

Universidad del Valle de Guatemala

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ingeniería Industrial

**ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y
OPERACIONES EN LAS MESAS CALIENTES PARA
LOGRAR UNA VENTAJA COMPETITIVA**

**Trabajo de investigación presentado por Pedro José
Guerra Arriaga para optar al grado de Licenciatura en
Ingeniería Industrial**

BIBLIOTECA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Guatemala

2007

**ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y
OPERACIONES EN LAS MESAS CALIENTES PARA
LOGRAR UNA VENTAJA COMPETITIVA**

Universidad del Valle de Guatemala

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ingeniería Industrial

**ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y
OPERACIONES EN LAS MESAS CALIENTES PARA
LOGRAR UNA VENTAJA COMPETITIVA**

**Trabajo de investigación presentado por Pedro José
Guerra Arriaga para optar al grado de Licenciatura en
Ingeniería Industrial**

BIBLIOTECA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Guatemala

2007

Vo. Bo:


(f) 

Ing. Antonio Medrano

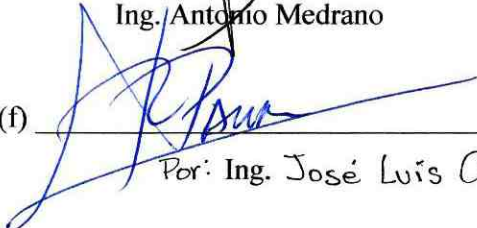
Tribunal Examinador

(f) 

Ing. Carlos Paredes

(f) 

Ing. Antonio Medrano

(f) 

Por: Ing. José Luis Alvarado

Fecha de aprobación: Guatemala, Martes 20 de febrero del 2007.

RESUMEN

Las mesas calientes, como cualquier otro artículo de manufactura, necesitan una línea de producción para operar eficientemente y lograr rentabilidades atractivas para los accionistas de la empresa. En este trabajo de graduación se analiza la teoría de restricciones versus balance por capacidad para decidir la manera más óptima de operar la línea de producción.

En este trabajo se presentan ambas opciones de manufactura, aunque las conclusiones y recomendaciones están orientadas hacia la teoría de restricciones. Además, se presentan las razones por las que se decide operar con dicha teoría. Y es que cuando la mano de obra es abundante las desviaciones por estación de trabajo pueden retrasar el producto final por mucho tiempo en comparación con el tiempo de entrega esperado.

Como base para el estudio, se presenta un pequeño resumen de la estrategia de operaciones para este artículo en particular, con el fin de explicar hacia dónde pretende ir la empresa con este producto y cuáles son los objetivos que pretende alcanzar para el lanzamiento del producto en el mercado.

Asimismo, se presentan diagramas de operaciones (DOP), Gráficas de Gantt y diagramas de recorrido de la planta con el propósito de complementar el estudio de la línea de producción. Con esto se logra tener un panorama más amplio para tener mejores criterios de decisión.

Para la mejora del proceso, es necesario implementar un sistema de control de inventarios. En este estudio se propone el sistema Kanban como mejora para mantener los inventarios en proceso y los inventarios de materia prima en bodega al mínimo posible.

Por último, se presenta un estudio financiero que muestra en números los resultados obtenidos con ambas líneas de producción, la teoría de restricciones y balance por capacidad. Además de los flujos de caja de ambas operaciones por

separado y el valor presente neto de la inversión. Es en este estudio donde se hace evidente que la teoría de restricciones es recomendable para esta línea.

Por último, se presenta el análisis financiero de la compra de una troqueladora, o dobladora, versus el outsourcing de esa tarea para la producción de las mesas calientes.

CONTENIDO

RESUMEN.....	ii
CONTENIDO	iv
LISTA DE CUADROS.....	vi
LISTA DE GRÁFICOS	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
A. Antecedentes.....	1
1. Historia de Soluciones en Acero, S.A.....	1
2. Descripción de las mesas calientes.. ..	1
B. Propuesta a Soluciones en Acero, S.A. para la producción de las mesas calientes.....	2
1. Estrategia de operaciones.. ..	2
2. Diseño del producto.. ..	2
3. Planeación y control de la cadena de suministros e inventario.....	2
4. Teoría de restricciones.....	2
5. Objetivos.....	3
C. Delimitación del tema y finalidades del trabajo	4
1. Estudio de mercado.	4
2. Estrategia de operaciones.. ..	5
3. Procesos mejorados.....	5
II. METODOLOGÍA Y CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	6
1. Recolección de datos.....	6
2. Revisión de datos recopilados.....	7
3. Propuesta de mejora continua con datos recopilados.....	7
III. ESTRATEGIA DE OPERACIONES	8
A. Mesas calientes más atractivas	8
B. Misma calidad que la competencia.....	8
C. Menor precio que la competencia.....	9
IV. IMPLMENTACIÓN DEL CAMBIO	10
A. Administración de proyectos (Diagrama de Gantt).....	10
1. Discusión del diagrama de Gantt actual (gráfico 1).....	10
2. Discusión del diagrama de Gantt mejorado (gráfico 2).	11

3.	Discusión de los cambios efectuados en los diagramas de Gantt.....	13
B.	Diagrama de operaciones de proceso (DOP).....	13
1.	Discusión del diagrama de operaciones del proceso actual (gráfico 3).	14
2.	Discusión del diagrama de operaciones de procesos mejorados.	14
C.	Curva de aprendizaje.....	15
1.	Proceso de operaciones mejorado tomando en cuenta la curva de aprendizaje (gráfico 11)..	15
V.	DISEÑO DEL PRODUCTO Y SELECCIÓN DEL PROCESO. MANUFACTURA	16
A.	Diagrama de recorrido de la planta (gráfico 5).....	16
B.	Cambios en la materia prima para cumplir con la estrategia de operaciones..	16
VI.	PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA CADENA DE SUMINISTROS	18
A.	Sistema Kanban	18
VII.	BALANCE DE CAPACIDAD Y TEORÍA DE RESTRICCIONES	19
A.	Balance de capacidad aplicado a la producción de mesas calientes	19
B.	Teoría de restricciones aplicado a las mesas calientes.....	21
VIII.	ESTUDIO FINANCIERO.....	22
A.	Costo unitario	22
B.	Outsourcing de troquelado vs. Compra de dobladora.....	22
C.	Estado de resultados y flujo de caja para la línea según el Balance por capacidad.....	23
D.	Estado de resultados y flujo de caja para la línea según la teoría de restricciones.....	24
	CONCLUSIONES.....	25
	RECOMENDACIONES.....	26
	BIBLIOGRAFÍA.....	27

LISTA DE CUADROS

1. Diagrama de operaciones de proceso balanceando la capacidad del sistema	28
2. Diagrama de operaciones de proceso aplicando la teoría de Restricciones	28
3. Costo unitario por mesa caliente	29
4. compra de dobladora manual	30
5. Estado de resultados y flujo de caja para la línea según Balance por capacidad	31
6. Estado de resultados y flujo de caja para la línea según la teoría de restricciones	32

LISTA DE GRÁFICOS

1. Diagrama de Gantt actual	33
2. Diagrama de Gantt Mejorado	34
3. Diagrama de proceso de operaciones actual	35
4. Diagrama de proceso de operaciones mejorado	37
5. Diagrama de recorrido de la planta	39
6. Mesas calientes (ANTES)	40
7. Mesas calientes (DESPUÉS)	40
8. Gráfico de tiempo de trabajo por estación de trabajo balanceando capacidad	41
9. Gráfico de tiempo de trabajo por estación aplicando teoría de Restricciones	41
10. Metodología y cronograma de actividades	42
11. Gráfico de curva de aprendizaje	43

I. INTRODUCCIÓN

A. Antecedentes

1. **Historia de Soluciones en Acero, S.A.** Soluciones en Acero, S.A.¹ tiene aproximadamente 10 años de estar en el mercado de fabricación y venta de equipo en acero inoxidable. Actualmente tiene como objetivo el especializarse en producir pocos artículos con altos volúmenes de venta. Después de un estudio de mercado realizado por la empresa Comar, S.A., se concluyó que entre otros productos, las mesas calientes, también conocidas como baños marías, son de los artículos con mayor venta potencial.

Hace algunos años la empresa había fabricado mesas calientes. Sin embargo, los precios del producto final eran muy altos y la calidad era baja, por lo que se suspendió la línea de producción. Actualmente, se está reconsiderando el montar nuevamente la línea de producción de mesas calientes.

2. **Descripción de las mesas calientes.** Es un producto utilizado en todos los segmentos socioeconómicos de diferentes maneras. En los restaurantes populares y comedores lo utilizan, además de para mantener calientes los alimentos, para exhibirlos a los clientes. En el segmento medio alto y alto, el cliente que llega a comer a los restaurantes no observa el equipo. Sin embargo, en las cocinas son muy utilizados para mantener calientes algunos alimentos, estando así listos para servir en las horas pico.

Las mesas calientes se venden en tres diferentes modalidades; de 3, 4 ó 6 compartimientos. Básicamente, el proceso de fabricación es el mismo, con la única variante de las longitudes.

El baño maría puede fabricarse con instalación eléctrica o de gas. Incluye rodos para la transportación, ya que en muchas ocasiones los comedores son lugares informales. Además, como atractivo se le incluye iluminación para poder exhibir los alimentos.

¹ Nombre comercial es Solac, S.A.

B. Propuesta a Soluciones en Acero, S.A. para la producción de las mesas calientes

1. **Estrategia de operaciones.** Para que la empresa tenga éxito, como primer punto es importante que defina claramente la estrategia que desea llevar para la producción de las mesas calientes. Una vez definidos estos puntos existen herramientas que ayudan a poder darle seguimiento a las estrategias tomadas para asegurar el éxito de las operaciones.

2. **Diseño del producto.** Se pretende reconsiderar todos los ensambles del producto final buscando reducir los costos de operación y facilitar los procesos para que mano de obra no calificada pueda realizar las tareas.

Se busca crear tareas repetitivas con el fin de mejorar los tiempos con la curva de aprendizaje. Esto hará a la empresa competitiva en los tiempos de entrega.

3. **Planeación y control de la cadena de suministros e inventario.** Un aspecto importante que se debe controlar en una planta de producción es el abastecimiento de materia prima para la producción del artículo final. Para evitar una restricción en el sistema de suministros se pretende cubrir las fallas principales que este sistema pueda demostrar tener.

4. **Teoría de restricciones.** Para poder lograr que la línea de producción sea eficiente se deben hacer cambios a la manera como se opera. Se pretende atacar el problema de producción con la teoría de restricciones. Ésta considera a todo el proceso de producción, ventas y cadena de suministros como un sistema, y pretende eliminar las restricciones para ir creando una mejora continua en el sistema completo.

La esencia de la teoría de restricciones se basa en cinco puntos²:

² Richard B. Chase, *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva* (10ª edición; México: McGraw-Hill, 2004), pág. 749.

- a) Identificar las restricciones del sistema. (Es imposible mejorar a no ser que encontremos una restricción o el eslabón más débil.)
- b) Decidir cómo explotar las restricciones del sistema. (Hacer que las restricciones sean tan eficaces como sea posible.)
- c) Subordinar todo a la decisión anterior. (Alinear todas las demás partes del sistema de modo que apoyen las restricciones, a pesar de que ello disminuya la eficiencia de los recursos no restringidos.)
- d) Elevar las restricciones del sistema. (Si el producto sigue sin ser adecuado, adquirir mayor cantidad de este recurso, de modo que deje de ser una restricción.)
- e) Si en alguno de los pasos anteriores las restricciones han sido superadas, volver al paso 1, pero sin permitir que la inercia se convierta en la restricción del sistema. (Una vez resuelto el problema de esta restricción, se debe regresar al principio para volver a empezar. Se trata de un proceso de mejora continua: identificar las limitantes, romperlas y, después, identificar las nuevas que resulten.)

5. Objetivos

- a) Generales
 - (1) Crear un producto competitivo.
 - (2) Mejorar la estética de las mesas.
 - (3) Presentar datos concretos que muestren las mejoras del producto.
 - (4) Generar utilidades.
 - (5) Balancear el flujo de producción.
 - (6) Bajar costos de producción.

- (7) Tener tiempos de entrega sin desviaciones estándar.
- (8) Tener un precio de venta por debajo de la competencia para posicionarse en el mercado.

b) Específicos

- (1) El producto debe ser, en el escenario más pesimista, de la misma calidad que el de los competidores.
- (2) Obtener una TIR de por lo menos 10%.
- (3) Los costos de producción deben reducirse en un 25% para poder estar dentro de los límites para poder competir.
- (4) Desde que la orden es ingresada, debe pasar un tiempo máximo de 5 días para entregar el pedido al cliente final.
- (5) Precio de venta 10% por debajo de los demás proveedores.

C. Delimitación del tema y finalidades del trabajo

Esta tesis pretende cubrir únicamente el tema central de la misma, que es: “Administración de la producción y operaciones en las mesas calientes para lograr una ventaja competitiva”. Puede que la tesis presente alguna otra información para complementar el tema a tratar. Sin embargo, no tiene como fin exponer a fondo dichos detalles.

Se puede delimitarla al área de producción, lo que incluye un estudio técnico completo y, con el fin de medir los resultados obtenidos se realiza un estudio financiero, cubriendo los flujos de caja de la empresa, los estados de resultados proyectados para los próximos años.

1. **Estudio de mercado.** Solac, S.A. realizó una investigación de mercados para determinar la demanda del producto. Esta tesis no pretende explicar los métodos utilizados en esa investigación de mercados. Se partirá del supuesto que la investigación es correcta, y que en Guatemala existe gran demanda de nuestro producto. Además, las

restricciones de la mesa no estarán en el mercado, sino dentro de la empresa, y son éstas restricciones las que la tesis pretende vencer.

2. **Estrategia de operaciones.** En el capítulo de la estrategia de operaciones se presentan algunas sugerencias de cuáles podrían ser algunas de las estrategias que la empresa podría tomar. Sin embargo, sólo son ejemplos que van en línea con el propósito principal del tema, la producción competitiva de las mesas calientes. Puede que el lector crea saber una mejor estrategia a utilizar, y puede que sea más acertada. De cualquier manera, la tesis se limita a presentar algunos ejemplos sólo con el fin de tener un enfoque del tipo de producción que debe darse dentro de la empresa.

3. **Procesos mejorados.** Esta tesis se basa en procesos con mejoras continuas. Se advierte que seguramente tiempo después de poner en práctica los procesos aquí sugeridos se encontrarán mejoras que deban implementarse, así como errores que deben corregirse. No se pretende exponer los procesos como verdades absolutas. Más bien, como el primer paso de una mejora continua en los procesos de fabricación de mesas calientes.

II. METODOLOGÍA Y CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El desarrollo del trabajo se puede dividir en 4 grandes áreas. Se enumeran y explican a continuación. En la gráfica 10 se presenta el resumen y el cronograma de las actividades.

1. **Recolección de datos.** Para iniciar con el desarrollo de la administración de la producción y las operaciones de las mesas calientes, se debe investigar la manera en cómo la empresa anteriormente desarrolló el producto a fin de recopilar todos los datos que a lo largo de la investigación puedan ser de utilidad.

Básicamente, los datos se pueden dividir en tres grandes rubros:

a) **Actividades actuales del proceso de producción.** Se recopilan todos los datos históricos posibles de las mesas calientes con respecto a la producción. Esto incluye DOP, diagrama de recorrido de la planta, tiempos de entrega, tiempo de producción, inventarios en proceso e inventarios de materia prima.

b) **Costo actual de mesas calientes.** Es importante determinar las razones por las que la competencia puede mantener menores precios en las mesas calientes que los de Solac. Para ello, se debe tener toda la materia prima implicada y sus costos, así como los proveedores y los precios que éstos ofrecen en relación a los productos que proveen.

Estos costos ayudan a determinar a qué artículos se les debe prestar la mayor atención por tener el mayor porcentaje en el peso total del costo del producto final.

c) **Benchmarking.** Es indispensable comparar la producción, el ensamble y la materia prima utilizada por la competencia directa para realizar los cambios pertinentes. Es por ello que se deben visitar las salas de ventas de

la competencia directa a fin de determinar algunos de los errores que se están cometiendo en la estrategia de las mesas calientes.

2. **Revisión de datos recopilados.** El siguiente paso a la recolección de datos, es revisar los datos para poder tomar decisiones que ayuden a mejorar el proceso. Esta revisión se divide en tres secciones, que son:

- a) Tiempos de entrega
- b) Costos actuales
- c) Análisis de comparación de materia prima

3. **Propuesta de mejora continua con datos recopilados.** Con la recolección de datos y el análisis de los mismos, se procede a proponer una mejora basada en dos teorías, y se efectúan comparaciones entre éstas. El balance por capacidad y teoría de restricciones.

Además, se proponen soluciones para el abastecimiento de materia prima, control de inventarios, planeación y control de la cadena de suministros para lograr un sistema efectivo que cumpla con los objetivos propuestos en la introducción de la presente tesis.

III. ESTRATEGIA DE OPERACIONES

La estrategia de Solac para las mesas calientes es: “Producir mesas calientes más atractivas, con la misma calidad y un precio relativamente menor que el de la competencia”.

A. Mesas calientes más atractivas

Este trabajo se centra en la administración de la producción y operaciones, y por lo tanto, no pretende explicar a fondo la investigación de mercado del producto. Sin embargo, para poder expresar porqué es importante que las mesas calientes sean más atractivas que las de la competencia es necesario examinar algunos detalles del mercado objetivo.

Las mesas calientes se enfocan a negocios clasificados medio-bajo. Algunos ejemplos del tipo de negocio que requiere nuestro producto pudieran ser las ventas informales de comida en la calle, comedores para ejecutivos, etc.

Los dueños de esos negocios prefieren el acero inoxidable que luce brillante y perfectamente pulidos al acero inoxidable opaco. Por esta razón, para poder lograr una mesa caliente más atractiva debemos revisar materia prima sustituta que pueda cumplir con el gusto de gran parte del mercado objetivo.

B. Misma calidad que la competencia

Aunque es importante el atractivo de la mesa, es aún más importante la calidad de la misma. A fin de cuentas este producto es una herramienta de trabajo, y lo que importa es cuántos años le servirá dicho producto al cliente antes que lo tenga que reemplazar.

Pensando en esto, se debe lograr tener la misma calidad que la competencia sin afectar el atractivo de la mesa. Con esto se logrará un producto diferente, y esto distinguirá a Solac de los demás productores.

C. Menor precio que la competencia

Para posicionarse en el mercado existen diversas tácticas. Se decidió escoger la del precio. Es lógico pensar que se logrará captar más clientes si se ofrece un producto más atractivo, con la misma calidad a un precio menor.

IV. IMPLEMENTACIÓN DEL CAMBIO

A. Administración de proyectos (Diagrama de Gantt)

Se presenta el modelo de administración de proyecto actual para la fabricación de mesas calientes.

Este modelo pretende ejemplificar los procesos de fabricación de mesas calientes y los pasos actuales que se llevan a cabo para poder cumplir con los pedidos solicitados. No se pretende representar este modelo como el ideal o más eficiente para la fabricación de mesas calientes. Simplemente se expone la manera actual de desempeñar los procesos.

Tiene algunos supuestos que no se llevan a cabo en la práctica, y es allí donde se identifican las primeras restricciones del sistema. Entre estos se asume que todo el proceso es continuo e ininterrumpido. Esto no es real, ya que en muchas ocasiones el tiempo desde que se compra la materia prima hasta que se utiliza es considerablemente alto por desórdenes en la cadena de suministros, por lo que no puede ser despreciado. Así es que en la gráfica se decidió colocar una tarea de compra de materia prima, para representar la pérdida de tiempo en compra de insumos. El gráfico 1 presenta el diagrama de Gantt actual.

1. Discusión del diagrama de Gantt actual (gráfico 1). El diagrama de Gantt nos ayuda a identificar las actividades más importantes. Si bien es cierto que no todas las actividades que forman parte de la ruta crítica son cuellos de botella, ésta nos ayuda a concentrarnos en dichas actividades, y limita las posibilidades de cuello de botella dentro de la línea de producción, ya que éste debe de provenir de la ruta crítica del proyecto.

En el diagrama de Gantt se puede observar que existen dos grandes restricciones en el sistema. La primera lo constituye una máquina. El ID no. 6 es: “Subcontratación para dobleces especiales”. Debido a que Solac no cuenta con dobladoras grandes, gran parte del trabajo de dobleces lo lleva a cabo una empresa

tercera. Sin embargo, aún cuando se mejoren los procesos que preceden o los que suceden a esta tarea, el flujo de producto terminado no mejorará en gran manera.

Esto se debe, en gran parte a que más del 25% del tiempo de producción la materia prima en proceso está siendo trabajada por la empresa encargada de doblar las piezas. Por lo tanto, para poder aumentar el flujo de producto terminado, se debe considerar como opción el adquirir una dobladora que pueda efectuar este trabajo. Esto reduciría el tiempo de esa tarea de 1 día a 90 minutos, como mínimo.

En caso no sea viable efectuar inversiones de maquinaria nueva, se propone contratar a un operario que su única operación sea trazar lámina para llevar a doblar días antes que el proceso la necesite, de esta manera, aunque los gastos de operación aumentan, también lo hace el “throughput”, logrando así un aumento en mayor proporción de ingresos, lo que a su vez genera mayores utilidades. En la parte financiera se explica con mayor detalle.

La segunda restricción tiene que ver con la cadena de suministros. En muchas ocasiones los pedidos de compra se realizan tarde. Esto atrasa la producción e interrumpe el flujo de producto en proceso. Por lo tanto, aún cuando no siempre se retrasa un día completo como se ve en la gráfica, este tiempo puede llegar a ser 0 min. si un día antes se programa la compra de todo el material que se va a necesitar al día siguiente.

Para poder solucionar el problema se debe crear una estrategia de la cadena de suministros, la cual se desarrollará más adelante.

2. Discusión del diagrama de Gantt mejorado (gráfico 2). Después de analizar las principales restricciones del sistema se hicieron los cambios necesarios en el proceso para que el flujo aumentara.

Básicamente, los cambios estuvieron en dos cuellos de botella principales, los cuales eran:

- a) Compra de materia prima
- b) Subcontratación de dobleces y cortes.

Con el primer cuello de botella lo que se hizo fue planear con antelación el suministro de materia prima. En muchas ocasiones, y ésta no es la excepción, no se trata de tener un programa de cómputo que ayude a resolver el problema, aunque esto es una herramienta útil. Básicamente lo que se necesita es mayor organización al hacer los pedidos de materia prima. Una ayuda fue una hoja de Excel en la que se descompone la cantidad de cada producto necesario para poder fabricar una mesa caliente. Además se implementó un sistema Kanban, el cual se detalla en capítulos posteriores.

Con el segundo cuello de botella se logró ordenar la línea de producción de tal manera que siempre exista en inventario de proceso láminas dobladas, por lo que el flujo de producto terminado aumenta. Por lo tanto, independientemente de si se compra o no una dobladora, la piezas dobladas deben estar troqueladas en inventario en proceso tiempo antes que se necesiten.

También se rediseñaron las tareas para que tuvieran menor tiempo y las fluctuaciones estadísticas se redujeran. Esto se logra porque al ser tareas de pocos minutos los tiempos de variación son menores porque el operario se acostumbra al mismo ritmo de trabajo y a la repetición del mismo.

Es interesante notar cómo la restricción del sistema completo cambió. Pasó de ser la compra de materia prima y la subcontratación de dobleces y cortes a ser básicamente el ensamble de las partes. Siguiendo el modelo enseñado por Goldratt en La Meta, el próximo paso consiste en explotar esta nueva restricción. Aunque este trabajo no pretende hacerlo, al explotar una restricción y subordinar todas las demás a esa decisión, se logra superar la restricción y otra la reemplazará. Es por esto que el proceso es de mejora continua.

3. Discusión de los cambios efectuados en los diagramas de Gantt. Al comparar las gráficas 1 y 2 (actual y mejorado) se puede notar varias mejoras, las que se discutirán a continuación.

a) Preparación para fabricación. En esta parte del proceso, fue necesario planificar de antemano las órdenes de compra de materia prima, para que éstas no afectaran al tiempo total de producción como lo habían estado haciendo.

En el trazo de lámina para forros y tanque para dobleces, la opción más económica y que resulta en un aumento considerable de la producción es colocar a un operario que esté delante por algunos días de la producción de mesas calientes. Con esto se logra tener en inventario de proceso unidades “extras” que eliminan el tiempo real dedicado a los dobleces. Por lo que el flujo total del sistema aumenta en un 25%.

b) Fabricación de mesa o ensamble de mesa. El cambio principal que se hizo en esta etapa del trabajo fue dividir las operaciones en un mayor número de tareas de menor tiempo. Así, los operarios desarrollaron más habilidad en su trabajo, y se redujo el tiempo ocupado en cada tarea. El logro en esta etapa fueron los beneficios de la curva de aprendizaje.

c) Cambio en los cuellos de botella. El proceso de mejora continua se esfuerza por eliminar las restricciones del sistema completo. Al eliminar la restricción, una nueva aparece. Es principalmente esto lo que se demuestra en las gráficas de Gantt. Se puede ver cómo las restricciones del sistema cambian de una actividad a otra, conforme se libera la restricción anterior.

B. Diagrama de operaciones de proceso (DOP)

El diagrama de operaciones del proceso actual sirve como referencia para tener un parámetro de comparación al final de la investigación. Marca la diferencia entre un antes y un después para analizar las mejoras en los procesos.

1. Discusión del diagrama de operaciones del proceso actual (gráfico 3). Algunas observaciones ya se mencionaron en el análisis de administración de proyectos. Esta parte se centrará en algunos detalles que se hacen más evidentes al observar el diagrama de operaciones de proceso.

Muchas de las actividades que se están realizando actualmente se podrían descomponer en actividades más pequeñas, con lo que se aprovecharía la habilidad adquirida por el operario al realizar repetidamente el mismo trabajo. Esto también ayuda a reducir el tiempo de cada actividad, lo que da como resultados menores fluctuaciones estadísticas. Esto se debe a que es más fácil controlar una sola actividad, como por ejemplo cortar tubos (cuyas fluctuaciones estadísticas van a ser de segundos) que querer controlar una actividad grande, como por ejemplo cortar, soldar, y pulir tubos (que dará como resultado fluctuaciones estadísticas de minutos de diferencia).

Al tener actividades pequeñas se puede saber con más certeza la capacidad de cada recurso, lo que nos llevará a determinar los recursos con capacidad limitada y los cuellos de botella del sistema. Al final se logrará balancear el flujo de producción de mesas calientes.

2. Discusión del diagrama de operaciones de procesos mejorados (gráfico 4). Los tiempos de las tareas se redujeron bastante. Esto logra que la productividad aumente porque los trabajos son repetitivos y más fáciles de hacer. Aunque es cierto que todavía se puede mejorar mucho la división de las tareas para lograr mayor flujo de producto en proceso, con este cambio y la eliminación de los antiguos cuellos de botella se logra reducir el tiempo de fabricación de mesa caliente de 3.88 días a 2.63 días.

Otro cambio es que las tareas que van paralelo al flujo principal del proceso se realizan un poco antes que el flujo principal, logrando tener un inventario reducido de esa materia prima para evitar que la línea tenga paros por falta de materia prima en el momento adecuado.

C. Curva de aprendizaje

1. **Proceso de operaciones mejorado tomando en cuenta la curva de aprendizaje (gráfico 11).** Para las operaciones de soldadura repetitiva, el porcentaje de aprendizaje es del 95 por ciento aproximadamente. Usando este dato teórico como base, se parte a realizar la gráfica de las mesas calientes de cuatro compartimientos.

Algunas de las actividades aún cuando se repitan no mejorarán su tiempo. Ejemplo de éstas son la compra de materia prima, que está en función del tráfico de la ciudad más que en la habilidad del departamento de compras. La subcontratación para los dobleces de la lámina también está en función de la empresa outsourcing, no de Solac.

Después de fabricar 1,000 mesas el límite de la productividad tiende a 1.5 días.

V. DISEÑO DEL PRODUCTO Y SELECCIÓN DEL PROCESO. MANUFACTURA

A. Diagrama de recorrido de la planta (gráfico 5)

Este es un proceso de fabricación por lotes pequeños. Como generalmente las mesas calientes tienen pequeños o ningún cambio que los clientes piden efectuar, no es necesario que la planta tenga distribución por tecnologías o células de trabajo. Tampoco es necesario que una herramienta se use para procesos diferentes, puesto que cada paso requiere sus propias herramientas, distintas de las demás.

El cambio que salta a la vista, es la ubicación de la bodega de materia prima. Ésta debería tener acceso dentro de la planta, sin que sea necesario salir de la nave para volver a entrar al área de trabajo. Esto fue error al diseñar la planta por lo que se deberá considerar la modificación de la planta pues los tiempos por recolectar el producto en bodega deben ser tomados en cuenta. Sin embargo, actualmente son tiempos tan pequeños que se pueden obviar, por lo que la planta puede continuar operando sin modificación alguna.

B. Cambios en la materia prima para cumplir con la estrategia de operaciones

En el capítulo IV, bajo el tema “Implementación del cambio” se mencionó que debía sustituirse materia prima por otra que cumpla con las mismas características y calidad, pero permita reducir los costos.

El mayor cambio se dio en la lámina para los forros y el tanque. Anteriormente se fabricaban en acero calibre 16. Actualmente se fabrica con acero inoxidable calibre 22, con refuerzo sólo en las partes con mayor fuerza de carga, y donde la temperatura por la flauta es mayor.

En la sección de gráficos, figuras 6 y 7, se presentan algunas fotos con el fin de demostrar los cambios en la presentación del producto final. Además, en estas fotos se puede ver el nuevo diseño en el cual se reducen al mínimo los dobleces, lo que minimiza el tiempo de fabricación. Otra mejora fue que las soldaduras corridas se sustituyeron por dobleces y puntos, lo que hace más rápida la fabricación de las mesas.

VI. PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA CADENA DE SUMINISTROS

La demanda actual de mesas calientes es para efectos prácticos infinita, porque hoy por hoy la restricción del sistema no está en el mercado sino en nuestra capacidad de producción.

En este momento la competencia se queda con el market share que Solac pierde por no poder suplir la demanda actual. Esta es la razón por la que es tan importante lograr mejorar el flujo de producto a través de la línea.

Una de los primeros procesos que se debe mejorar es el diseño de la cadena de suministros. Como se demostró en las gráficas de Gantt de las operaciones actuales, parte del cuello de botella está en la cadena de suministros.

Al no estar abasteciendo a las líneas de producción continuamente con materia prima, ha existido desperdicio de tiempo total en la planta de producción. El sistema propuesto para eliminar esta pérdida de tiempo total del sistema se desarrolló el sistema Kankan en la bodega de materia prima, el cual se desarrolla brevemente a continuación.

A. Sistema Kanban

Con la demanda actual y la capacidad de producción que Solac tiene instalada, siguiendo la siguiente fórmula³: $k=DL(1 + S)/C$, se determina que la cantidad de kanbanes necesarias para la producción de mesas calientes es de: $D=5$, $L=5$, $S=0.15$, y $C=7$. El resultado es suministros para 4 mesas calientes.

³ Richard B. Chase, *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva* (10ª edición; México: McGraw-Hill, 2004), pág. 483.

VII. BALANCE DE CAPACIDAD Y TEORÍA DE RESTRICCIONES

A. Balance de capacidad aplicado a la producción de mesas calientes

Es necesario aclarar que este trabajo representa el primer cambio para la línea de producción de mesas calientes. Pasa de ser una línea ordenada ‘espontáneamente’ por los mismos operarios, a ser una línea que produce mesas calientes con tiempos de entrega razonablemente exactos para que mercadeo pueda promocionar el producto, sin problemas de cumplimiento. Seguramente el lector puede tener en su mente algunas mejoras al procedimiento que aquí se plantea, pero recordemos que se trata de un proceso de mejora continua. Por lo tanto, siempre habrá procesos que mejorar, éste es simplemente el primer paso en la carrera que no tiene fin.

A pesar del gran avance, la mejora debe ser continua y todavía existe mucho por hacer. Entre las mejoras se pueden incluir el disminuir el tamaño de las tareas. Aún así, los cambios por empezar a implementar dichos procesos en la línea son tangibles. Se logró reducir el tiempo de producción de 2.64 días a 1.13 días.

En el gráfico 8 se presenta el balance de capacidad de las mesas calientes.

Los tiempo takt, tiempo total del ciclo de operación, las secuencias de operaciones por operario se presentan en el cuadro dentro del gráfico 8.

Para obtener estos datos se tomó en consideración la restricción actual de trabajadores. La línea de producción sólo cuenta con 4 operarios, y mientras el programa no demuestre ser efectivo la gerencia no pretende aumentar la fuerza laboral para esta línea.

Al balancear la capacidad del sistema inevitablemente se retrasará el tiempo de entrega del producto y el flujo del producto a través de la línea. Esto se debe al fenómeno

explicado por Alex Rogo en el libro *La Meta* de Goldratt. En éste se demuestra que cuanto existe en la mayoría de los procesos de la línea de producción está dado por fuerza laboral humana, las fluctuaciones estadísticas se van acumulando a través de toda la línea. Al final del proceso, la última actividad carga con todas esas fluctuaciones.

Lo que se quiere decir es que no es cuestión que las actividades independientes se retrasen un minuto. Se trata de que si la actividad tiene corriente abajo a un cuello de botella, el sistema completo se atrasa un minuto por esto.

Aún cuando después de muchos esfuerzos las demás actividades quieran reponer el tiempo perdido por una actividad corriente arriba, es imposible. Una hora perdida en un cuello de botella, representa una hora perdida en todo el sistema.

Si el lector efectúa una corrida a pata simulando la producción en línea de mesas calientes verá que hay operarios que no pueden retrasarse ni un solo minuto, ya que el siguiente operario está demandando el inventario en proceso para continuar con la producción. El problema de las fluctuaciones estadísticas por estar tratando con humanos y no máquinas llega a ser un problema en este proceso. Se ve un problema especial en la transferencia de producto terminado de la estación 3 a la estación 4. Si no existieran fluctuaciones estadísticas (tal y como ocurre en la simulación) entonces en el momento en que la estación 3 está terminando su producto, la estación 4 lo demandaría.

Alex Rogo, el gerente de una gran empresa en el libro *La Meta*, demostró con unos cerillos que con un pequeño atraso, se provoca que el tiempo total de la mesa caliente se retrase y que las desviaciones de la estación de trabajo 3 se sumen a las de la estación 4. La estación 3 es actualmente el cuello de botella, puesto que sus entregas de producto terminado se realizarán siempre después del tiempo esperado, dando como consecuencia un paro total en las actividades de la estación de trabajo 4. Las otras estaciones tienen colchón en el tiempo de entrega sin retrasar el tiempo total del sistema.

La estación de trabajo 4 siempre estará demandando producto no terminado por la estación de trabajo 3. Para resolver este problema, en la siguiente sección de este trabajo aplicaremos la teoría de restricciones a nuestra línea de producción.

B. Teoría de restricciones aplicado a las mesas calientes

Según esta teoría, no se debe balancear la capacidad del sistema, sino el flujo del producto a través de este.

Para aplicar esta teoría es necesario reconsiderar la fuerza laboral, porque como no vamos a balancear la capacidad, sino el flujo de material es necesario que todas las actividades tengan más capacidad que el cuello de botella para que actúen en función de este. La única manera de lograr esto es con mayor fuerza laboral en la planta. Tomando en cuenta que hoy por hoy la demanda se puede considerar infinita porque la restricción no está en el mercado sino en nuestra capacidad de producción, se puede considerar un operario más en la línea de producción.

En la gráfica 9 se pueden ver algunos detalles. El cuello de botella definitivamente sigue siendo la estación de trabajo no. 4. Esto no significa que las demás estaciones estén libres de riesgo, puesto que las estaciones 2 y 5 se pueden considerar con capacidad restringida. Es decir, si no se les da el material a tiempo pueden convertirse en cuellos de botella temporales rotativos que provoquen retrasos totales al sistema.

Con un operario más se logró un flujo de mesas calientes de 480 minutos, superior al de capacidad balanceada, que es de 537 min. Aún cuando el gasto de operación se incrementó por tener un operario más, el throughput mejoró de 20.2 mesas a 22.67 mensuales. Por lo tanto, el sistema cumplió con la meta de la teoría de restricciones, según Goldratt, que es: Ganar dinero.

VIII. ESTUDIO FINANCIERO

La estimación de los costos y la tasa interna de retorno es uno de los aspectos centrales de cualquier proyecto, tanto por la importancia de ellos en la determinación de la rentabilidad del proyecto como por la planificación de los recursos escasos de la empresa hacia los proyectos con mayores retornos.

En este capítulo se examinan las principales opciones desde el punto de vista financiero, con sus ventajas y desventajas.

Se advierte que la empresa ya está operando, por lo que esta línea de producción sólo aportará un ingreso marginal y un costo marginal a los estados de resultados consolidados de la empresa.

A. Costo unitario

En el cuadro 3 se presenta toda la materia prima necesaria para fabricar una mesa caliente de 4 compartimentos. El costo unitario actual es de Q 2,594.46.

Los principales cambios que se presentaron en el rediseño de la selección de materia prima fue sustituir los forros y tanque que anteriormente eran de lámina calibre 1/16" en acero inoxidable TP 304 con valor actual de: Q 1,950.00 por lámina (se utilizaban 2.5 láminas por mesa), lo que elevaría el costo unitario total de la mesa a: Q 5,859.46. En cambio, ahora se utilizan forros en lámina tipo espejo calibre 22 en acero inoxidable con un valor actual de: Q 510.00, y tanque en acero inoxidable calibre 22 TP 304 con refuerzos en los lugares donde existe contacto directo con el fuego, haciendo una reducción en el costo unitario en: Q 3,265.00 por mesa fabricada.

B. Outsourcing de troquelado vs. Compra de dobladora

Antes de presentar los diferentes escenarios, se demuestra la mejor opción entre el outsourcing de troquelado o comprar una máquina dobladora para operar dentro de la empresa.

En el cuadro no. 4 se observa la comparación entre la compra de dobladora manual y el outsourcing de los dobleces de la lámina. La opción 1 representa la compra de la dobladora en Dreis & Krump, ubicado en 481 S. Governors Highway Peotone, IL 60468. El monto total de la compra de la máquina asciende a: Q 74,490, los cuales se pagarán en un préstamo al 15% anual.

Los 24 meses del préstamo se descomponen en: Q 3,514.80 pago a préstamo por dobladora, y Q 2,000 en pago a empleado encargado de operar la dobladora. El desembolso de los meses 1 al 24 es de: Q 5,514.80 mensual. Del mes 25 a 27 el pago es sólo de 2,000 por planilla de operario.

En la opción 2 el único pago que se debe realizar mensualmente es de Q 5,171.20. a la empresa externa que realiza el outsourcing.

El VPN de la inversión refleja que el desembolso se iguala en el mes 27. Pero existen ventajas obvias en haber elegido la opción 1. Entre éstas es que la empresa tiene un activo con valor en libros. Además, se evita las complicaciones generadas por la logística en el outsourcing de los dobleces, teniendo la dobladora dentro de la bodega, con fácil acceso a ésta. Del mes 28 en adelante se refleja un ahorro mensual de: Q 3,171.20. Con esto se concluye que la opción 1 es más rentable.

Con esta conclusión en mente, los próximos análisis se realizan tomando en cuenta que Solac compró la máquina dobladora y que está trabajando con ésta.

C. Estado de resultados y flujo de caja para la línea según el Balance por capacidad

En el cuadro no. 5 se presenta el estado de resultados y flujo de caja proyectado para las mesas calientes balanceándolas por capacidad. (El método del gráfico no. 1). Se supuso que las ventas de la mesa son con gradiente positivo hasta alcanzar la madurez. Es decir, el primer mes sólo se espera alcanzar el 17% (1/6) de la capacidad total de producción. Esto representaría 3 mesas. Y así sucesivamente hasta el sexto mes, en el que se proyecta lograr vender las 20 mesas que se pueden fabricar según este método.

El VPN de la línea de producción es de Q 183,372.17 los cuales se consideran ingresos marginales a la empresa, ya que todo el equipo, a excepción de la dobladora, está instalado en la planta. El TIR es del 14.22%, lo que resulta atractivo para la gerencia al momento de tomar la decisión de poner en marcha el proyecto.

Los costos de materia prima se reducirían en gran medida cuando los pedidos sean constantes y con un volumen de compra considerable. En ese momento la economía de escala en la línea hace mayor la utilidad neta.

D. Estado de resultados y flujo de caja para la línea según la teoría de restricciones

Por otro lado, en el cuadro no. 6 se presenta el estado de resultados y el flujo de caja, así como algunas razones financieras para la línea produciendo según la teoría de restricciones. El VPN de la inversión es de Q 254,759.24 siendo Q 71,387.07 mayor que produciendo balanceando la capacidad instalada.

Aparte del criterio del VPN, el cual demuestra que producir con la teoría de restricciones es mejor, se presentan otras razones para demostrar que vale la pena utilizar este método en la línea de producción.

En el estado de resultados los únicos cambios se dan en: Ventas netas, el cual es mayor porque la capacidad de producción es de 22.67 mesas al mes. Al aumentar las ventas netas, aumenta la materia prima y el costo de producción en la misma proporción. El segundo rubro dentro del estado de resultados que tiene cambio es la planilla de producción. Como se analizó en el capítulo VII inciso B, con este método de producción es necesario tener un empleado más para lograr que el flujo de la línea sea constante. Aunque la planilla de producción aumenta, y consecuentemente también la provisión para prestaciones laborales, de todos modos el flujo de caja es considerablemente más alto y la TIR está 4 puntos arriba que produciendo por balance de capacidad.

CONCLUSIONES

1. Se cumplieron los objetivos trazados al principio del trabajo de graduación. Entre estos, se logró que la TIR estuviera por encima del 10%. Se redujo el costo en un 50% haciendo cambio en la materia prima. Es un producto con nueva presentación que atrae la atención de los consumidores. A lo largo del trabajo, el lector puede notar que se cumplieron todos los objetivos trazados al principio de la investigación.

2. La teoría de restricciones es un proceso de mejora continua. Este trabajo sólo mostró el comienzo de un largo camino por recorrer para lograr que no sólo la línea de producción, sino todo el sistema sea eficiente. Y con esto no se trata de mejorar eficiencias independientes. Se espera mejorar eficiencias globales. Es decir, todo el sistema que produce mesas calientes debe ir en constante mejora para lograr una única meta: Ganar dinero, según Eliyahu Goldratt.

3. El balance de capacidad en las estaciones de trabajo funciona bien, pero se debe tener cuidado en el tipo de trabajo que se quiere emplear. En las líneas de producción donde la mano de obra es intensiva no se recomienda trabajar balanceando la capacidad. En cuanto más se esfuerce la gerencia por balancear la línea, más lejos estará de disminuir el tiempo que el inventario se mantiene en proceso y el tiempo de entrega. Irónicamente, balanceando la capacidad las fluctuaciones estadísticas, aún las pequeñas, llegan a causar grandes retrasos en los tiempos del sistema, porque al final la suma de todas las desviaciones en cada estación de trabajo afecta a la última actividad.

4. Los gastos de operación deben verse en su debido contexto. Si bien es cierto que se deben controlar, estos por sí solos no dicen nada. Es decir, no se puede pretender enfocarse sólo en los gastos y obviar las utilidades generadas, el retorno sobre la inversión y el flujo de caja generado por cambios hechos en el área de producción.

RECOMENDACIONES

1. Los tiempos por proceso deben disminuir. Esto ayuda a controlar mejor las desviaciones en el tiempo por proceso y determinar claramente lo que está pasando en cada estación de trabajo. Esto se puede lograr dividiendo las actividades en segmentos más específicos.

2. En las palabras del mismo Goldratt: <<Debemos disminuir los gastos de operación y los inventarios a medida que aumenta el throughput>>. Es importante no centrarse sólo en uno de ellos, porque si se hace se estará cometiendo el error que por muchos años cometió la contabilidad tradicional. Estar examinando eficiencias locales en lugar de centrarse en las mejoras del sistema completo.

3. Es importante atacar las restricciones principales y no centrar los recursos de la empresa en detalles que van a contribuir poco a la Meta de la empresa. En ocasiones, los administradores por no querer abordar los problemas grandes por las complicaciones que estos conllevan, los evitan y se centran en detalles de muy poca importancia.

BIBLIOGRAFÍA

Anderson, David. Sweeney, Dennis. Williams, Thomas. 1998. *Métodos Cuantitativos Para Los Negocios*. Séptima Edición. Thomson Editores International.

Blank, Leland. Tarquin, Anthony. 2002. *Ingeniería Económica*. Quinta Edición. McGrawHill.

Chase, Richards. Jacobs, Aquilano. 2005. *Administración de la producción y operaciones*. Mc Graw Hill.

Goldratt, Eliyahu M. 1999. *La Meta*. north river press.

Koontz, Harold. Wehrich, Heinz. 2004. *Administración Una Perspectiva Global*. Doceava edición. McGrawHill Interamericana.

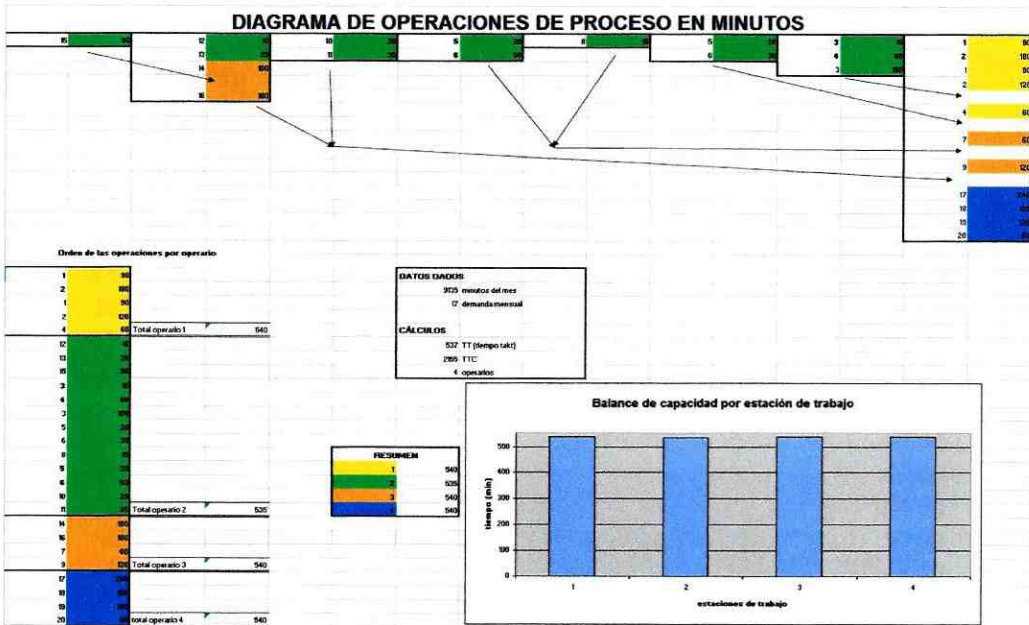
Niebel, Benjamín. Freivalds, Andris. 2004. *Ingeniería Industrial, Métodos, Estándares y Diseño Del Trabajo*. Onceava Edición. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.

Sapag Chain, Nassir. Sapag Chain, Reinaldo. 2003. *Preparación y Evaluación de Proyectos*. Cuarta Edición. Mc Graw Hill Interamericana.

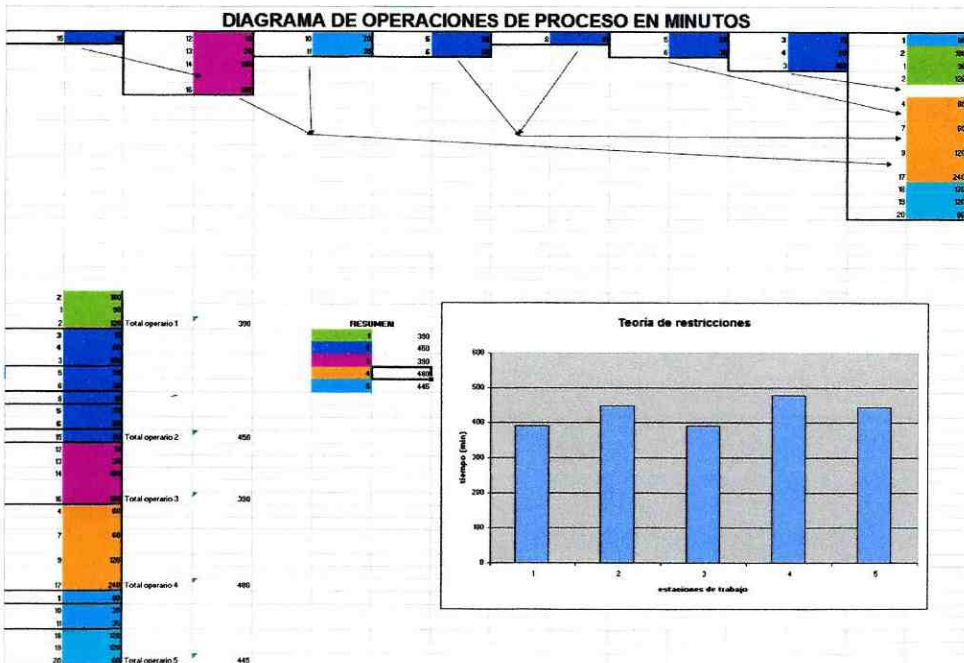
<http://www.wikipedia.org/>

CUADROS

1. Diagrama de operaciones de proceso balanceando la capacidad del sistema



2. Diagrama de operaciones de proceso aplicando la teoría de restricciones



3. Costo unitario por mesa caliente

	<i>costo unitario</i>	<i>costo total</i>
1 lámina espejo	510.00	510.00
1 láminas acero 1/32"	1,100.00	1,100.00
4 tornillos 5/8 completos	3.00	12.00
1 botones cromados	8.00	8.00
1 llaves mabe con tuerca	15.00	15.00
1 m de tubo cobre 1/4"	15.00	15.00
1 llave para piloto	18.00	18.00
0.5 tubo 1" galvanizado	170.00	85.00
1 tubo 1/2 hg	65.00	65.00
0.25 tubo 3/4 hg para quemador	85.00	21.25
1 tobera 3/4	9.50	9.50
1 adaptadores para manguera 1/2	9.50	9.50
0.5 tubo cuadrado 1 x 1 chapa 18 soporte quemador	50.00	25.00
10 tornillos busca rosca 1/2 x 1/4	3.00	30.00
0.3 Tubo 1x1 inox para soporte lámpara	425.00	127.50
0.25 plana 1 x 1/8 hierro negro	21.00	5.25
0.5 niple de 1/2 (inox)	70.00	35.00
1 vidrio frontal	50.00	50.00
4 ruedas	40.00	160.00
1 fibra de vidrio	100.00	100.00
2 vidrios laterales	18.00	36.00
3 mts de cable tsj 2 x 14	5.00	15.00
1 lámparas 1 x 40 completas electrónicas	28.75	28.75
1 caja rectangulares	2.71	2.71
1 switch para encendido con placa	18.00	18.00
1 llave de bola	18.00	18.00
0.5 lámina galvanizada calibre 24 para cubrir fibra de vidrio	150.00	75.00
costo unitario por mesa caliente		2,594.46

4. compra de dobladora manual

mes	OPCIÓN	
	1	2
0	0.00	0.00
1	(5,514.80)	(5,171.20)
2	(5,514.80)	(5,171.20)
3	(5,514.80)	(5,171.20)
4	(5,514.80)	(5,171.20)
5	(5,514.80)	(5,171.20)
6	(5,514.80)	(5,171.20)
7	(5,514.80)	(5,171.20)
8	(5,514.80)	(5,171.20)
9	(5,514.80)	(5,171.20)
10	(5,514.80)	(5,171.20)
11	(5,514.80)	(5,171.20)
12	(5,514.80)	(5,171.20)
13	(5,514.80)	(5,171.20)
14	(5,514.80)	(5,171.20)
15	(5,514.80)	(5,171.20)
16	(5,514.80)	(5,171.20)
17	(5,514.80)	(5,171.20)
18	(5,514.80)	(5,171.20)
19	(5,514.80)	(5,171.20)
20	(5,514.80)	(5,171.20)
21	(5,514.80)	(5,171.20)
22	(5,514.80)	(5,171.20)
23	(5,514.80)	(5,171.20)
24	(5,514.80)	(5,171.20)
25	(2,000.00)	(5,171.20)
26	(2,000.00)	(5,171.20)
27	(2,000.00)	(5,171.20)
VNA	(120,579.62)	(120,625.19)

5. Estado de resultados y flujo de caja para la línea según Balance por capacidad

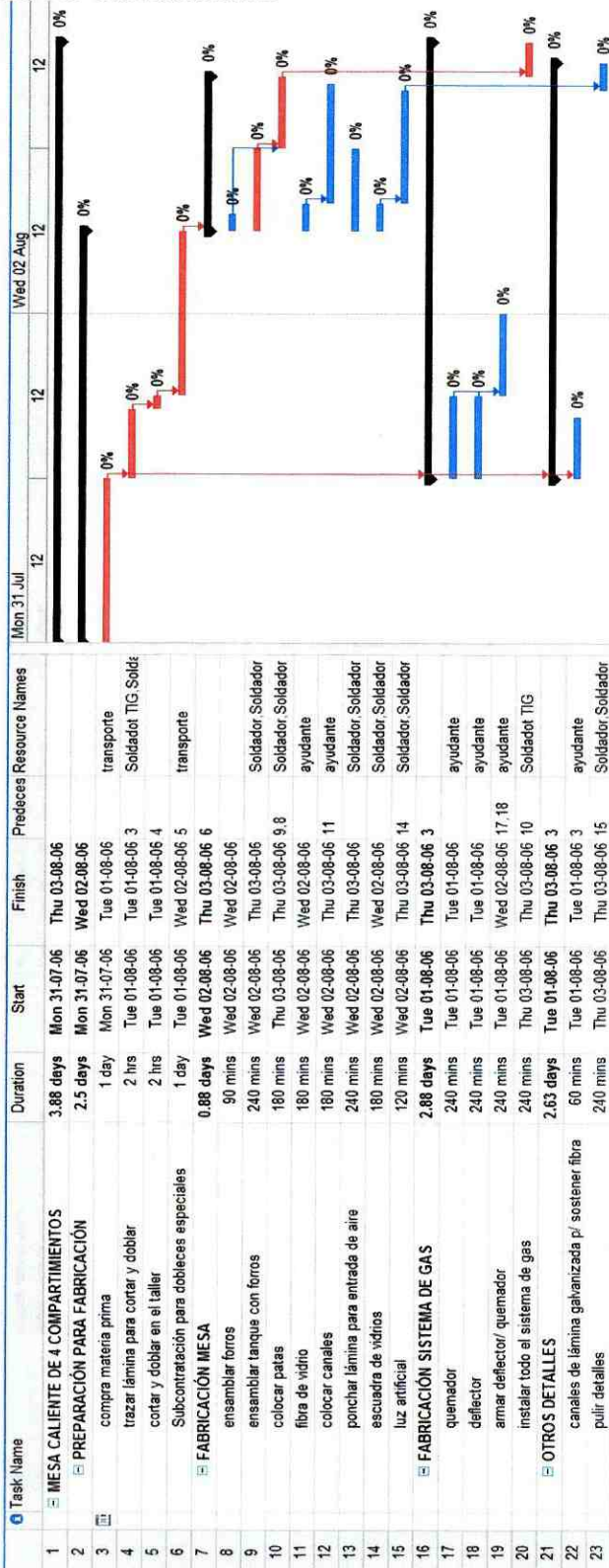
BALANCE DE CAPACIDAD			
capacidad de producción	79%	100%	100%
ESTADO DE RESULTADOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
Ventas netas	1,010,901.79	1,276,928.57	1,276,928.57
(-) materia prima	497,876.87	628,897.10	628,897.10
(-) costo de producción	101,090.18	127,692.86	127,692.86
(-) planilla producción	105,600.00	105,600.00	110,880.00
UTILIDAD BRUTA	306,334.73	414,738.61	409,458.61
GASTOS DE OPERACIÓN			
gasto administrativo	72,000.00	72,000.00	75,600.00
gasto de ventas	72,000.00	72,000.00	75,600.00
gasto de compras	24,000.00	24,000.00	25,200.00
gasto de vehiculo compras	24,000.00	25,200.00	26,400.00
TOTAL GASTO OPERACIÓN	192,000.00	193,200.00	202,800.00
PROVISIONES Y DEPRECIACIONES			
provisión para prestaciones laborales	68,400.00	68,400.00	71,820.00
depreciación de equipo	14,498.00	14,498.00	14,498.00
TOTAL PROVISIONES Y DEPRECIACIONES	82,898.00	82,898.00	86,318.00
UTILIDAD OPERACIONAL	31,436.73	138,640.61	120,340.61
intereses	8,629.10	3,275.41	-
Utilidades antes de ISR	22,807.63	135,365.20	120,340.61
ISR	7,070.37	41,963.21	37,305.59
UTILIDAD NETA	15,737.27	93,401.98	83,035.02
utilidad neta (razón utilidad neta/ ventas netas)	1.56%	7.31%	6.50%
FLUJO DE CAJA			
utilidad neta	15,737.27	93,401.98	83,035.02
ISR			
amortización capital préstamo	(33,548.47)	(38,898.14)	-
depreciación de equipo	14,498.00	14,498.00	14,498.00
provisión para prestaciones laborales	68,400.00	68,400.00	71,820.00
prestaciones laborales	(45,600.00)	(45,600.00)	(47,880.00)
flujo de caja	19,486.80	91,801.84	121,473.02
VPN	Q183,372.17		
TIR	14.22%		

6. Estado de resultados y flujo de caja para la línea según la teoría de restricciones

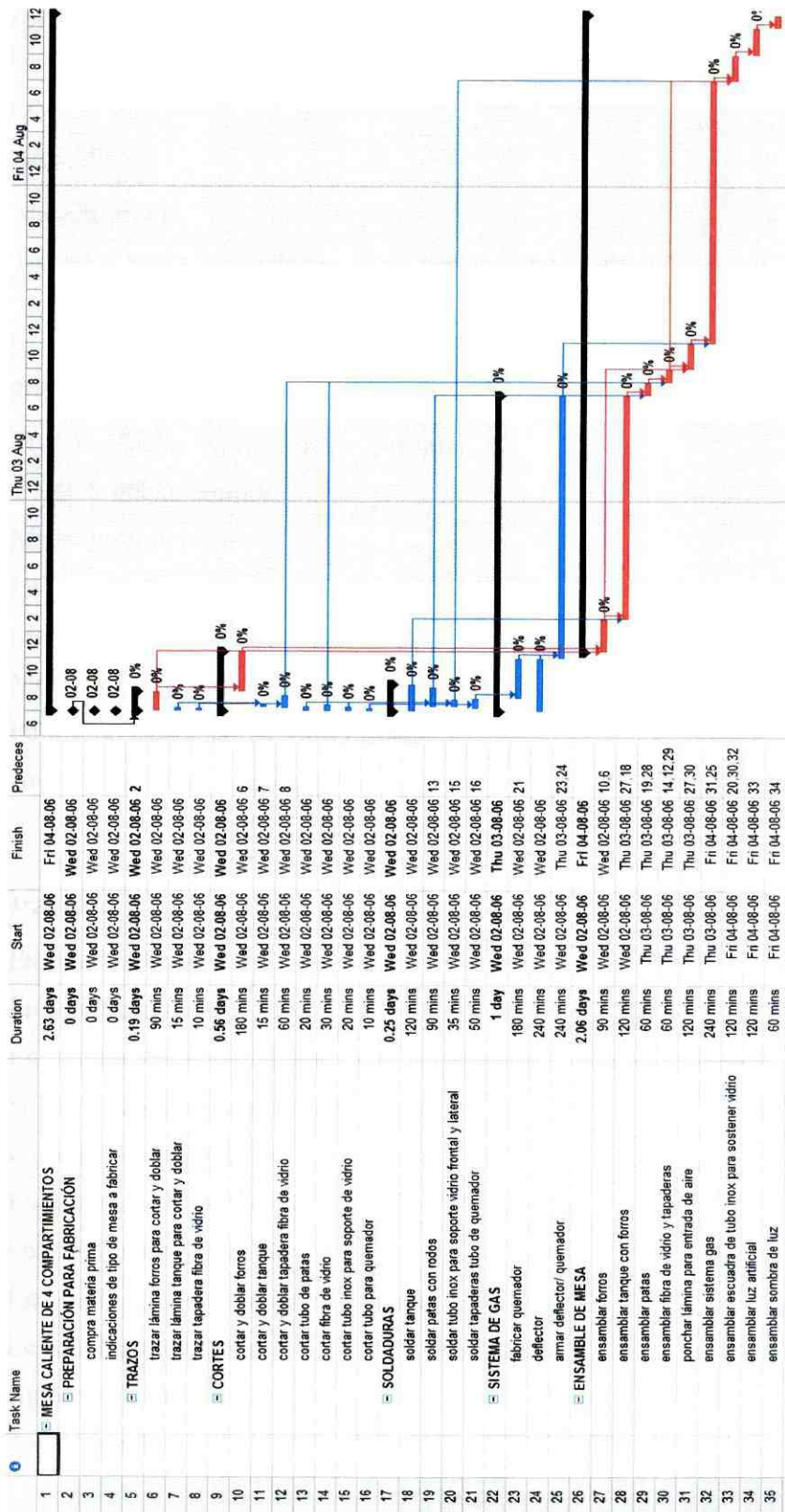
BALANCE DE CAPACIDAD			
capacidad de producción	79%	100%	100%
ESTADO DE RESULTADOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
Ventas netas	1,134,512.05	1,433,067.86	1,433,067.86
(-) materia prima	558,755.88	705,796.90	705,796.90
(-) costo de producción	113,451.21	143,306.79	143,306.79
(-) planilla producción	124,800.00	124,800.00	131,040.00
UTILIDAD BRUTA	337,504.97	459,164.17	452,924.17
GASTOS DE OPERACIÓN			
gasto administrativo	72,000.00	72,000.00	75,600.00
gasto de ventas	72,000.00	72,000.00	75,600.00
gasto de compras	24,000.00	24,000.00	25,200.00
gasto de vehículo compras	24,000.00	25,200.00	26,400.00
TOTAL GASTO OPERACIÓN	192,000.00	193,200.00	202,800.00
PROVISIONES Y DEPRECIACIONES			
provisión para prestaciones laborales	73,200.00	73,200.00	76,860.00
depreciación de equipo	14,498.00	14,498.00	14,498.00
TOTAL PROVISIONES Y DEPRECIACIONES	87,698.00	87,698.00	91,358.00
UTILIDAD OPERACIONAL	57,806.97	178,266.17	158,766.17
intereses	8,629.10	3,275.41	-
Utilidades antes de ISR	49,177.87	174,990.76	158,766.17
ISR	15,245.14	54,247.14	49,217.51
UTILIDAD NETA	33,932.73	120,743.62	109,548.66
utilidad neta (razón utilidad neta/ ventas netas)	2.99%	8.43%	7.64%
FLUJO DE CAJA			
utilidad neta	33,932.73	120,743.62	109,548.66
ISR			
amortización capital préstamo	(33,548.47)	(38,898.14)	-
depreciación de equipo	14,498.00	14,498.00	14,498.00
provisión para prestaciones laborales	73,200.00	73,200.00	76,860.00
prestaciones laborales	(45,600.00)	(45,600.00)	(47,880.00)
flujo de caja	42,482.26	123,943.48	153,026.66
VPN	Q254,759.24		
TIR	18.12%		

GRÁFICOS

1. Diagrama de Gantt actual



2. Diagrama de Gantt Mejorado



3. Diagrama de proceso de operaciones actual

Transporte

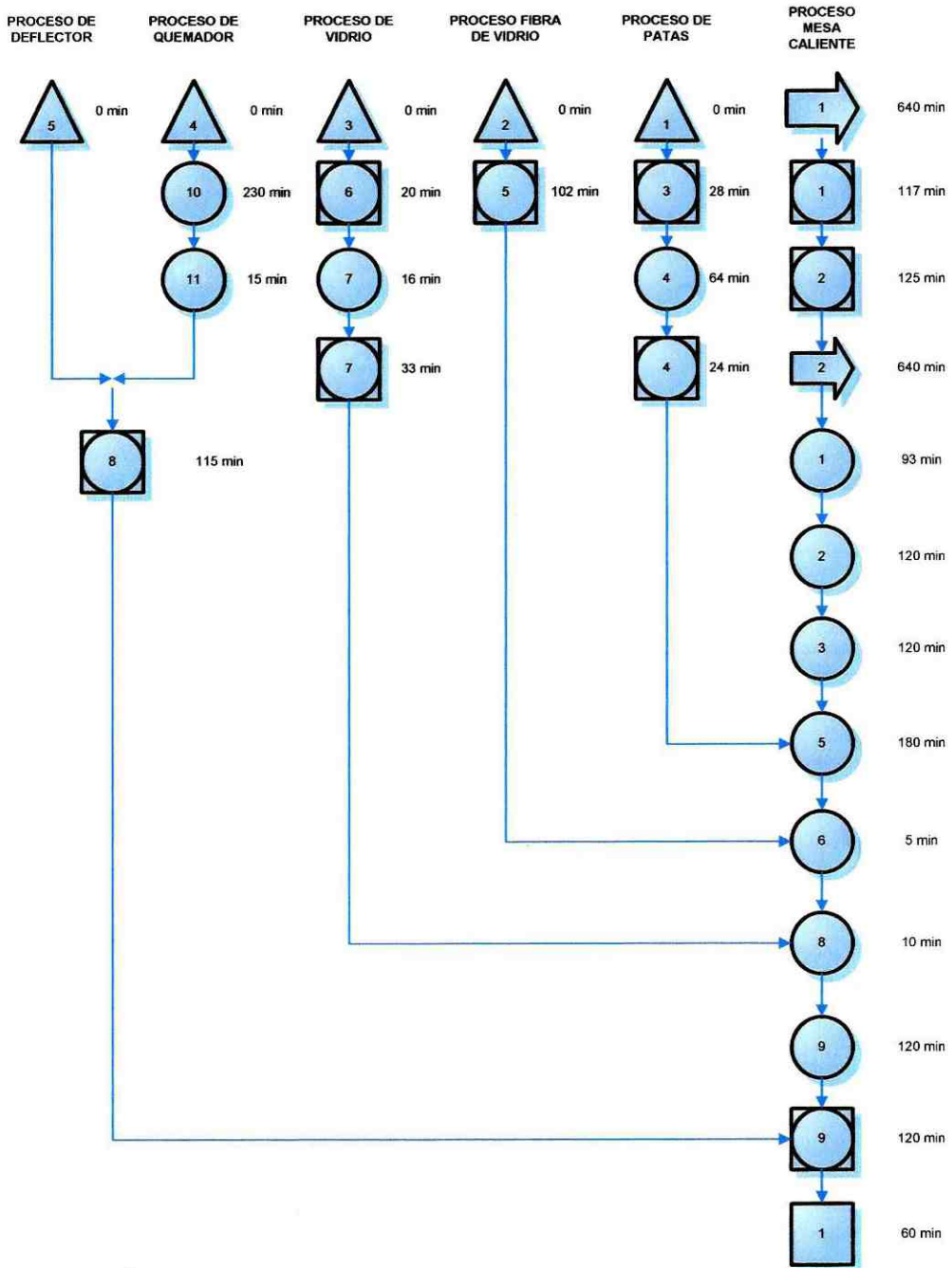
1. Materia prima
2. Transporte para subcontratación de maquina dobladora de lámina

Operación - inspección

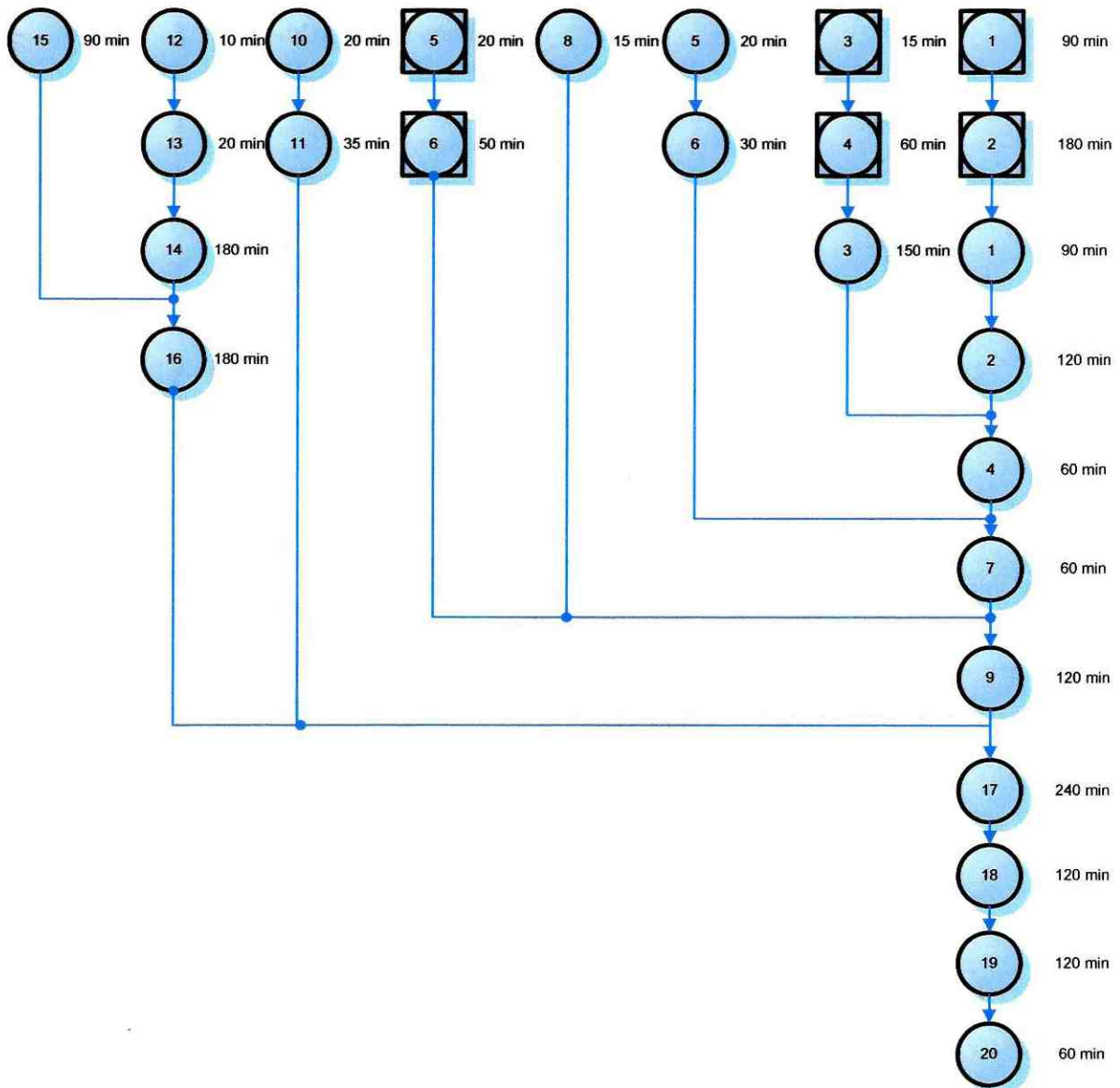
1. Trazar y doblar lámina (forros y tanque)
2. Cortar y doblar lámina
3. Medir y cortar patas
4. Pulir patas
5. Medir y cortar fibra
6. Medir y cortar tubos para soporte de vidrio
7. Pulir tubo para soportar vidrio frontal
8. Armar quemador y deflector

Operación

1. Ensamblar forros
2. Ensamblar tanques
3. Ensamblar forros con tanque
4. Soldar rodos a patas tubulares
5. Ensamblar patas a tanque
6. Ensamblar fibra de vidrio
7. Soldar soportes de vidrio
8. Ensamblar soportes de vidrio a tanque
9. Ensamblar luz eléctrica
10. Agujerear tubo
11. Soldar tapaderas



4. Diagrama de proceso de operaciones mejorado



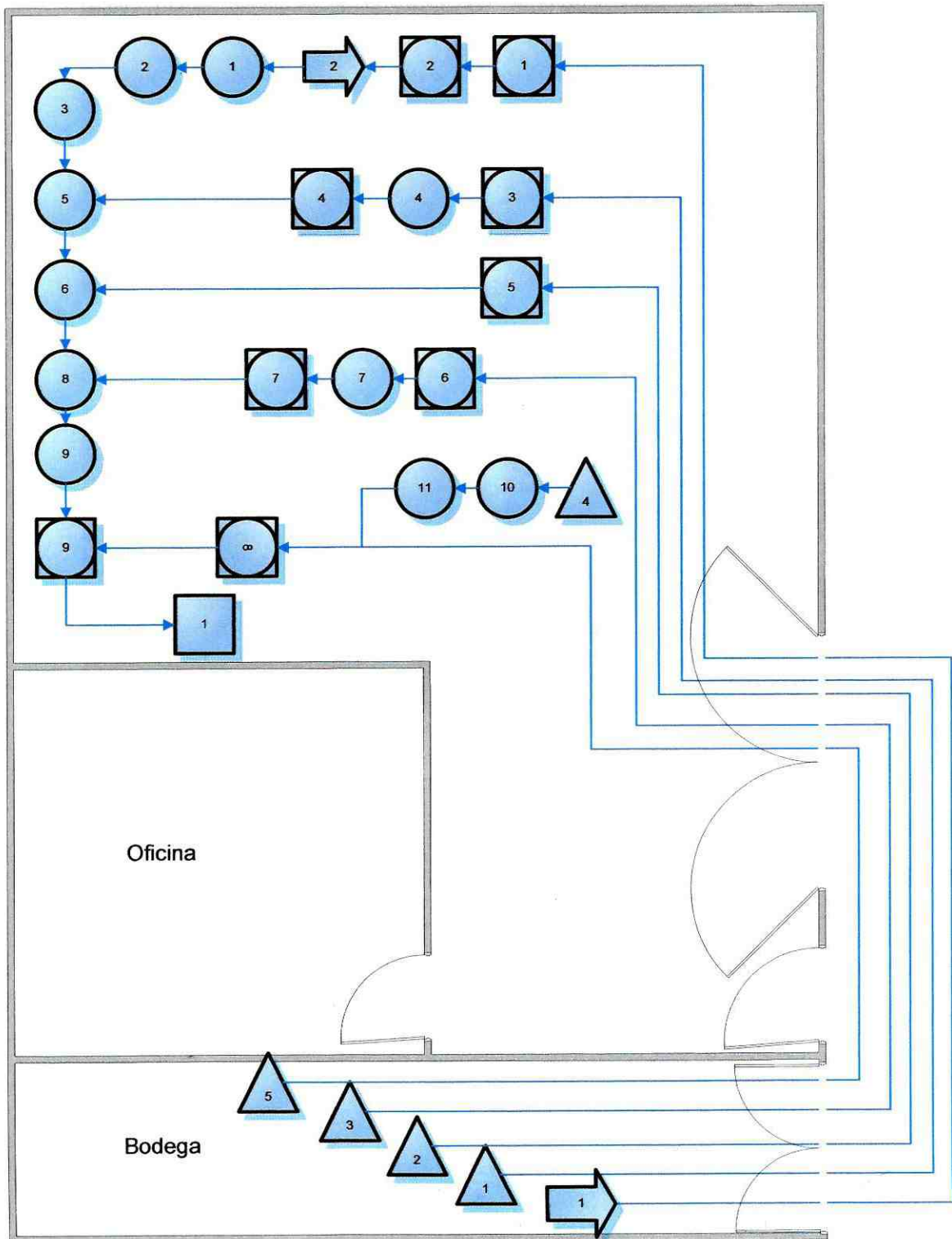
Operación - inspección

1. trazar lámina forros cortar y doblar
2. cortar y doblar forros
3. Trazar lámina tanque para cortar y doblar
4. cortar y doblar tanque
5. trazar tapadera fibra de vidrio
6. cortar y doblar tapadera fibra de vidrio

Operación

1. ensamblar forros
2. ensamblar tanque con forros
3. soldar tanque
4. Ensamblar patas
5. cortar tubo de patas
6. soldar patas con rodos
7. ensamblar fibra de vidrio y tapadera
8. cortar fibra de vidrio
9. ponchar lámina para entrada de aire
10. cortar tubo inox para soporte de vidrio
11. soldar tubo inox para soporte vidrios
12. cortar tubo para quemador
13. soldar tapaderas tubo quemador
14. fabricar quemador
15. deflector
16. armar deflector/ quemador
17. ensamblar sistema de gas
18. ensamblar escuadra tubo inox para soporte vidrio
19. instalar luz artificial
20. ensamblar sombra de luz

5. Diagrama de recorrido de la planta



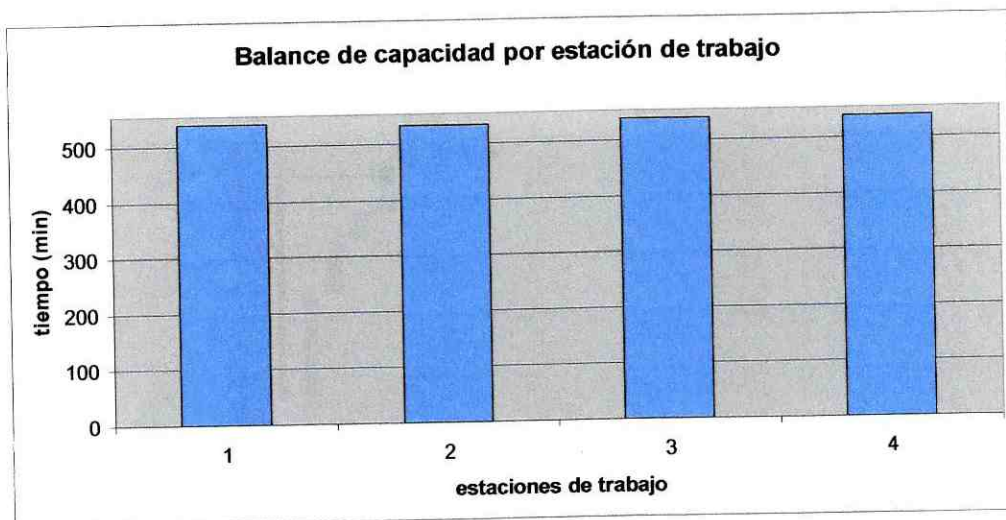
6. Mesas calientes (ANTES)



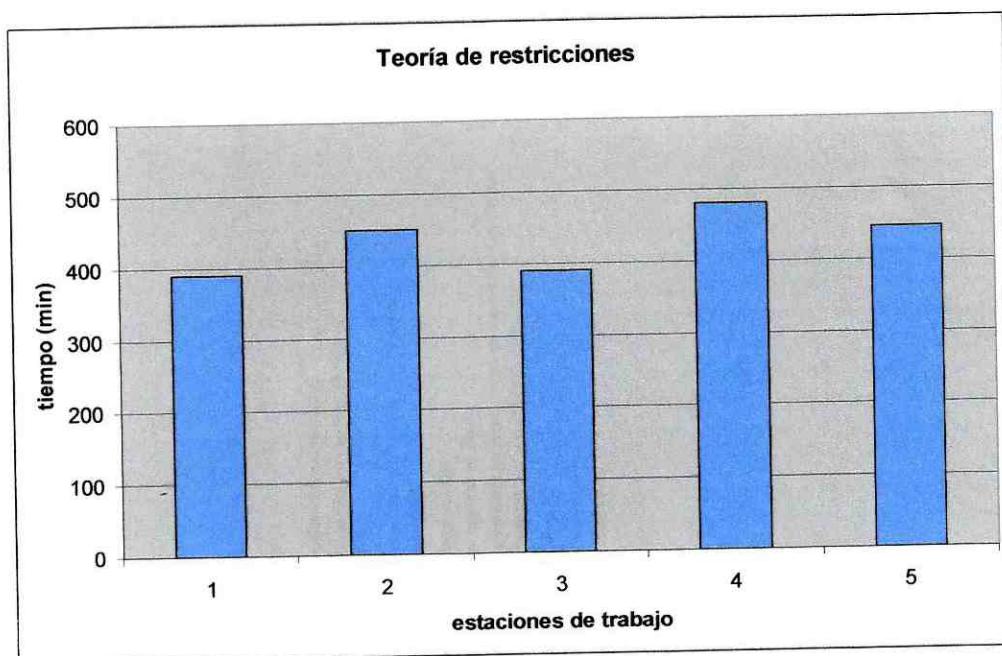
7. Mesas calientes (DESPUÉS)



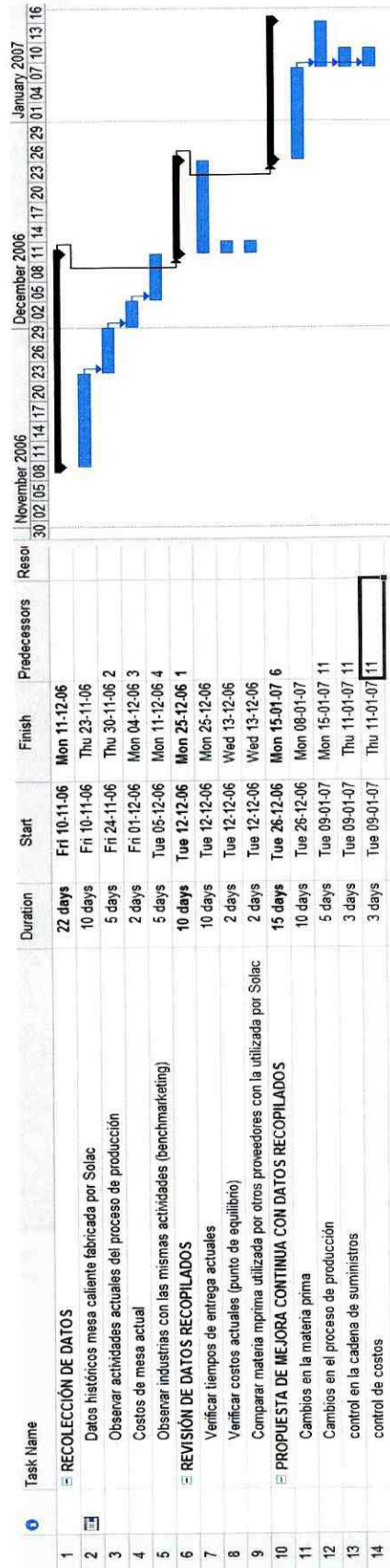
8. Gráfico de tiempo de trabajo por estación de trabajo balanceando capacidad



9. Gráfico de tiempo de trabajo por estación aplicando teoría de restricciones



10. Metodología y cronograma de actividades



11. Gráfico de curva de aprendizaje

