el primer turno, 8 horas en el segundo y 5.5 horas en el tercer turno. Aquí es muy importante señalar que este es el primer reporte de este tipo con el que contaba la planta.

Análogamente se hizo un reporte similar para misceláneos, que quedo de la siguiente manera:

## Resumen de Carga por Máquina - Miscelaneos -

Máquina	Semana: 37			Semana: 38			Semana: 39		
	Req (pz)	Tiempo Disponible (Hrs)	Tiempo Real (Hrs)	Req (pz)	Tiempo Disponible (Hrs)	Tiempo Real (Hrs)	Req (pz)	Tiempo Disponible (Hrs)	Tiempo Real (Hrs)
1273	500	36	9.42						
Mena		0		9	45	5.26	8	45	0.00
No Máquina		0		4	45	1.13		0	
OKUMA II	135	68	48.37	85	68	42.20	25	68	0.00
T1055	321	68	53.94	614	68	99.27	33	68	0.00
T1237	572	68	114.78	245	68	62.48	84	68	8.70
T146	996	68	134.69	877	68	116.61	174	68	8.20
T247	47	68	14.40	47	68	17.21	28	68	0.00
T359	192	68	35.04	154	68	24.79	6	68	0.00
T386-T385		0			0			0	
T94		0			0			0	
VTL-2	7	36	8.35	7	36	8.22		0	
VTL-401		0			0			0	
VTL-452		0		4	36	2.20		0	
	<b>2770</b>			<b>2046</b>			<b>358</b>		

Wednesday, September 03, 2003

Figura 3

### Paso 2: EXPLOTAR las restricciones de la empresa.

Ejemplos sencillos de cómo explotar una restricción son los siguientes:

- La restricción es una máquina: Se le deberían asignar los operarios más hábiles, se debería hacer control de calidad antes de que la misma procese las piezas, se debería evitar las paradas para almorzar (Rotando a la gente), se debería evitar que quedara sin trabajar por falta de materiales (Incorporación de buffers de tiempo), se le debería dotar de un programa óptimo donde cada minuto se aproveche para cumplir los compromisos con los clientes, etc.
- La restricción está en el Mercado (No hay ventas suficientes): Asegurarse que todos los pedidos se despachan en el plazo comprometido con los clientes. No hay excusa ya que la empresa tiene más capacidad de producción que la demanda del Mercado. Muchas veces, al bajar la demanda se reduce la capacidad de producción (Despidos), esto lleva a que no se puedan cumplir los plazos comprometidos, lo que a su vez reduce aún más las ventas, lo que aumenta los despidos, etc.
- La restricción es una materia prima (El abastecimiento es menor que las necesidades de la empresa): Minimizar el scrap y las pérdidas por mala

calidad, no fabricar cantidades mayores a las se van a vender en el corto plazo, etc.

Posteriormente se realizó un estudio por máquina. Con la intención de conocer otro escenario donde la carga estuviera mejor distribuida, se tomaron varias acciones, entre las cuales se encuentra:

- Quitar tercer turno en las máquinas innecesarias.

### **Paso 3 - SUBORDINAR todo lo demás a la decisión anterior.**

Este paso consiste en obligar al resto de los recursos a funcionar al ritmo que marcan las restricciones del sistema, según fue definido en el paso anterior. Como la empresa es un sistema, existe interdependencia entre los recursos que la componen. Por tal motivo no tiene sentido exigir a cada recurso que actúe obteniendo el máximo rendimiento respecto de su capacidad, sino que se le debe exigir que actúe de manera de facilitar que las restricciones puedan ser explotadas según lo decidido en el Paso 2. Es esencial, entonces, tener en cuenta las interdependencias que existen si se quiere realizar con éxito la subordinación.

Las acciones tomadas fueron las siguientes:

- Redistribuir la carga en máquinas semejantes, incluso mezclando en algunas de ellas soportes y misceláneos, pero las máquinas eran semejantes y se podía hacer esto.
- Se mando a hacer un análisis de los tiempos estándar reportados en la base de Ingeniería Industrial, pues algunos de ellos eran incorrectos, y el área estaba atrasada en cumplimiento de entregas a almacén, a pesar de que los estudios mostraban que estaba desahogada, dicho análisis ya concluyo para el área de soportes, (durante septiembre y octubre) y esta en marcha aún para el área de misceláneos, se espera que este completo para la última semana de noviembre.

### **Paso 4 - ELEVAR las restricciones de la empresa.**

Para seguir mejorando es necesario aumentar la capacidad de las restricciones. Éste es el significado de ELEVAR.

Ejemplos de ELEVAR las restricciones del sistema son:

- La compra de una nueva máquina similar a la restricción.
- La contratación de más personas con las habilidades adecuadas
- La incorporación de un nuevo proveedor de los materiales que actualmente son restricción
- La construcción de una nueva fábrica para satisfacer una demanda en crecimiento.

En general nuestra tendencia es realizar este paso sin haber completado los pasos 2 y 3. Procediendo de ese modo estamos aumentando la capacidad del sistema sin haber obtenido aún el máximo provecho del mismo según como estaba definido originalmente.

Dado que, normalmente, el Paso 4 implica acciones que exigen mucho esfuerzo, tiempo y dinero, se recomienda no llevarlo a cabo hasta estar seguros de que se hayan implementado con éxito los pasos anteriores. Esta forma de proceder ayudará, además, a generar más recursos propios para afrontar las inversiones necesarias.

Las acciones tomadas fueron las siguientes:

- Poner tercer turno en máquinas necesarias, en este caso solo se optó por la máquina 1054 del área de soportes.
- Se mandó maquinar producción fuera de la planta por dos semanas, principalmente bases y tapas de conexión, así como tapas de balero, todas del área de misceláneos.

### **Paso 5 - Volver al Paso 1.**

En cuanto se ha elevado una restricción debemos preguntarnos si ésta sigue siendo tal o si ahora existen otros recursos con menor capacidad. Debemos, entonces, volver al Paso 1, comenzando nuevamente el Proceso.

#### **Detección de variables que afectan la productividad y que están bajo control del área de maquinado**

Un punto muy importante, a analizar es porque no se cumple a tiempo las entregas del área de maquinado hacia el almacén central para pasarse posteriormente a las líneas de ensamble, aquí cabe señalar que se empezó a llevar una medición de los cumplimientos por máquina de acuerdo al análisis de capacidad, así como una detección de razones por las cuales no se cumplía a tiempo en entregas, primero se hizo un equipo formado por:

Líder: Víctor Vega, Gerente de Producción, área de maquinado

Asesor de Calidad: Pedro Villanueva, Gerente de Control de Calidad

Integrantes:

- Raúl Cavazos, Programador de producción, soportes y misceláneos
- Luis Pascual, Gerente de Ingeniería Industrial
- Alan Huerta, Gerente de Ingeniería de Procesos

- Andrés Cárdenas, Gerente de Compras de fundición, y
- Alberto Macías, Programador de Mantenimiento Preventivo

Teniendo además, como equipo consultor a

René Resendez, Director de Operaciones y a Oscar Espronceda, Director de Materiales

Durante las primeras juntas de este equipo se hizo una lluvia de ideas, entre las cuales sobresalieron:

- Máquina parada
- Rechazos de CC.
- Operario ausente
- Actitud negativa (Buscar Tiempo extra)
- Falta de R.C. (Raw cast, hierro fundido a ser maquinado)
- Tiempo estándar equivocado
- Sobrecarga de máquinas

Después, durante la semana 45 se realizó el primer análisis del porque no se cumplía a tiempo con el programa de producción, dando para el área de soportes los siguientes paretos para las semanas 44, 45 y 46:

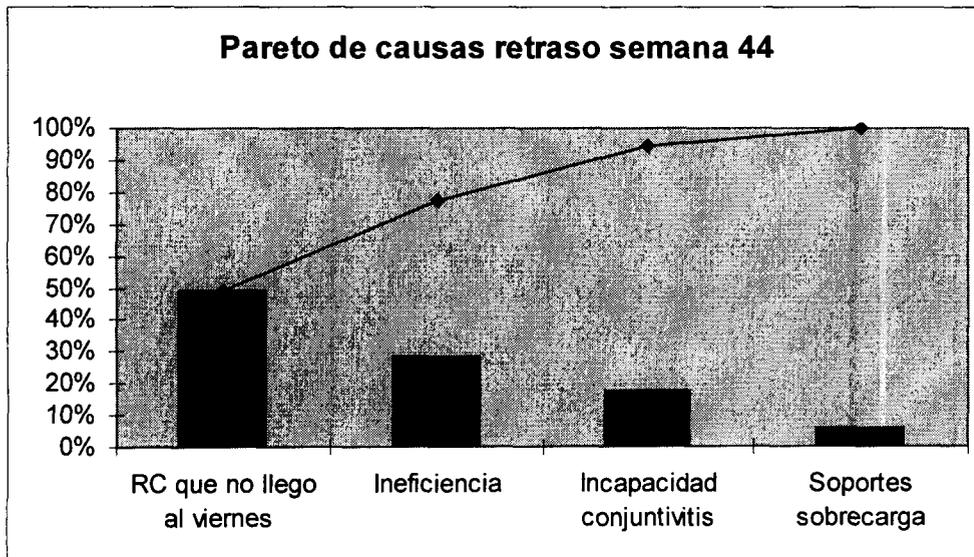


Figura 4

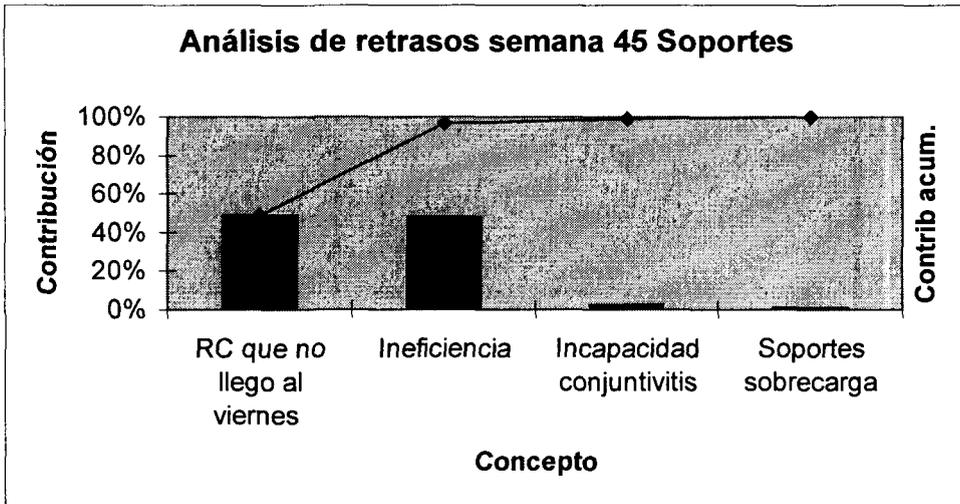


Figura 5

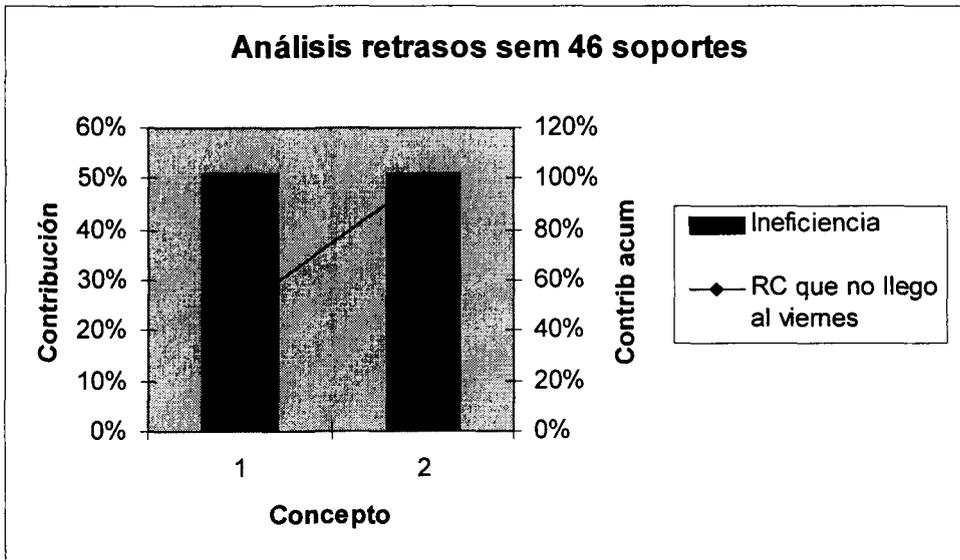


Figura 6

Y para el área de misceláneos, en las mismas semanas:

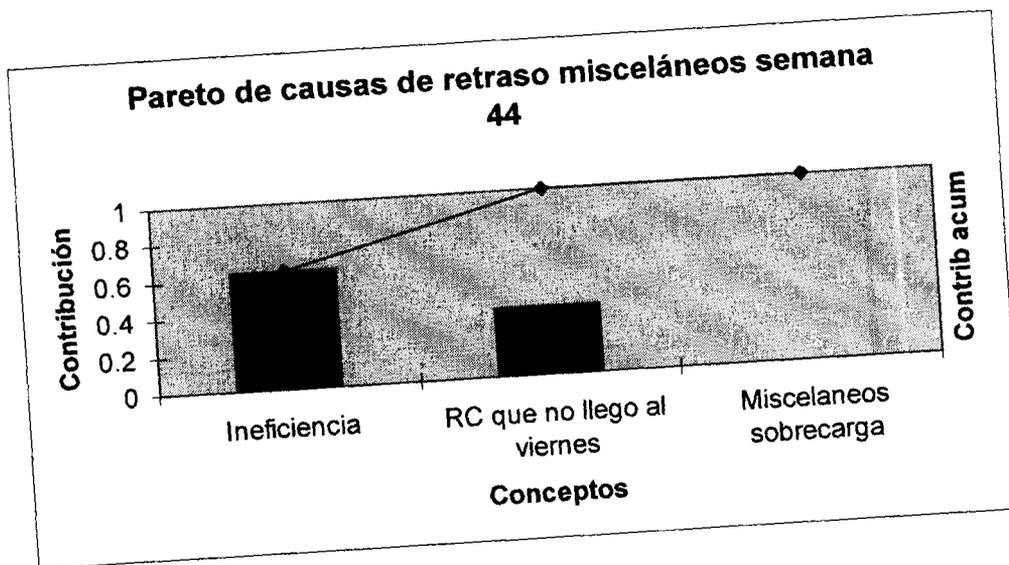


Figura 7

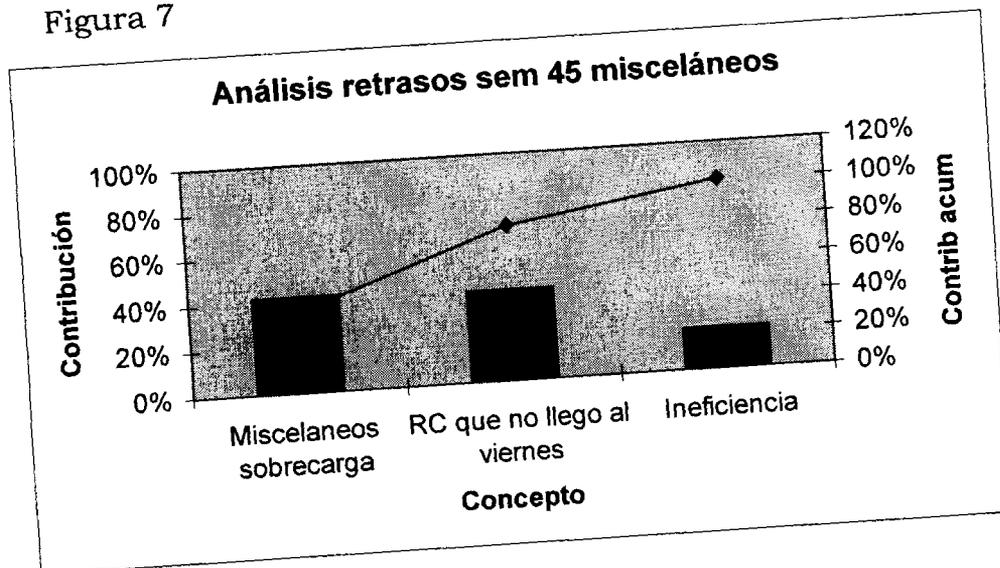


Figura 8

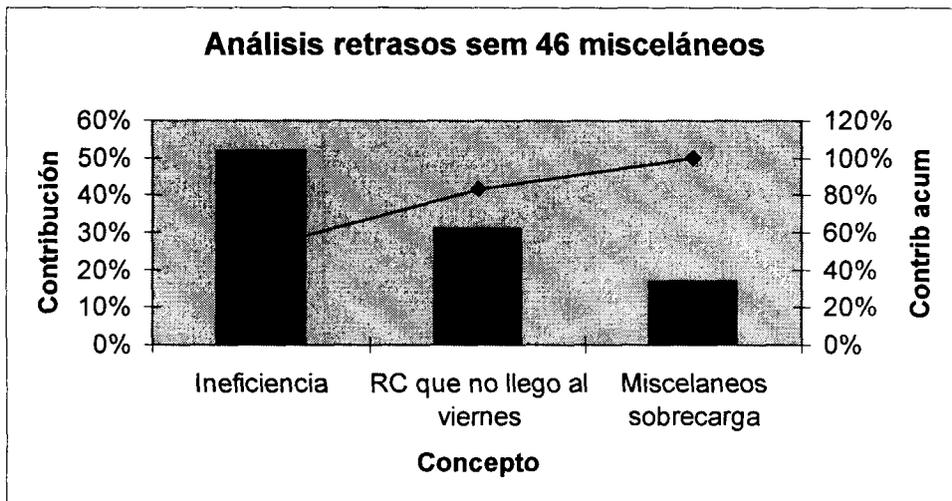


Figura 9

Como se puede ver, aquí el área de oportunidad para el área de maquinado está en las ineficiencias, las cuales deben ser identificadas plenamente para que puedan ser atacadas, ya que representan una parte significativa del pareto, pues tanto la llegada RC (raw castings) como la sobrecarga, dependen de las áreas de materiales y control de producción.

Al mismo tiempo se comenzó a publicar para el personal del área, supervisores y operarios, los cumplimientos que se han tenido por máquina durante la semana, de lunes a viernes; dicha información se les publica todos los días antes de las 10.00am, y esto ha causado que la gente se acerque a ver como va su máquina y se vean como “el bueno” o “el malo” de la foto, y esto ha ocasionado un aumento significativo en los niveles de producción, mucho más marcado en el área de misceláneos. Estos gráficos se muestran en las figuras 10, 11, 12 y 13 un poco más abajo.

Cabe destacar que esta herramienta ha tenido un impacto muy significativo con el personal del piso, pues se muestra un mayor interés por ver como vamos, al grado que si algún día no se publica dicha información, ellos mismos la solicitan, en ciertas máquinas, como la T146 esta publicación ha sido de gran impacto, pues aparte de los resultados, se ve más motivación en el personal del piso.

## **Propuestas para mejorar el desempeño de las variables analizadas.**

Las propuestas de solución son las siguientes:

- Continuar con el monitoreo de los cumplimientos a los estándares de producción por máquina, así como la publicación de estos resultados en los pizarrones colocados en el piso del área.
- Llevar a cabo un análisis de los programas de los centros de maquinado CNC, pues se ha detectado que en algunos de estos programas, por ejemplo en los centros de maquinado de otra área, en este caso la de cuerpos, algunos programas que son muy antiguos, y se han ido modificando con el tiempo, tienen una serie de movimientos innecesarios, lo cual incrementa el ciclo de maquinado hasta un 15%, incremento que repercute directamente en la producción por hora o por día.
- Continuar llevando a cabo juntas de comunicación con el personal en las que se les explique cómo va el área, con referencia a los indicadores clave de medición del desempeño, (KPI, Key Performance Indicators), pues es conveniente que el personal operario sepa las metas del área, así como en forma periódica se les retroalimente con los resultados semanales o mensuales de cada departamento.
- Rotar de turno a los supervisores, quienes actualmente se encuentran trabajando en turnos fijos, lo que a mi juicio conlleva a estar en cierta forma coludidos con los operarios a provocar cierto favoritismo, es decir, se busca el tiempo extra por parte del operario y del supervisor. Anteriormente se traían máquinas tiempo extra que no eran necesarias, pero se buscaba traer ciertas personas que eran, en cierta forma, favorecidas por los supervisores. Por lo anterior sería sano rotar de turno a los supervisores, aun en el caso que por cuestiones contractuales no se puedan rotar a los operarios. Adicional a esto, se sugiere eliminar el pago de tiempo extra a los supervisores, para esto habría que hacer un estudio a fondo por parte del departamento de Relaciones Industriales, pues implicaría, en cierta forma, un aumento de sueldo para los mismos supervisores, pero se dejaría de pagarles tiempo extra y ya no sería "atractivo" para ellos venir a trabajar el sábado o domingo, ni quedarse tiempo extra en las noches.
- Exigir cumplimiento de los estándares a los operadores, y si no se cumple, tomar medidas disciplinarias en contra de ellos, hasta llegar a una posible recesión de contrato (esto se analizó como posible solución, pero se deshecho por costar demasiado por conceptos de liquidación, pero en mi opinión es un paso necesario, que se está haciendo urgente).

		10/27/03	10/28/03	10/29/03	10/30/03	10/31/03	
		Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Tot. semana
Soportes	prog	203	203	203	203	203	1015
1054	real	73	151	102	137	198	661
	% cump	36%	74%	50%	67%	98%	65%
1063	prog	203	203	203	203	203	1015
% Cumplim	real	124	96	66	87	159	532
	% cump	61%	47%	33%	43%	78%	52%
	prog	113	113	85	113	113	537
629	real	4	33	67	27	3	134
% Cumplim	% cump	4%	29%	79%	24%	3%	25%
	prog	135	135	135	135	135	675
691	real	114	81	49	16	190	450
% Cumplim	% cump	84%	60%	36%	12%	141%	67%

Figura 10(superior) y 11 (inferior) tablas publicadas de cumplimiento de programa por máquina para el área de soportes

		11/3/03	11/4/03	11/5/03	11/6/03	11/7/03	
		Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Tot. semana
Soportes	prog	203	203	203	203	203	1015
1054	real	106	117	131	164	92	610
	% cump	52%	58%	65%	81%	45%	60%
1026	prog	855.00	855.00	855.00	855.00	855.00	4275
	real	591	449	649	481	538	2708
	% cump	69%	53%	76%	56%	63%	63%
1089	prog	315	315	315	315	315	1575
	real	196	139	222	286	178	1021
	% cump	62%	44%	70%	91%	57%	65%
1241	prog	102	102	102	102	102	510
	real	51	70	52	69	62	304
	% cump	50%	69%	51%	68%	61%	60%
1152	prog	51	51	51	51	51	255
	real	46	66	9	20	26	167
	% cump	90%	129%	18%	39%	51%	65%
1160	prog	214	214	214	214	214	1070
% Cumplim	real	0	91	29	174	240	534
	% cump	0%	43%	14%	81%	112%	50%
1063	prog	203	203	203	203	203	1015
% Cumplim	real	101	182	99	177	120	679
	% cump	50%	90%	49%	87%	59%	67%
	prog	113	113	113	113	113	565
629	real	54	53	141	121	95	464
% Cumplim	% cump	48%	47%	125%	107%	84%	82%
	prog	135	135	135	135	135	675
691	real	89	117	60	122	63	451
% Cumplim	% cump	66%	87%	44%	90%	47%	67%

		10/27/03	10/28/03	10/29/03	10/30/03	10/31/03	
		Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Tot. semana
Miscelaneos	prog	135	135	135	135	135	675
OKUMA II	real	258	28	180	109	176	751
	% cump	191%	21%	133%	81%	130%	111%
1055	prog	191	191	191	191	191	955
	real	136	139	112	172	155	714
	% cump	71%	73%	59%	90%	81%	75%
	prog	180	180	180	180	180	900
T146	real	103	223	133	73	455	987
	% cump	57%	124%	74%	41%	253%	110%

Figura 12 (superior) y 13 (inferior) tablas publicadas de cumplimiento de programa por máquina para el área de misceláneos.

		11/3/03	11/4/03	11/5/03	11/6/03	11/7/03	
		Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Tot. semana
Miscelaneos	prog	135	135	135	135	189	729
OKUMA II	real	44	213	131	18	249	655
	% cump	33%	158%	97%	13%	132%	90%
1055	prog	191	191	191	191	191	955
	real	159	192	149	49	164	713
	% cump	83%	101%	78%	26%	86%	75%
1237	prog	68	68	68	68	68	340
	real	49	66	60	49	68	292
	% cump	72%	97%	88%	72%	100%	86%
	prog	180	180	180	180	252	972
T146	real	232	272	121	194	434	1253
	% cump	129%	151%	67%	108%	172%	129%

## Resultados

Los resultados obtenidos han sido satisfactorios, pues se ha logrado mejorar significativamente el indicador de cumplimiento de "retrasos en entregas", como se ve en la figuras 10 y 11 para soportes y misceláneos, respectivamente, mientras que el tiempo extra también se redujo considerablemente en su uso como se muestra en las figuras 12 y 13.

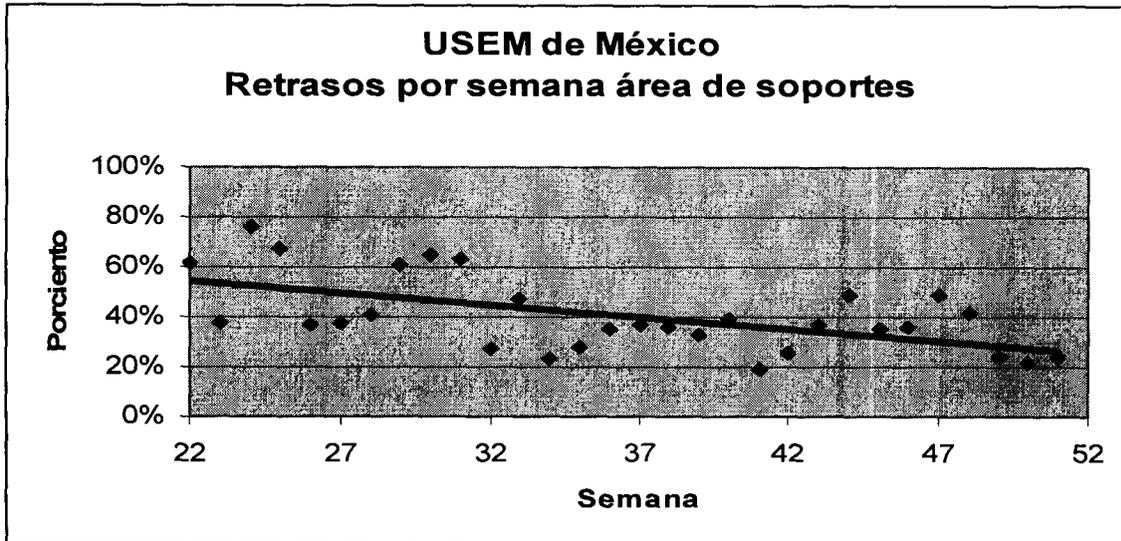


Figura 14

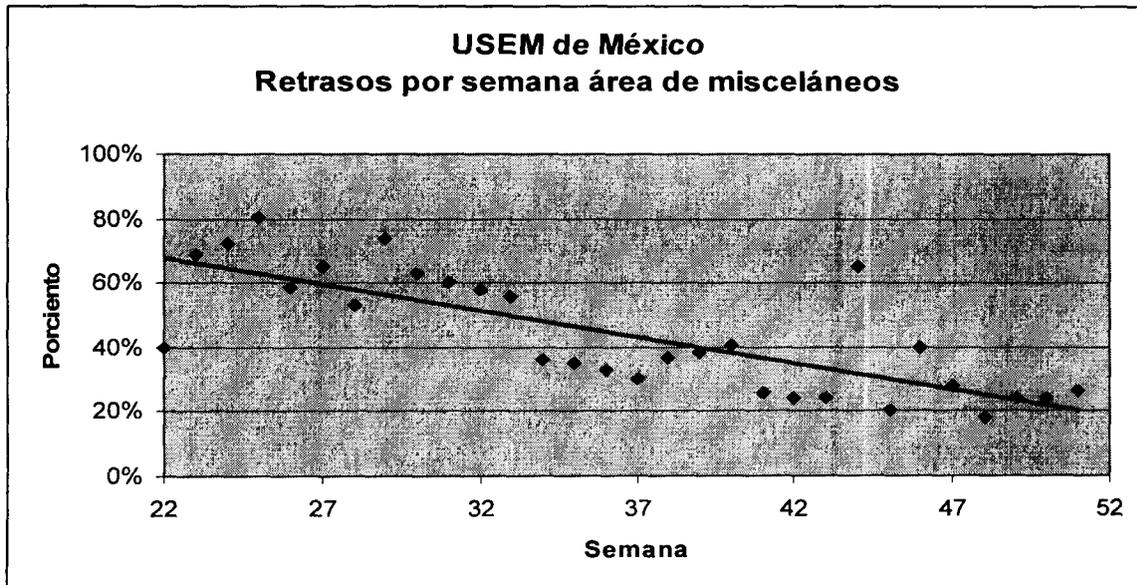


Figura 15

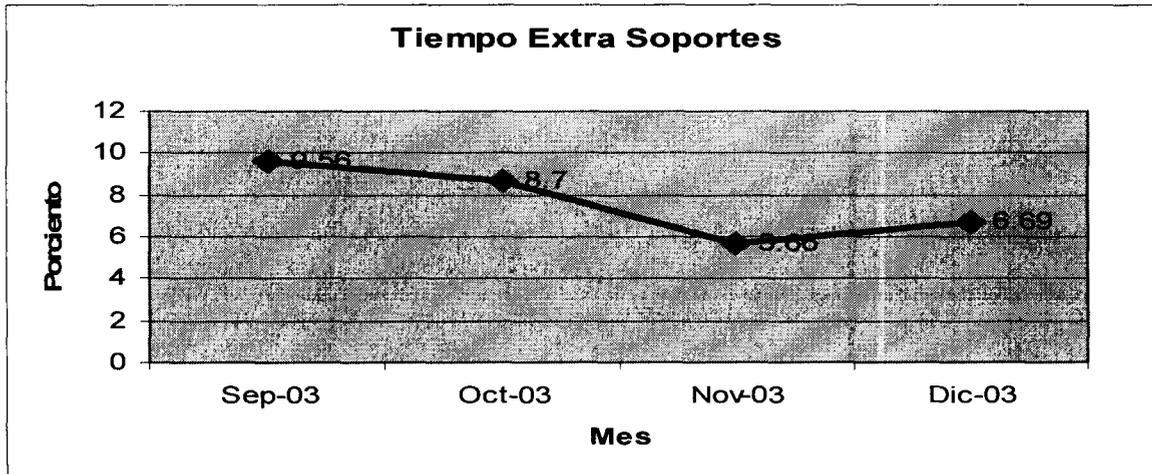


Figura 16

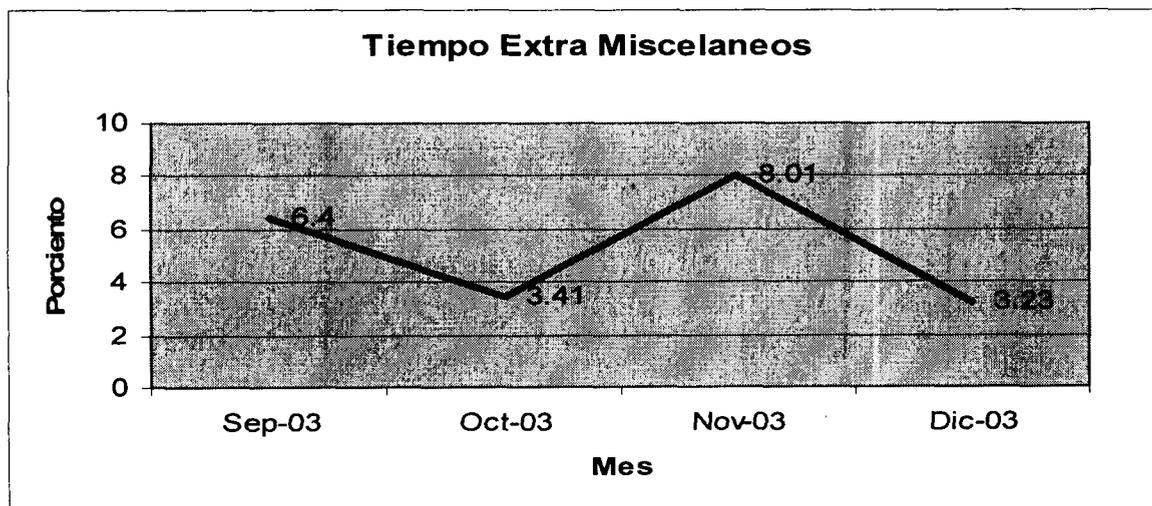


Figura 17

## Resumen de Carga por Máquina - Soportes -

Máquina	Semana: 47			Semana: 48			Semana: 49		
	Req (pz)	Tiempo Disponible (Hrs)	Tiempo Real (Hrs)	Req (pz)	Tiempo Disponible (Hrs)	Tiempo Real (Hrs)	Req (pz)	Tiempo Disponible (Hrs)	Tiempo Real (Hrs)
1026	3276	85	85.16	2930	85	78.06		0	
1054	736	112.5	87.61	627	112.5	86.47		112.5	
1063	423	85	59.46	502	85	74.98	131	85	21.22
1089	1304	85	92.10	1323	85	121.18	11	85	1.51
1152	107	85	47.46	114	85	50.49		0	
1160	878	85	93.86	463	85	51.06		0	
1241	409	85	75.40	324	85	55.10		0	
1273	1913	45	39.88	1161	45	24.40		0	
1275	3990	45	80.66	2534	45	50.60		0	
1279	1208	85	72.22	768	85	41.60		0	
334	448	85	34.87	922	85	67.42		0	
629	443	85	81.96	283	85	57.46	45	85	7.16
691	603	85	93.83	411	85	63.63	56	85	8.42
890	169	85	61.30	128	85	51.30		0	
963	764	85	46.39	806	85	48.35		0	
Maq-Mena	10	45	12.42	23	45	27.59		0	
Maq-Phila	1657	45	74.73	1545	45	70.91		0	
No Máquina		0			0			0	
T-366		0			0			0	
VTL-236	12	45	15.96	6	45	11.00		0	
VTL-401		0			0			0	
VTL-452	22	45	6.67	8	45	15.32		0	
	18372			14878			243		

Monday, November 10, 2003

Figura 18

## Resumen de Carga por Máquina - Miscelaneos -

Máquina	Semana: 47			Semana: 48			Semana: 49		
	Req (pz)	Tiempo Disponible (Hrs)	Tiempo Real (Hrs)	Req (pz)	Tiempo Disponible (Hrs)	Tiempo Real (Hrs)	Req (pz)	Tiempo Disponible (Hrs)	Tiempo Real (Hrs)
1273		0			0			0	
Mena	155	45	50.29	232	45	81.47		0	
No Maquina	525	45	17.80	2	45	0.83		0	
OKUMA II	356	85	88.96	540	85	95.71	6	85	0.00
T1055	670	85	78.26	627	85	72.72	15	85	0.00
T1237	372	85	112.08	309	85	79.90	165	85	37.97
T146	693	85	99.45	1340	85	158.84	242	85	23.14
T247	42	85	18.68	47	85	26.00	7	85	0.00
T359	80	85	13.05	135	85	14.01		0	
T366-T365		0			0			0	
T84	8	45	13.58		0		2	45	0.00
VTL-2	16	45	7.28	5	45	7.42	1	45	0.00
VTL-401		0			0			0	
VTL-452		0			0			0	
	2917			3237			438		

Monday, November 10, 2003

Figura 19

## **Discusión de los resultados**

Para llegar a estos resultados, fue necesario seguir la metodología marcada por la Teoría de Restricciones, enfatizando primordialmente en dos puntos básicos: conocimiento de las capacidades de las máquinas identificadas como críticas, y monitoreo de su desempeño, manteniendo informado de esto último al grupo de operadores de las máquinas del área.

La importancia del conocimiento de la capacidad real de cualquier área productiva, en cualquier empresa es muy considerable, pues como se pudo ver a lo largo de este proyecto, se solicitó un incremento en la productividad en el área de maquinado de la empresa, pero esto era muy subjetivo, pues no se sabía a ciencia cierta cual era la capacidad real del área y, por consiguiente tampoco se tenía a la mano el dato de la productividad real, y por consiguiente no se sabía exactamente donde estábamos parados, sólo se nos solicitó "incrementar la productividad", pero incrementarla, ¿Con respecto a que?, volvemos a lo mismo, al no tener el dato real de la capacidad, ¿cómo podemos hablar de incrementarla?, ya sea incremento de capacidad o de productividad.

El primer paso hecho en este proyecto, que fue el de definir a ciencia cierta la capacidad por máquina del área, fue en mi opinión el más importante, pues de allí se partió para poder identificar los cuellos de botella así como para determinar que máquinas había que explotar y, después incrementar los turnos disponibles para esas máquinas.

Como se puede observar en los resultados, el decremento en el uso del tiempo extra en el área, así como el incremento en el índice de entregas a tiempo nos dicen que a final de cuentas, se cumplió con el objetivo.

Otro punto de extrema importancia es el de la comunicación, pues todo el personal, desde el director de la empresa, hasta el operador de la máquina más sencilla debe estar enterado de las metas, ya no de las metas financieras de la empresa, sino de las metas operativas por departamento, es decir, los KPI's del área, donde se les hable a los operadores en su idioma, ya sea piezas/turno, cumplimiento del programa en porcentaje, rechazos por calidad, ya sea en por ciento o en partes por millón, etc., pues algo que también se observó es que al empezar a publicar los resultados del departamento por día y por máquina, inmediatamente se observaron dos cosas, la primera fue el interés de la gente en conocer estos números y la segunda fue la mejora del cumplimiento del programa, sin hacer nada más que la simple publicación de los resultados, los cumplimientos de programa mejoraron inmediatamente. En mi opinión, esto se debe de seguir haciendo, y además es imperativo llevarlo a cabo en todas las áreas de la empresa.

La empresa no nos permitió la publicación de sus gráficas de productividad, pero partiendo de la definición de productividad interna de la planta, se puede deducir que sí se incrementó la productividad, al cumplir de mejor forma con los requerimientos del área cliente, utilizando menos horas extras.

## **Bibliografía**

Eli Schragenheim and H. William Dettmer *Manufacturing at Warp Speed* , Apics series on constraints management, 2001, Stl APICS

Goldratt, Eliyahu M, *The Goal: A Process of Ongoing Improvement*,; North River Press; 08/1994

Goldratt, E. M. *The Haystack Syndrome: Sifting Information Out of the Data Ocean*. 1990 New York: North River Press.

Goldratt Institute, Feb 2004, <http://toc-goldratt.com/index1.php>

Monografias, Feb, 2004,  
<http://www.monografias.com/trabajos14/restricciones/restricciones2.shtml>

Noda, Marcia, *La satisfacción del cliente un indicador de productividad*. 1997, Holguín , Cuba

Raymond Mc Leod, Jr ,*Management Information Systems*, Sevent Edition, 1995, Prentice Hall

USEM, Feb. 2004, [http://www.usmotors.com/default\\_aboutus.htm](http://www.usmotors.com/default_aboutus.htm)