



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS COSTOS EN EL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE
SOLVENTES EN RECICLADOS SAN JOSÉ, S.A.**

José Andrés de León Guzman

Asesorado por el Ing. Oscar Enrique Tecún Jimenez

Guatemala, agosto de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS COSTOS EN EL PROCESO DE
RECUPERACIÓN DE SOLVENTES EN RECICLADOS SAN JOSÉ, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JOSÉ ANDRÉS DE LEÓN GUZMAN

ASESORADO POR EL ING. OSCAR ENRIQUE TECÚN JIMENEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Ángel Roberto Sic García
EXAMINADORA	Inga. Alba Maritza Guerrero Spinila
EXAMINADOR	Ing. Alex Suntecun Castellanos
EXAMINADOR	Ing. Walter Aníbal García Pérez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS COSTOS EN EL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE SOLVENTES EN RECICLADOS SAN JOSÉ, S.A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 3 de febrero de 2017.

José Andrés de León Guzman

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
Mis padres	José de León y Mónica Guzmán de León, su amor será siempre mi inspiración.
Mis abuelos	Julio de León, Marta Pinillos y Miriam Martínez, por su amor y apoyo incondicional.
Mis hermanos	Esteban y Natalia de León, por su apoyo y ejemplo en mi vida y en mi carrera.
Mis primos	Juan y Pablo de León, por ser una inspiración para mi vida profesional.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios y permitirme mi desarrollo profesional.
Facultad de Ingeniería	Por ser una importante influencia en mi carrera.
Mis amigos de la facultad	Cristian Lima y Brian Anleu, por acompañarme durante toda mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Definición de contabilidad de costos	1
1.2. Objetivos de la contabilidad de costos	2
1.3. Elementos del costo	3
1.3.1. Materia prima	3
1.3.2. Mano de obra	4
1.3.3. Gastos de fabricación.....	5
1.4. Planeación y control presupuestario	6
1.5. Pronósticos de producción	11
1.6. Planificación de producción continua	13
1.7. Programación	14
1.7.1. Asignación de órdenes a máquinas	14
1.7.1.1. Regla de Johnson	15
1.7.1.2. Método de índices.....	17
1.7.1.3. Biorritmo	19
1.7.2. Órdenes de trabajo.....	19
1.8. Métodos de valoración de salida de la materia prima	20
1.9. Eficiencia y eficacia	25

1.10.	Diagramas de procesos	25
1.11.	Análisis de la operación	27
1.12.	Medición del trabajo	29
1.13.	Reciclado de solventes	29
2.	PROCESO DE RECUPERACIÓN DE SOLVENTES	31
2.1.	Descripción del producto.....	31
2.2.	Materia prima	31
2.3.	Descripción del equipo.....	32
2.4.	Maquinaria	32
2.4.1.	Maquinaria tipo 1.....	32
2.4.2.	Maquinaria tipo 2.....	32
2.5.	Porcentaje de recuperación en el proceso de recuperación de solventes	33
2.6.	Productividad en el proceso de recuperación de solventes.....	33
2.7.	Planificación de producción actual.....	35
2.8.	Procedimiento del proceso de producción actual	35
2.9.	Manejo actual en órdenes de trabajo.....	37
2.10.	Diagnóstico de situación actual.....	37
2.11.	Diagrama de procesos actuales.....	39
3.	ANÁLISIS DE LOS COSTOS DEL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE SOLVENTES	41
3.1.	Costo del manejo de la maquinaria.....	41
3.2.	Costo de mano de obra.....	43
3.2.1.	Mano de obra directa	43
3.2.2.	Mano de obra indirecta	44
3.3.	Gastos de fabricación del proceso de recuperación de solventes	44

3.3.1.	Costo variable proyectado de gastos de fabricación	44
3.3.2.	Costo fijo proyectado de gastos de fabricación.....	46
3.4.	Costo de materia prima	48
3.5.	Determinación del costo de producción	50
4.	PLANES DE ACCIÓN PARA EL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE SOLVENTES.....	53
4.1.	Nueva programación de producción	53
4.2.	Diagramas de procesos mejorados.....	56
4.3.	Nuevos pronósticos de producción	59
4.4.	Programación mejorada como reducción de costos	66
4.4.1.	Asignación mejorada de maquinaria	66
4.5.	Producción como herramienta en la reducción de costos.....	78
4.6.	Manejo de órdenes mejorado.....	84
4.7.	Determinación del nuevo costo de producción	85
4.7.1.	Método de valoración de inventarios de solventes	92
4.7.1.1.	Aplicación del PEPS	92
4.7.1.2.	Aplicación de UEPS	97
4.7.1.3.	Aplicación de promedio.....	100
5.	SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LOS PLANES DE ACCIÓN.....	107
5.1.	Evaluación de resultados	107
5.1.1.	Interpretación	107
5.1.2.	Medición de resultados	108
5.2.	Porcentaje de recuperación de solventes	111
5.3.	Productividad en el proceso de recuperación de solventes ...	113

5.4.	Comparación de costos del método actual y método mejorado	115
5.5.	Control de resultados	118
5.6.	Aplicación del círculo de Deming	120
5.7.	Análisis de la operación	124
5.8.	Programa de capacitación	126
CONCLUSIONES.....		129
RECOMENDACIONES		131
BIBLIOGRAFÍA.....		133

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

1.	Ejemplo Diagrama de procesos	27
2.	Diagrama de procesos actual	40
3.	Proceso de entrega de materia prima.....	49
4.	Diagrama actual de procesos	56
5.	Diagrama de operaciones de alcoholes mejorado.....	57
6.	Diagrama de operaciones de solventes mejorado.....	58
7.	Diagrama mejorado de solventes de alcoholes	79
8.	Formato órdenes de trabajo.....	85
9.	Alquiler mensual actual	87
10.	<i>Leasing</i> con compra.....	88
11.	<i>Leasing</i> sin compra	89
12.	Aplicación de PEPS del proceso de reciclado	93
13.	Aplicación de PEPS del proceso de reciclado Parte 2.....	94
14.	Aplicación de UEPS del proceso de reciclado	98
15.	Aplicación de Promedio del proceso de reciclado	100
16.	Formato Consolidado para los indicadores.....	111

ÍNDICE DE TABLAS

I.	Tarjeta de distribución de tiempo.....	5
II.	Presupuesto.....	7
III.	Presupuesto de ventas	9
IV.	Presupuesto de producción	10
V.	Presupuesto de mano de obra directa.....	10
VI.	Regla de Johnson.....	16
VII.	Paso 1: Regla de Johnson.....	16
VIII.	Paso 2: Regla de Johnson.....	17
IX.	Método de Índices	18
X.	PEPS: Ingresos y Egresos	21
XI.	PEPS: Saldo	22
XII.	UEPS: Ingresos y Egresos	23
XIII.	UEPS: Saldo.....	23
XIV.	Ejemplo costo promedio	24
XV.	Relación de porcentaje de solvente recuperable.....	33
XVI.	Costos para productividad	34
XVII.	Productividades parciales	35
XVIII.	Diagnóstico situación actual	38
XIX.	Costo mensual energía eléctrica	41
XX.	Costo de mantenimiento maquinaria	42
XXI.	Gastos variables defabricación.....	45
XXII.	Inversiones Iniciales en maquinaria.....	46
XXIII.	Relación Inversión inicial Vs. meses de vida útil	47
XXIV.	Gastos fijos de fabricación.....	48
XXV.	Costo de producción del proceso de recuperación.	51
XXVI.	Ponderación de clientes	55
XXVII.	Volumen de producción	59

XXVIII.	Enfoque Simple.....	60
XXIX.	Método de media móvil.....	62
XXX.	Método alisado exponencial.....	64
XXXI.	Comparación de métodos.....	65
XXXII.	Últimas órdenes de compra.....	67
XXXIII.	Tiempo de flujo Vs. fecha de entrega.....	68
XXXIV.	Método FCFS.....	70
XXXV.	Método EDD.....	71
XXXVI.	Método LPT.....	73
XXXVII.	Comparación de métodos de asignación.....	74
XXXVIII.	Tiempo promedio de finalización.....	75
XXXIX.	Número medio de trabajos en el sistema.....	76
XL.	Ponderación del retraso medio.....	76
XLI.	Comparación de métodos de asignación de maquinaria.....	77
XLII.	Tiempo de producción de toneles.....	82
XLIII.	Costo de producción actual.....	86
XLIV.	Gastos fijos con Leasing sin compra.....	90
XLV.	Nuevo costo de producción.....	91
XLVI.	Tiempo proceso solvente de alcoholes.....	109
XLVII.	Tiempo proceso solvente ecológico.....	109
XLVIII.	Formato de revisión de toneles.....	112
XLIX.	Elementos de costos significantes.....	113
L.	Formato de productividades.....	115
LI.	Comparación de costos método actual vs. Méto 2do mejorado.....	116
LII.	Gráfico de control de las tendencias de costos.....	117
LIII.	Datos de Gráfico de Control.....	117
LIV.	Formato de control de órdenes.....	119
LV.	Formato de verificación de toneles.....	123
LVI.	Formato de Estandarización del proceso.....	124

LVII.	Formato de Análisis de la operación	125
LVIII.	Formato de capacitaciones.....	127

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
CDP	Costo de producción
CIF	Costos indirectos de fabricación
CUP	Costos unitario del producto
MPD	Materia prima directa
MOD	Mano de obra directa
MOD	Mano de obra indirecta
%	Porcentaje

GLOSARIO

Reciclar	Someter un material previamente utilizado a un proceso para que se pueda volver a utilizar.
Solvente	Sustancia que se puede disolver.
Solvente de alcoholes	Solvente utilizado para limpieza de maquinaria.
Solvente ecológico	Solvente utilizado para lavado de planchas de fotopolímero.
Proceso	Conjunto de operaciones a que se somete una cosa para elaborarla o transformarla.
Costo	Inversión de dinero en la producción de un bien o servicio.
Gasto	Partida que implica una reducción del patrimonio de la sociedad.
Eficiencia	Capacidad de lograr un efecto optimizando los recursos utilizados.
Eficacia	Capacidad de lograr un efecto deseado o esperado.
Bines	Recipiente de almacenamiento de sustancias.

RESUMEN

En una empresa dedicada a brindar el servicio de recuperación de solventes utilizados en la industria para el mantenimiento de maquinaria y la limpieza de sellos, primero, no se tiene el conocimiento del rendimiento de sus procesos y, en segundo lugar, como todos los costos asociados al proceso impactan en su estado de resultados.

El proceso de reciclado consiste en recuperar solventes utilizados con anterioridad con el objetivo de evitarle al cliente final su compra. La empresa recicladora se encuentra en el sector informal del mercado, por lo que no cuentan con controles de producción, planes de mejora continua, planificación de producción, ni análisis de sus costos que garanticen la optimización de los recursos dentro del proceso. En el siguiente trabajo de graduación se pretende analizar a detalle cada uno de estos elementos para comprobar cómo esto afecta al rendimiento productivo de la empresa y, de esa manera, proponer planes de mejora para identificar malas prácticas dentro de la empresa.

OBJETIVOS

General

Analizar los costos del proceso de recuperación de solventes que permita un control de operaciones internas.

Específicos

1. Determinar el porcentaje de recuperación en el proceso de reciclado de solventes.
2. Determinar el rendimiento del personal operativo en el manejo de la maquinaria.
3. Obtener los gastos de fabricación en los servicios básicos, así como electricidad y agua en el proceso de reciclado de solventes.
4. Obtener los costos de materia prima y mano de obra para el proceso de recuperación de solventes.
5. Analizar y proponer mejoras a la programación de producción actual de los diferentes solventes del proceso de recuperación de solventes.
6. Analizar el proceso actual de recuperación de solventes y aplicar sugerencias con nuevos diagramas de operaciones.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, en una empresa dedicada al procesamiento de reciclado de solventes en Guatemala se ofrece el servicio de procesar dos tipos de solventes: solvente de alcohol, utilizado para el mantenimiento de maquinaria; y solvente ecológico, orientado para la limpieza de sellos. La empresa recicladora ofrece el servicio de reciclado de estos solventes como una alternativa a su compra, en la cual el cliente final pueda ahorrar un 50 % del costo de la compra.

La finalidad del análisis y la evaluación de los costos en el proceso de recuperación de solventes es medir el rendimiento dentro de los dos diferentes procesos actuales; para dicha medición es necesario conocer a detalle todos los elementos que impactan en el costo de recuperar un tonel de solvente. En cada proceso de recuperación existe un desecho sólido provocado por el porcentaje no recuperable que existe en los solventes a procesar; se pretende analizar dichos porcentajes.

Además, actualmente la empresa no cuenta con una programación de producción que permita garantizar la optimización de los recursos. Por otro lado, para un solvente muy bajo en porcentaje de solvente reciclado mayor es el tiempo de procesamiento de su recuperación, factor que incide directamente en la utilización de energía eléctrica. Este es el costo más alto dentro de la operación. Se analizará el costo de cada uno de los procesos para identificar malas prácticas dentro del proceso de recuperación para, de esa manera, proponer planes de mejora continua, seguimiento y control.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Definición de contabilidad de costos

La contabilidad de costos es una herramienta no financiera que actualmente es utilizada para determinar el costo de un producto o servicio. El cálculo de costos funciona para asignar un valor en los inventarios, balances y, principalmente, para fijar precios que generen una ganancia. En la actualidad, las empresas tienen el gran reto de reducir los costos de los productos o servicios que ofrecen para poder ser competitivos en el mercado; para calcular el costo es necesario entender todas las tareas o actividades que hacen que el costo se incremente.

Es importante saber que la contabilidad de costos no es solamente determinar cuánto le cuesta al empresario producir un producto u ofrecer un servicio; la importancia es su análisis y la reducción de los costos. En la contabilidad de costos, la herramienta que se utiliza para determinar el costo de un producto es el estado de costos de producción. Esta herramienta es útil para conocer todas las operaciones que tienen un valor y que incrementan el costo del producto.

El detalle que brinda el estado de costos de producción permite analizar si algunas actividades involucradas dentro del proceso son o no necesarias. Dicho análisis puede ayudar a visualizar alternativas al proceso de producción actual. La tercerización, maquilación o *leasing* son algunas de las alternativas que pueden tomarse en consideración como sustitutas de algunas actividades que incrementen el costo.

1.2. Objetivos de la contabilidad de costos

Anteriormente se definió qué es la contabilidad de costos, ahora interesa conocer sus objetivos.

- Determinar el costo de producir y vender cada unidad de producto

Este es el objetivo principal de la contabilidad de costos; se desea saber cuánto cuesta producir y vender (o comercializar) una unidad de producto. Se dice que es el objetivo principal porque de esto depende el precio de venta que se lanza al mercado.

- Medir y mejorar la eficiencia

Este objetivo busca saber cómo está trabajando la empresa desde un punto de vista de eficiencia y como mejorarla. Conocer las actividades que aportan valor al proceso productivo es una herramienta para optimizar sus tareas.

- Contribuir a la planificación de la empresa

Mediante el análisis de costos se podrá planificar el futuro de la empresa.

- Registrar operaciones internas

Generalmente, siempre se registran las operaciones con terceros, así como compras y ventas. La contabilidad de costos va más allá y se interesa en registrar todas las operaciones internas, así como traslados y elaboración de productos, entre otros.

- Calcular el costo de una etapa de un proceso

Es importante determinar en qué concepto se consumieron los recursos y qué sector de la organización de la empresa lo consumió.

1.3. Elementos del costo

El costo total de cada unidad de producto está dividido en materia prima, mano de obra y gastos de fabricación.

1.3.1. Materia prima

“La materia prima es el primero de los elementos de producción; es el elemento natural o producto terminado de otra empresa que el empresario necesita consumir para elaborar una unidad de producto;”¹ estos elementos se transforman para obtener un nuevo producto terminado; sin este elemento sería imposible producir un producto porque no habría qué procesar. En ocasiones la materia prima se confunde con los materiales; los términos son diferentes y la diferencia es que la materia prima es parte constitutiva del producto mientras que un material es un elemento que se utiliza para que el producto se comercialice; por ejemplo, tapaderas, etiquetas, entre otros.

Existe una consideración muy importante al momento de analizar el costo: el costo de materia prima depende del consumo de esta materia prima, no de la compra. “Esto explica el hecho de que al momento cuando se adquiere una materia prima, esta pasa a ser un activo del empresario, pero el costo de esa

¹ OROZCO TORRES, Jairo. *CONTABILIDAD DE COSTOS*.
http://jotvirtual.ucoz.es/COSTOS/LA_CONTABILIDAD_DE_COSTOS.pdf

materia prima se convierte en un costo hasta el momento cuando se consume; sirve para el análisis de costos porque aparte del hecho de que hay que considerar el proceso de compras para lograr encontrar la materia prima más barata; también, será de importancia analizar la manera de optimizar su uso y no malgastarla.”²

1.3.2. Mano de obra

La mano de obra es el segundo elemento del costo y se representa por el valor de las personas empleadas para transformar la materia prima y convertirla en un producto apto para ser comercializado; también, implica el costo del tiempo que los trabajadores han empleado para transformar la materia prima en un producto terminado.

La mano de obra se divide en directa e indirecta; la mano de obra directa representa con el salario de los trabajadores, para ello, es necesario identificar el tiempo de elaboración de un producto y la cuota por hora que recibe el operario por la fabricación; por otra parte, la mano de obra indirecta no se relaciona directamente con el producto, por ejemplo, los sueldos de los supervisores de producción, quienes ayudan a la producción por el control que llevan, pero no tienen un contacto directo con la materia prima. Para calcular el costo de mano de obra solamente es necesario utilizar el siguiente modelo:

$$\text{Costo mano de obra} = \text{No. de horas trabajadas} * \text{Cuota por hora} * \text{No. empleados}$$

² MARULANDA CASTAÑO, Oscar. Universidad Nacional Abierta y a distancia. *Curso: costos y presupuestos*. <https://www.upg.mx/wp-content/uploads/2015/10/LIBRO-44-Curso-costos-y-presupuestos.pdf>

Esta operación es recomendable hacerla de forma individual porque quizás algunos operarios que tengan una remuneración diferente. Si ese fuera el caso, se calcula el costo de mano de obra por cada operario; por lo tanto, para saber el costo de mano de obra total se recurre a la sumatoria de todos los costos de mano de obra.

Para llevar un mejor control de ese costo, se recomienda llevar un control en una tabla de distribución de tiempo, como se muestra a continuación.

Tabla I. **Tarjeta de distribución de tiempo**

Tarjeta de distribución de tiempo				
Día No. _____				
Departamento _____				
Nombre _____				
Hora	Descripción del trabajo	Cuota por hora	Horas trabajadas	Observaciones

Fuente: elaboración propia.

1.3.3. Gastos de fabricación

El tercer elemento del costo lo representan los gastos de fabricación; estos incluyen todos los cargos sin relación directa con el producto, así como materia prima indirecta, salarios indirectos, servicios básicos, depreciaciones, amortizaciones, gastos de instalación, renta, entre otros. Para el cálculo de los

gastos de fabricación se acumulan los gastos y luego se distribuyen o prorratean según el departamento.

- Costos de distribución: se relaciona con los costos de comercialización, también, retribución de vendedores, impuestos, gastos de logística, gastos de importación.

1.4. Planeación y control presupuestario

Para el empresario es vital saber interpretar sus estados financieros para evaluar la posición financiera de la empresa, aunque el interés no solamente es conocer esa posición; por tal razón, es importante adaptar medidas correctivas para planificar una mejora de esos resultados.

El presupuesto juega un papel importante en la planificación y el control. Los presupuestos son expresiones cuantitativas y se sabe que los planes demuestran los objetivos a alcanzar. “Muchas empresas han caído en la banca rota por el simple hecho de no contar con un presupuesto, y muchas simplemente no han logrado crecer.³ Un presupuesto ayuda a la salud de una organización porque demuestra los recursos que se tienen, ayuda no solamente a planificar, también, ayuda a prevenir.

Por ejemplo, si se sabe que puede existir un futuro déficit de dinero se pueden tomar acciones correctivas para cobrar cuentas pendientes o no realizar compras en ese determinado momento. Algunas organizaciones han logrado que sus diferentes áreas trabajen conjuntamente gracias a una correcta planificación

³ FLORES JIMÉNEZ, Ivette. *El proceso de planificación y el presupuesto gubernamental*. https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/est/LI_AdminEst/Ivette_Flores/articulo_planificacion.pdf

y control presupuestarios. Debido a que el presupuesto se utiliza para planificar el futuro, se recomienda realizarlo para un año fiscal o por orden trabajo; algunas empresas lo comienzan a preparar en los últimos meses del año en curso para el año siguiente; otras lo actualizan constantemente, hacen un presupuesto mensual del próximo decimosegundo mes de manera que siempre tienen actualizado el de un año completo.

Los presupuestos se pueden elaborar con base en la información de proyecciones. En estas, se pueden adjuntar datos históricos y en algunos casos las opiniones de expertos en las áreas; por ejemplo, en el presupuesto de ventas se puede realizar primero una proyección de ventas, como se muestra a continuación.

Tabla II. **Presupuesto**

Presupuesto mes XX					
Día	Cliente	Producto	Monto [Q.]	Probabilidad	Total [Q.]
1	A	A	5 000	0,5	2 500
2	B	B	10 000	0,8	8 000
3	C	C	20 000	0,95	19 000
4	D	A	5 000	1	5 000
5	E	B	10 000	0,7	7 000
6	F	C	20 000	0,97	19 400
7	G	A	5 000	0,5	2 500
8	H	B	10 000	0,8	8 000
9	I	C	20 000	0,95	19 000
10	J	A	71 667	0,5	35 833
Total ponderado del mes					126 233

Fuente: elaboración propia.

La probabilidad en una proyección de ventas se realiza conjuntamente con un contralor y con una persona con experiencia en ventas; el vendedor intentará ser optimista y el contralor, por el contrario, pesimista. El ajuste de estas dos opiniones conforma la probabilidad; existen otros métodos que se deben mencionar y considerar en el resto de gastos.

El tamaño y el detalle de la planificación presupuestaria dependerán del tamaño de la empresa; si la empresa es grande es recomendable tomar en cuenta lo siguiente:

- Presupuesto de ventas
- Presupuesto de mano de obra directa
- Presupuesto de compras de materiales directos
- Presupuesto de inventario de artículos terminados
- Presupuesto de costo de artículos vendidos
- Presupuesto de investigación y desarrollo
- Presupuesto de gastos administrativos
- Presupuesto de gastos de comercialización
- Presupuesto de producción
- Presupuesto de costos indirectos

Dentro del presupuesto de gastos administrativos existe el estado de resultados proforma y el estado de capacidades de la organización. Como la empresa se encuentra dentro del mercado informal se considera aceptable tener al menos un presupuesto de ventas, de producción y de mano de obra directa; para efectos del estudio serán los únicos a tomar en cuenta.

- Presupuesto de ventas

El presupuesto de ventas debe ser aprobado por el comité de presupuesto; demuestra las unidades y el precio con el que se espera vender. Este es el más sencillo de realizar, únicamente consiste en multiplicar las unidades con el precio por unidad; para encontrar el precio aproximado total se busca la relación entre ventas totales y unidades totales vendidas. A continuación, se muestra un ejemplo.

Tabla III. **Presupuesto de ventas**

Presupuesto de ventas del año XX							
Bimestre	1	2	3	4	5	6	Total
Unidades	100	150	200	300	500	200	1 450
Precio por unidad [Q.]	5	10	15	5	7	10	8,21
Ventas [Q.]	500	1 500	3 000	1 500	3 500	1 900	11 900

Fuente: elaboración propia.

- Presupuesto de producción

Demuestra cuántas unidades se deben producir para cumplir con el presupuesto de ventas; por eso mismo, varias empresas al realizar su planeación y control presupuestario logran trabajar de una manera global. En la siguiente tabla se muestra un ejemplo.

Tabla IV. **Presupuesto de producción**

Presupuesto de Producción del año XX						
Bimestre	1	2	3	4	5	6
Ventas	100	150	200	300	500	200
Inventario final deseado	300	400	400	100	200	300
Necesidades totales	400	550	600	400	700	500
Menos: Inventarios inicial	100	500	500	100	100	200
Unidades por producir	300	50	100	300	600	300

Fuente: elaboración propia.

- Presupuesto de mano de obra directa

El presupuesto de mano de obra demuestra la cantidad de horas necesarias en función de las unidades necesarias a producir y el costo asociado; para ello, solo se necesita saber cómo dato adicional el total de horas necesarias para producir cada unidad. En la siguiente tabla se muestra un ejemplo.

Tabla V. **Presupuesto de mano de obra directa**

Presupuesto de mano de obra directa del año XX						
Bimestre	1	2	3	4	5	6
Tiempo de producción por unidad	1	0,5	2	1	3	0,75
Total, horas	300	25	200	300	1 800	4,5
Salario por hora [Q.]	14,50	14,50	14,50	14,50	14,50	14,50
Costo total de mano de obra [Q.]	4 350,00	362,50	2 900,00	4 350,00	26 100,00	65,25

Fuente: elaboración propia.

1.5. Pronósticos de producción

Tener un pronóstico de cuánto se debe producir tiene gran incidencia desde el punto de vista de los costos y de las ventas; desde el punto de vista de los costos es importante porque los costos indirectos de fabricación totales son una combinación de costos variables, fijos y mixtos; esto como consecuencia de que los costos fijos y mixtos por unidad se afectan por el nivel de producción; afecta desde el punto de vista de las ventas ya que el volumen de ventas tiene una relación directa con el volumen de producción; es decir, no se puede vender más de lo que se produce.

Según estas consideraciones, es necesario tener un pronóstico de producción. La mejor manera de realizar un pronóstico de producción es mediante técnicas estadísticas; se aplicará la técnica que sea conveniente según el patrón de la demanda.

- Técnica por promedios

Existen dos técnicas por promedios: movibles y sopesados.

- Promedios movibles

En un promedio movable simplemente se aplica un promedio de las demandas reales dentro del período de tiempo que se desea analizar. Para aplicar el promedio movable es necesario utilizar el siguiente modelo:

$$F = \frac{D_1 + D_2 + D_3 + D_n + D_{n+1} - D_1}{n}$$

Donde:

- D = demanda real de cada período
- n = cantidad de períodos en el promedio
- F = pronóstico

La única consideración al momento de aplicar este promedio es que cuando se desee actualizar el pronóstico se debe restar la demanda más antigua utilizada en el promedio y sumar la nueva que se desea; de esa manera siempre se mantiene actualizado el pronóstico. Se recomienda utilizar esta técnica cuando se tiene demandas del tipo horizontal o intermitente; no aplica para demandas del tipo de tendencia o estacionales ya que siempre proyectan la misma cantidad a lo largo del tiempo.

○ Promedios sopesados

Esta técnica se utiliza para darle cierto peso a un pronóstico anterior o a algún pronóstico viejo y darles peso a las últimas ventas de la siguiente manera:

$$\text{Nuevo pronóstico} = \text{Pronóstico anterior} + \alpha (\text{ventas} - \text{pronóstico anterior})$$

En donde α representa el peso que se le desea asignar a las ventas reales; es importante tener cuidado al momento de asignar α , que debe ser menor a 1, puesto que este representa un porcentaje. “Ambas técnicas de promedio son eficaces cuando existe una notable tendencia”⁴. Cómo determinar qué α utilizar es cuestión de criterio; muchos autores recomiendan que α oscile entre 0,1 y 0,2, dándole un mayor peso a pronósticos anteriores. Si actualmente se está

⁴ N. CHAPMAN, Stephen. *Planificación y control de la producción*. p. 28.

trabajando con promedio móvil y se desea cambiar a promedio sopesado se recomienda determinar el α de la siguiente manera:

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

Donde:

- n será el número de períodos con los que se estaba trabajando anteriormente en el promedio móvil.

1.6. Planificación de producción continua

El primer caso para planificar correctamente la producción continua es determinar la capacidad de producción dentro de la organización. Existen tres tipos de capacidades que afectan la producción: capacidad de diseño, capacidad efectiva y capacidad real.

La capacidad de diseño es la máxima producción teórica; esta supone que se trabaja bajo condiciones ideales (maquinaria y personal); da un dato de lo que realmente podría producir la empresa si se tuviera una eficiencia del 100 %. La capacidad efectiva tiende a ser más realista; brinda un valor esperado de las unidades producidas dentro de un lapso de tiempo; toma en cuenta que pueden existir factores que afecten a una condición ideal. La capacidad real es lo que realmente se produjo; no es un estimado sino es un resultado real dentro de un lapso determinado de las unidades producidas. Lo que se recomienda para una planificación de producción continua es trabajar bajo una capacidad de producción efectiva.

El segundo paso para planificar una producción continua es conocer el tiempo requerido para la producción; en este tiempo será necesario sumar el tiempo de traslado de la materia prima al área de trabajo; tiempo de preparación de maquinaria y recursos que intervienen en la producción; tiempo de operación de trasladar el producto terminado a donde se necesita.

Luego de determinar el tiempo requerido para la producción se tiene que conocer el tiempo disponible por operario; esto no presenta ningún problema cuando no se excede de las 44 horas semanales que se cuentan por ley; si se necesitara más de esas 44 horas dependiendo del número de operarios con los que se cuenta, se deberá tomar la decisión de contratar más personal o pagar horas extras de jornadas nocturnas. Una vez se conoce la capacidad de producción, el tiempo requerido y el tiempo disponible se procede a aplicar la planificación de producción según las necesidades de la empresa.

1.7. Programación

La programación dentro de una empresa es muy importante, como se mencionó anteriormente, la planificación de la producción es vital. La programación abarca la manera correcta en qué se deben asignar los recursos para minimizar tiempo y costos.

1.7.1. Asignación de órdenes a máquinas

Existen dos tipos de métodos: la regla de Johnson y el método de los índices; cada uno para una finalidad diferente, pero pueden trabajar conjuntamente para optimizar los procesos dentro de una empresa.

1.7.1.1. Regla de Johnson

La regla de Johnson es un método de programación con el objetivo de minimizar los tiempos muertos durante un proceso cuando se cuenta con dos maquinarias diferentes. El primer paso es listar los tiempos asociados a cada una de las máquinas; luego, se procede a seleccionar la operación que lleva menos tiempo; si esta operación es de la maquinaria uno, esa operación se programará primero; si la operación más corta se encuentra en la maquinaria dos, el trabajo se programará de último.

La regla de Johnson consiste en repetir ese procedimiento hasta que hayan terminado las operaciones; si existiese un empate, este se romperá de manera arbitraria. Por ejemplo, en la siguiente tabla se muestran los tiempos asociados a dos centros de trabajo diferentes; “se pretende buscar la óptima programación para minimizar el tiempo de procesamiento.”⁵ A continuación, se muestran los datos de una operación en la que se desean minimizar los tiempos muertos.

⁵ DE LA FUENTE, David; GARCÍA, Nazario; GÓMEZ, Alberto; PUENTE, Javier. *Organización de la producción en Ingenierías*. p. 143.

Tabla VI. **Regla de Johnson**

Operación	CT_1	CT_2
A	6	12
B	3	7
C	18	9
D	15	14
E	16	8
F	10	15

Fuente: elaboración propia.

Las actividades quedan ordenadas como se muestra en la tabla VII.

Tabla VII. **Paso 1: regla de Johnson**

B	A	F	D	C	E
---	---	---	---	---	---

Fuente: elaboración propia.

La operación B se registró hasta la izquierda por tener el tiempo más corto; la segunda operación de menor tiempo corresponde a la operación E; pero por ser del centro de trabajo dos, se sitúa hasta la derecha, y así sucesivamente. Los tiempos secuenciales quedan como se muestra a continuación.

Tabla VIII. **Paso 2: regla de Johnson**

CT_1	3	6	10	15	18	16
CT_2	7	12	15	14	9	8

Fuente: elaboración propia.

La única consideración que habría que tomar en cuenta es que el centro de trabajo dos no puede empezar a realizar la operación B hasta que la termina el centro de trabajo uno.

1.7.1.2. Método de índices

El método de índices o índice crítico es una regla de secuenciación con el objetivo de dar prioridad a los pedidos que se tienen pendientes. Para ello es importante haber definido la programación de producción. El índice crítico se calcula como en el siguiente modelo:

$$IC = \frac{F_{entrega} - F_{actual}}{días\ de\ trabajo\ restante}$$

En la tabla IX se muestran tres trabajos pendientes con sus fechas de entrega y días de trabajo restante; se aplicará el método de los índices para determinar a qué actividades darles prioridad.

Tabla IX. **Método de índices**

Trabajo	Fecha de entrega	Días de trabajo restantes
A	27	4
B	20	5
C	22	2

Fuente: elaboración propia.

Luego, se procede a utilizar el modelo del método de índices como se muestra a continuación:

$$IC_A = \frac{F_{entrega} - F_{actual}}{\text{días de trabajo restante}} = \frac{27 - 8}{4} = 4,75$$

De la misma manera se calcularon los índices de B y de C.

$$IC_B = 2,4 \text{ e } IC_C = 7$$

La teoría del método de los índices señala que, si este es menor a uno, lleva retraso con respecto al programa; si es igual a uno no lleva retraso y si es mayor a uno va por delante del programa. Para el ejemplo todos van delante del programa por ser mayores a uno. El que va mejor en tiempo es el trabajo C, el segundo mejor es el trabajo A y luego el trabajo B. Por lo tanto, es conveniente primero terminar el trabajo B, luego el trabajo A y por último el C.

1.7.1.3. Biorritmo

Es un método que se utiliza para programar al personal para el equipo de maquinaria y la herramienta en función a su estado de ánimo. El biorritmo es un método científico con el objetivo de programar a ese recurso humano que tenga el más alto desempeño para el momento cuando se necesite. Existen tres ciclos diferentes de las personas que varían según su fecha de nacimiento:

- Ciclo físico 23 días
- Ciclo emocional 28 días
- Ciclo intelectual 33 días

La técnica del biorritmo gráfica las curvas de los ciclos de las personas en curvas del tipo senoidal; según el ciclo así será su amplitud. Para calcular la amplitud se utiliza el siguiente modelo:

$$Amplitud = \frac{\text{sen}(360 * \# \text{ días después de nacimiento})}{\text{ciclo}}$$

El ciclo dependerá de la actividad en la que se desee que la persona trabaje. Esta técnica aumenta la eficiencia de producción del factor humano considerablemente. Para aplicarla, es necesario contar con la suficiente cantidad de personal para elegir el tipo de actividad.

1.7.2. Órdenes de trabajo

Una orden de trabajo es un documento que extiende la empresa y le entrega al cliente interno. La orden de trabajo contiene la información del trabajo que se realizará; tiene información del costo de los materiales, el tiempo para la

realización de ese trabajo, la ubicación dónde se realizará el trabajo y los datos personales de la persona que solicita la orden. Es común encontrarse con la orden de trabajo del tipo correctiva con la información del problema a solucionar; y la orden preventiva que, como su nombre lo indica, su objetivo es prevenir; el mantenimiento es la causa más común, generalmente, el mantenimiento de la maquinaria.

1.8. Métodos de valoración de salida de la materia prima

Los métodos de valoración de salida de la materia prima se utilizan cuando existe variedad en el precio unitario de adquisición de la materia prima; estos métodos de valoración son técnicas para seleccionar y aplicar una base para los inventarios. Actualmente, las técnicas más utilizadas son:

- Primeros en entrar, primero en salir (PEPS)
- Último en entrar, primero en salir (UEPS)
- Costo promedio
- Primero en entrar, primero en salir (PEPS)

“En el método PEPS la condición es que los primeros costos que entran al inventario serán los primeros costos que salen al costo de las mercancías vendidas.”⁶

Por ejemplo:

- El 01/01 se tiene un saldo inicial de 10 000 unidades a un precio unitario de Q 30,00.

⁶ T. HORNGREEN, Charles; T. HARRISON JR, Walter; SMITH BAMBER, Linda. *Contabilidad*. p. 355

- El 02/01 se compran 21 000 unidades a Q 25,00.
- El 03/01 se devuelven a almacén Q 1 000,00 del 1 de enero.
- El 06/01 salen Q 15 000 unidades.

En la tabla X se muestran los ingresos y egresos para la utilización del método PEPS.

Tabla X. **PEPS: ingresos y egresos**

Fecha	Operación	Ingresos			Egresos		
		Cantidad	Precio [Q]	Total [Q]	Cantidad	Precio [Q]	Total [Q]
01-Ene	Saldo	10 000	30,00	300 000,00			
02-Ene	Compra	21 000	25,00	525 000,00			
03-Ene	Devolución del 01-Ene				1 000	30,00	30 000,00
06-Ene	Salen a producción				15 000	[(9 000*30)+(6 000*25)]	420 000,00

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se muestra el saldo con la utilización del método PEPS.

Tabla XI. **PEPS: saldo**

Saldo			
Fecha	Cantidad	Precio	Total
01-Ene	10 000	30,00	Q 300 000,00
02-Ene	31 000	[(10 000*30)+(21 000*25)]	Q 825 000,00
03-Ene	30 000		Q 795 000,00
06-Ene	15 000	25,00	Q 375 000,00

Fuente: elaboración propia.

La información indica que el costo de la materia prima será de Q 375 000. Esa información es útil para calcular el estado de costo de producción y, posteriormente, el precio de venta. El costo unitario en valuación se obtiene del siguiente cálculo:

$$\text{Costo unitario} = \frac{Q\ 420\ 000,00}{15\ 000} = Q\ 28,00$$

- Último en entrar, primero en salir (UEPS)

En el método UEPS la condición es que los últimos costos que entran al inventario serán los primeros costos que salen al costo de las mercancías vendidas.

A continuación, se muestran los ingresos y egresos con la utilización del método UEPS.

Tabla XII. **UEPS: ingresos y egresos**

Fecha [enero]	Operación	Ingresos			Egresos		
		Cantidad	Precio [Q]	Total [Q]	Cantidad	Precio [Q]	Total [Q]
01	Saldo	10 000	30	300 000,00			
02	Compra	21 000	25	525 000,00			
03	Devolución del 01-Ene				1 000	30,00	Q 30 000,00
06	Salen				15 000	25,00	Q 375 000,00

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se muestra el saldo con la utilización del método UEPS.

Tabla XIII. **UEPS: saldo**

Saldo			
Fecha	Cantidad	Precio [Q]	Total [Q]
01-Ene	10,000	30,00	300 000,00
02-Ene	31,000	[(10 000*30)+(21 000)(25)]	825 000,00
03-Ene	30,000	[(9 000*30)+(21 000*25)]	795 000,00
06-Ene	15,000	[(9 000*30)+(6 000*25)]	420 000,00

Fuente: elaboración propia.

La utilización del método dependerá del criterio y del resultado. El costo unitario en valuación se obtiene del siguiente cálculo:

$$\text{Costo unitario} = \frac{Q\ 375\ 000,00}{15\ 000} = Q\ 25,00$$

- Costo promedio

En este método la condición es que el costo de las mercancías vendidas es un promedio de los costos que entran al inventario a través del tiempo, es decir, si hay un incremento o un decremento en el costo durante un período, se utiliza el promedio de esos costos. Para el siguiente ejemplo se utilizaron los mismos datos que PEPS y UEPS, que se muestra a continuación.

Tabla XIV. **Ejemplo costo promedio**

Fecha [enero]	Concepto	Unidades			Costo [Q]	costo prom [Q]	Valores		
		Entrada	Salida	Exist.			Debe [Q]	Haber [Q]	Saldo [Q]
01	Saldo	10 000		10 000	30	30	300 000		300 000
02	Compra	21 000		31 000	25	26,61	525 000		825 000
03	Devolución		1 000	30 000		26,61		26 612,90	798 387,10
06	Salen		15 000	15 000		26,61		399 193,55	399 193,55

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se muestran los costos unitarios en valuación con la utilización de cada uno de los métodos.

- PEPS: Q 28,00
- UEPS: Q 25,00
- Promedio: Q 26,61

En esta ocasión fue más conveniente la utilización del método UEPS, es conveniente utilizar los tres métodos para determinar cuál es el conveniente.

1.9. Eficiencia y eficacia

Para lograr la productividad dentro de una empresa son necesarias la eficiencia y la eficacia; no se puede lograr ser productivo si una de estas faltase. La eficiencia se refiere a la cantidad obtenida con el mínimo de recursos utilizados y la eficacia se refiere al cumplimiento de los objetivos, metas o estándares de la empresa. Ambas deben ser medidas cuantitativamente, para ello se hace el uso de indicadores.

Para medir la eficiencia se utilizan como indicadores los tiempos muertos, los desperdicios, el porcentaje de utilización en función con la capacidad instalada; para medir la eficacia se utilizan los indicadores de cumplimiento con las metas de producción, las metas de ventas y la satisfacción del cliente que se traduce en las demoras en los tiempos de entrega y el impacto en los costos.

En conclusión, desde un punto de vista sistemático si desea ser rentable dentro de la empresa, es necesario ser productivo; para ser productivo se tiene que ser eficaz y eficiente, y para medir si se está siendo o no y aplicar medidas correctivas si fuera necesario, son necesarios los indicadores de desempeño para cada uno.

1.10. Diagramas de procesos

Dentro de una empresa al momento de tener un proceso productivo, es necesario conocer todos los pasos a detalle de ese proceso para calcular el

tiempo, el costo de mano de obra asociada, para proponer constantes mejoras al proceso para mejorar la productividad dentro de la empresa.

El diagrama de procesos es una herramienta de registro y análisis que muestra la secuencia cronológica de todas las actividades involucradas dentro de un proceso, desde la obtención de materia prima hasta el empaque del producto.

El diagrama de procesos permite con símbolos diferenciar entre operaciones, transporte, almacenamiento, retrasos e inspecciones, y el tiempo asociado a cada una de esas actividades; de esa manera se pueden identificar mejoras de algunas operaciones que sean innecesarias, o que se puedan combinar con alguna otra operación para optimizar el proceso.

A continuación, se muestra el ejemplo de un diagrama de procesos.

Figura 1. Ejemplo Diagrama de Procesos

Página	1 de 1	Método actual	x	Método propuesto			
Proceso	Elaboración perro caliente						
Resumen			Operación	Transporte	Almacenamiento	Demora	Inspección
Cantidad total		12	8	2	2	1	1
Tiempo total (seg)		720 seg	500	90	90	60	70
Distancia total (mts)		101 metro	0	101 mts	101 mts	0	0

Actividades	●	■	➔	D	▼	Tiempo	Distancia	Observaciones
1 Alistar la materia prima.						1 min 10 seg		Alistar y revisar el estado del producto.
2 Sacar las salchichas del empaque.						5 seg		
3 Cocinar las salchichas en agua.						5 min		
4 Tajar el pan.						30 seg		El pan debe abrirse por la mitad sin despegarlo en su
5 Trasladar el pan hasta el horno.						30 seg	1 metro	
6 Esperar hasta que el pan este dorado.						1 min 10 seg		
7 Poner la salchicha en medio del pan.						10 seg		
8 Agregar los vegetales (cebolla)						35 seg		
9 Agregar pollo y champiñón.						25 seg		
10 Agregar papas picada.						25 seg		
11 Agregar salsas.						1 min 10 seg		
12 Entrega final.						1 min	100 metros	

Fuente: MONTERROSO, Carlos. <https://blog.conducetuempresa.com/2016/05/dop.html>.

Como se muestra en el diagrama, tiene todos los elementos necesarios, un encabezado que indica el proceso que se analiza, el tiempo total de la operación desglosado en sus respectivas actividades, indica el método actual, el número de página y la secuencia lógica de la operación.

1.11. Análisis de la operación

El análisis de la operación tiene el objetivo principal de incrementar la productividad y reducir los costos. La esencia del análisis de la operación es cuestionar todas las operaciones con el 'por qué', con el objetivo de encontrar

mejoras a las operaciones improductivas, eliminar operaciones innecesarias, por ejemplo, inspecciones con un porcentaje de rechazo muy bajo y que no es necesario hacerlas.

Plantearse la pregunta sobre si es necesario hacer una operación es muy importante; antes de pensar en cómo mejorar una actividad hay que pensar si se puede eliminar o combinar con alguna otra; de esa manera se evita alguna posible regresión en la mejora de una actividad. Hay ocasiones cuando existen actividades como consecuencia de no realizar correctamente una actividad anterior, por ejemplo, el hecho de tener que retocar una pieza por haberla sometido anteriormente⁷ a una actividad más alta de lo que debería haberse sometido.

El diseño de las partes es otro aspecto importante del análisis de la operación; de esta manera se logra reducir el desperdicio y, por ende, los costos. Este estudio no es una tarea fácil ya que implica conocimientos de ingeniería mecánica.

Por otro lado, las tolerancias representan un punto muy importante para reducir costos. Muchos diseñadores tienden a ser muy estrictos en cuanto a la tolerancia para cerciorarse de que se fabricará con las dimensiones correctas o simplemente no tienen conocimiento del costo que implica tanta severidad en la tolerancia. Existe una relación muy fuerte entre el costo y la tolerancia, centésimas de milímetros pueden alterar considerablemente ya que la relación es del tipo exponencial, y, por ende, esto implica un alza en el precio de venta.

⁷ NIEBEL, Benjamín. *Ingeniería Industrial: método, estándares y diseño de trabajo*. p. 120

1.12. Medición del trabajo

La medición del trabajo es un conjunto de técnicas utilizadas para obtener el tiempo que un operario invierte en una operación. Medición del trabajo no es lo mismo que estudio de tiempos, ya que el estudio de tiempos solamente es una de esas técnicas. La medición del trabajo tiene como objetivo eliminar los tiempos improductivos o tiempos muertos; es básicamente la aplicación de la ingeniería de métodos, ya que se recurren a todos los diagramas que involucren tiempos, diagramas de procesos, diagramas hombre-máquina, y todo análisis de tiempos.

La manera básica de realizar una medición de tiempo es seleccionar la operación que se desea analizar; buscar registros anteriores donde se tenga toda la información y los datos relativos a la circunstancia; examinar los datos registrados y, si se hizo un análisis anterior, verificar si los métodos son los más eficaces. Luego, se procede a medir la cantidad de trabajo de cada elemento para realizar la propia medición de trabajo; después, se compilan esos nuevos datos y se determina el tiempo estándar y, luego, se definen las nuevas actividades.

Como se indicó anteriormente, la medición del trabajo abarca diferentes técnicas: muestreo del trabajo, estimación estructurada, estudio de tiempos, normas de tiempo predeterminadas, datos tipo. El estudio de tiempos es de las técnicas más utilizadas por ser eficaz y porque permite confrontar la realidad de los sistemas productivos dentro de la empresa.

1.13. Reciclado de solventes

El reciclado de solventes es la separación de diferentes impurezas por medio de destilación; el objetivo es recuperar el componente, o al menos en un

alto porcentaje del componente original para reducir costos. Muchas empresas recurren a esta práctica porque, en algunos casos, el costo es un 50 % menor que comprar los componentes puros que no hayan sido procesados; además de la reducción de costos, también se le ha tomado mucha importancia últimamente por su contribución al ambiente.

El porcentaje de recuperación de los solventes dependerá en gran medida del porcentaje de sustancia pura que queda restante del total de componente que se desea recuperar; algunas empresas americanas han logrado adaptar su planta de producción para allí mismo tener un proceso de reciclado de solventes para sus propios componentes. Esto requiere un análisis previo, ya que los costos de tener un proceso de recuperación de solventes adicional al proceso primordial para el que se dedica la empresa son muy altos; para que sea rentable, la cantidad que se desee recuperar debe ser muy alta; por esa razón, muchas empresas terciarizan el servicio.

2. PROCESO DE RECUPERACIÓN DE SOLVENTES

2.1. Descripción del producto

Actualmente, para algunas empresas es un problema económico el costo de los diferentes solventes que se utilizan dentro de sus plantas; Reciclados San José es una solución; se encarga de reciclar el solvente que esas empresas desechan en sus operaciones y logra así ahorrar hasta un 50 % del costo y un mejor manejo del desperdicio. Existen dos productos diferentes que Reciclados San José se encarga de recuperar: el solvente alcohólico (de tintas o alcoholes) y el solvente ecológico.

- Solvente de tintas o alcoholes: el solvente de tintas o alcoholes es utilizado para la limpieza de máquinas de impresión de empaques flexibles y corte o preparación de tinta.
- Solvente ecológico: se utiliza para lavado de planchas de fotopolímero (rebaja el grosor de las planchas según la medida necesaria).

2.2. Materia prima

Como se definió anteriormente, la materia prima es el primer elemento del costo, y básicamente es un elemento que se transforma para obtener el producto terminado. En Reciclados San José no es la excepción, el elemento que se transforma es el solvente desecho por alguna empresa, y la transformación consiste en la recuperación del solvente reutilizable. Sin embargo, en este caso se presenta una peculiaridad, la materia prima no representa un costo. Esto se debe a que el proveedor de materia prima es el cliente, la empresa recibe el

solvente a recuperar, se encarga de transformarla con su maquinaria y la devuelve al proveedor (cliente).

2.3. Descripción del equipo

Actualmente, el equipo utilizado en Reciclados San José es el siguiente: la maquinaria, el montacargas, los toneles, los bins y el uniforme del operario. Se ha encontrado deficiencia en el equipo. Se cuenta con guantes y mascarillas, sin embargo, los operarios no hacen uso del equipo proporcionado por negligencia; se considera de importancia apoyar en el aspecto de la seguridad industrial para evitar el costo de un posible accidente al momento de trabajar en un proceso que requiera de altas temperaturas.

2.4. Maquinaria

En Reciclados San José existen dos tipos de maquinaria: una se utiliza generalmente para recuperar solvente de tintas o alcoholes y la otra para recuperar solvente ecológico.

2.4.1. Maquinaria tipo 1

La maquinaria tipo 1 es la encargada de recuperar el solvente de tintas o alcoholes; lo realiza por medio de destilación simple; posteriormente, se referirá a esta máquina como máquina 1.

2.4.2. Maquinaria tipo 2

La maquinaria tipo 2 es la encargada de recuperar el solvente ecológico, la diferencia entre el tipo uno y el tipo dos es que esta cuenta con bomba de vacío.

La razón de la bomba de vacío es porque el solvente ecológico es tres veces más denso que el solvente de tintas o alcoholes; por ende, se necesita una fuerza adicional para extraer el solvente; posteriormente, se referirá a esta máquina como máquina 2.

2.5. Porcentaje de recuperación en el proceso de recuperación de solventes

De acuerdo a la documentación que se cuenta dentro de la empresa se sabe que el solvente ecológico tiene un porcentaje de recuperación mayor al solvente de tintas o alcoholes, esto se debe a que la maquinaria que se encarga de recuperar el solvente ecológico cuenta con controles automáticos que detectan el porcentaje del sólido y controlan que este sea bajo. En la siguiente tabla se aprecian las relaciones de recuperación y desecho de los diferentes solventes sometidos al proceso.

Tabla XV. **Relación de porcentaje de solvente recuperable**

Tipo de solvente	Porcentaje recuperable	Porcentaje no recuperable
Solvente de tintas o alcoholes	70 %	30 %
Solvente ecológico	85 %	15 %

Fuente: elaboración propia.

2.6. Productividad en el proceso de recuperación de solventes

La productividad se define como la relación entre ingresos y recursos utilizados; además, hay otros factores que afectan la productividad: capital, trabajo, entre otros. En este caso en particular, interesará conocer la

productividad en función de los ingresos. Para ello, se procedió a calcular una productividad parcial por cada costo para calcular la productividad total en el proceso de recuperación de solventes. La siguiente tabla muestra los costos asociados.

Tabla XVI. **Costos para productividad**

Costo	Solvente de alcoholes [Q]	Solvente ecológico [Q]
Mano de obra	12 000,00	3 000,00
Mantenimiento	466,66	116,67
Alquiler montacargas	3 200,00	800,00
Seguros	4 000,00	1 000,00
Manejo de sólidos	12 800,00	3 200,00
Alquiler bodega	9 600,00	2 400,00
Caja chica	2 400,00	600,00
Aire acondicionado	320,00	80,00
Costos indirectos de fabricación	32 787,00	8 197,00
Energía eléctrica	24 000,00	6 000,00
Costo de distribución	8 000,00	2 000,00

Fuente: elaboración propia.

Luego de haber calculado los costos se procedió a calcular la productividad parcial por cada costo para finalmente saber la productividad total del proceso de recuperación de solventes. Para el cálculo de productividad se utilizó el siguiente modelo:

$$P = \frac{\text{ingresos}}{\text{recursos utilizados}}$$

Los recursos utilizados son los gastos y los ingresos de las ventas totales. En la siguiente tabla se muestra la productividad parcial y la productividad total.

Tabla XVII. **Productividades parciales**

Descripción	Solvente de alcoholes [Q]	Solvente ecológico [Q]
Mano de obra	23,07	92,26
Costos indirectos de fabricación	8,44	33,77
Energía eléctrica	11,53	46,13
Costo de distribución	34,60	138,39
Productividad total	3,60	14,42

Fuente: elaboración propia.

2.7. Planificación de producción actual

La planificación de producción actual en reciclados San José es simple, esta se realiza una vez por semana y es en función al consumo por cliente. Los días lunes se revisan las órdenes de trabajo; si una orden de trabajo es nueva, esta será la última en ser atendida; a excepción si fuera una emergencia se puede programar como prioritaria.

2.8. Procedimiento del proceso de producción actual

El procedimiento del proceso de producción actual para la recuperación de solvente de tintas es el siguiente:

- Cargar la máquina
- Encender máquina

- Ingresar al programa de la máquina
- Programar el tiempo de destilado para solvente de tintas en 480 minutos
- Programar temperatura a 170 grados
- Programar la temperatura de vapor a 90 grados
- Programar la temperatura de descarga del solvente a 50 grados
- Oprimir tecla de iniciar proceso

El procedimiento de carga para destilar solvente sucio con bomba de vacío es el siguiente:

- Esperar a que termine el ciclo de maquinado.
- Alistar tonel de sólidos para descarga.
- Poner manguera gruesa y abrir la llave de alivio de máquina para quitar presión.
- Voltar cuidadosamente la máquina para descargar los desechos.
- Abrir llave de descarga y esperar que se vacíen sólidos.
- Cerrar llave de descarga.
- Cerrar llave de alivio.
- Colocar en máquina, tonel con solvente sucio el cual se va a reciclar y abrir para su revisión visual.
- Colocar manguera de llenado en máquina, revisar que esté bien colocada.
- Colocar manguera de descarga de máquina en tanque de vacío.
- Revisar que llaves de tanque vacío estén cerradas.
- Encender bomba de vacío.
- Abrir llave 1 del tanque de vacío y esperar 2 minutos para que el tanque tome vacío.
- Colocar manguera de llenado en tonel con el solvente sucio y abrir llave de manguera de llenado.

- Abrir llave 2 del tanque de vacío.
- Revisar que esté succionando el solvente sucio.
- Encender y programar la máquina cuando se haya completado un anillo del tonel.
- Revisar y esperar llenado de máquina.
- Cerrar llave de carga.
- Revisar reciclado de máquina.

2.9. Manejo actual en órdenes de trabajo

Al igual que en la planificación de producción, las órdenes de trabajo tienen una secuencia similar.

- Ingresa correo del cliente.
- Se realiza orden de trabajo con las especificaciones.
- La orden se programa como la última en la lista a menos que sea una urgencia solicitada por el cliente.

2.10. Diagnóstico de situación actual

El diagnóstico de la situación actual se puede resumir en todas las prácticas que la empresa tiene en la actualidad; este diagnóstico será de utilidad para posteriormente saber dónde analizar el costo para optimizar el proceso de recuperación de solventes; el diagnóstico se resume en la siguiente tabla.

Tabla XVIII. **Diagnóstico de la situación actual**

Descripción.	Diagnóstico.
Materia prima.	El costo de materia prima es cero.
Maquinaria.	No se tiene un precedente del porcentaje de recuperación en función de la maquinaria.
Productividad en el proceso de recuperación de solventes.	<ul style="list-style-type: none"> • Alquiler de montacargas: no se cuenta con un comparativo de alquilar el montacargas versus comprarlo. • Energía eléctrica: no se cuenta con un orden de producción para no afectar el costo más alto que es el de la energía eléctrica.
Planificación de producción actual.	No se cuenta con una metodología en la planificación de la producción.

Fuente: elaboración propia.

Existen oportunidades de mejora en las debilidades según el diagnóstico. No tener un precedente del porcentaje de recuperación en función de la maquinaria es un problema. Se sabe que cierta maquinaria recupera más el solvente, pero no en qué porcentaje; esto recae en no tener una metodología en la planificación de producción.

Se considera de importancia implementar una metodología para asignar solvente de alcoholes o tinta a la maquinaria que comúnmente solo se encarga de los solventes ecológicos; de esa manera, se puede tener una manera más

ordenada de producir y aumentar el porcentaje de recuperación en los solventes de alcoholes o tintas.

Por otro lado, no se cuenta con un análisis de costos de la compra de un montacargas por lo que habrá que realizarlo posteriormente. “Por último, el costo de energía eléctrica es el más alto con el que se cuenta actualmente; se sabe que si dos máquinas trabajan al mismo tiempo hacen que el consumo de energía se eleve de manera considerable; por lo que habrá que analizar si la programación de producción incide en ese costo.”⁸

2.11. Diagrama de procesos actuales

A continuación, se muestra el único diagrama con el que cuenta Reciclados San José; se observa que no tienen una toma de tiempos de las operaciones. En la siguiente figura se muestra el resumen y el diagrama de procesos que se tienen actualmente.

⁸ NIEBEL, Benjamín. *Ingeniería industrial: método, estándares y diseño de trabajo*. 122 p.

Figura 2. Diagrama del proceso actual

No.	Descripción	Símbolo					Observaciones
		●	■	◐	▼	➔	
1	Ingresa la materia prima (solvente a reciclar) en toneles a bodega.				●		
2	Se coloca el tonel con el solvente sucio a reciclar a un costado de la máquina recicladora.				▼	➔	
3	Se enciende la máquina para que realice la succión del solvente sucio e inicie el ingreso del solvente.	●					
4	Se coloca la manguera que sale de la máquina para succionar el solvente dentro del contenedor.	●					
5	La máquina realiza la purificación del solvente que succionó del contenedor, a través de un proceso de evaporación.			◐			
6	Se coloca a un contenedor limpio en el otro costado de la máquina para que reciba el solvente ya limpio que genera la máquina luego de la purificación.	●					
7	Al momento de que la máquina expulsa el solvente ya purificado, se supervisa que este vaya con la calidad deseada.				▼		
8	Se apaga la máquina recicladora y se realiza la limpieza de las mangueras.	●					
9	Se extraen muestras al solvente ya purificado que se encuentra dentro del contenedor para supervisión final.				▼		
10	Se cierra y sella el contenedor luego de la supervisión y se rotula con un <i>sticker</i> que indica autorizado.	●					
11	Se coloca un <i>sticker</i> al contenedor que identifica al cliente al cuál pertenece el solvente ya listo para entrega.	●					
12	El contenedor ya identificado se coloca en el área de despacho.				▼	➔	
13	El contenedor se almacena listo para entregarlo al cliente.				●		
Total		6	2	1	2	2	

Fuente: elaboración propia.

3. ANÁLISIS DE LOS COSTOS DEL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE SOLVENTES

3.1. Costo del manejo de la maquinaria

Para determinar el costo de producción en el proceso de recuperación de solventes es necesario calcular todos los costos que intervienen en el proceso. Uno es el costo de la maquinaria, que generalmente será por los gastos de electricidad y depreciación de maquinaria o *leasing*. La razón por la que se decide analizar el gasto de electricidad en concepto del uso de la maquinaria es para ilustrar el hecho de que este costo será variable según el tipo de maquinaria que se utilice.

Energía eléctrica por maquinaria:

- Energía eléctrica para solvente de alcoholes (maquinaria 1)
- Energía eléctrica para solvente ecológico (maquinaria 2)

A continuación, se muestra el costo mensual de la energía eléctrica en cada una de las máquinas.

Tabla XIX. Costo mensual, energía eléctrica

Tipo de solvente	Costo mensual [Q]
Maquinaria 1	24 000,00
Maquinaria 2	6 000,00

Fuente: elaboración propia.

Como se observa, el costo de utilizar la maquinaria cuando se recicla solvente de alcoholes es mucho mayor a reciclar solvente ecológico. El costo total de ambas es de Q 30 000,00; si se desea analizar el porcentaje que representa cada una de las máquinas en función al costo, se tiene:

$$\% \text{ costo maquinaria 1} = \frac{Q 24 000,00}{Q 30 000,00} * 100 = 80 \%$$

$$\% \text{ costo maquinaria 2} = \frac{Q 6 000,00}{Q 30 000,00} = 20 \%$$

- Mantenimiento

Otro aspecto importante a considerar en el costo de manejo de maquinaria es su mantenimiento. Se tiene programado un servicio completo en cuyo principal objetivo es la revisión de las resistencias; esta revisión tiene un costo de Q1 500,00; adicional, según el histórico, suceden en promedio dos emergencias al año, en las que se necesita revisión de la maquinaria, dicha revisión es por Q 500,00. Para obtener el costo mensual se divide el costo trimestral en tres partes, y las emergencias en doce partes iguales; los resultados se muestran en tabla.

Tabla XX. **Costo de mantenimiento de la maquinaria**

Tipo de revisión	Costo mensual [Q]
Rutinario trimestral	500,00
Emergencia anual	83,33

Fuente: elaboración propia.

Para establecer el costo total del manejo de maquinaria se suman los dos gastos de energía y los dos tipos de mantenimiento que hace un total de Q 30 583,33 mensuales. Es importante tomar en cuenta que este costo, tanto de energía eléctrica por la diferente maquinaria, como de mantenimiento deberán sumarse en los gastos de fabricación.

3.2. Costo de mano de obra

Dentro de la empresa recicladora existen dos tipos de mano de obra: directa e indirecta. Se analizarán los sueldos del personal que, de alguna manera, interviene en el proceso de recuperación de solvente y sin quienes sin sería imposible la transformación.

3.2.1. Mano de obra directa

Como se definió anteriormente, el costo de mano de obra se refiere al esfuerzo humano necesario para transformar la materia prima. Se entiende que por mano de obra directa únicamente se tomará en cuenta aquella que interviene en forma precisa en la transformación.

Actualmente, en la empresa recicladora únicamente existen tres operarios que contribuyen en la recuperación de solventes. Cada trabajador devenga Q 3 000,00 mensuales, además de las prestaciones de ley. Por lo cual el cálculo de la mano de obra directa se reduce a:

$$\text{Costo MOD} = 3 \text{ operarios} * \frac{Q 3 000,00}{\text{mes}} * 12 * 1,25 = Q 135 000,00 \text{ anuales}$$

3.2.2. Mano de obra indirecta

El costo de mano de obra indirecta involucra a aquellas personas que ayudan a la recuperación del solvente, pero no tienen un contacto directo con este. En la empresa recicladora se cuenta con los salarios del gerente de operaciones y del contador, los cuales ascienden a Q 30 000,00 y Q 6 000,00, respectivamente.

3.3. Gastos de fabricación del proceso de recuperación de solventes

Para facilitar el cálculo mensual de los gastos de fabricación se dividirá en costo variable proyectado y costo fijo. Se demostrará cada uno, y para su cálculo posterior, se deberá modificar el costo variable y al que se le sumará el costo fijo.

3.3.1. Costo variable proyectado de gastos de fabricación

Como se indicó, se mostrarán los costos variables actuales en los gastos de fabricación. Generalmente, estos gastos siguen una tendencia, sin embargo, deberán ser modificados al momento de calcularlos. Para el mes de marzo de 2017, los gastos se distribuyeron como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XXI. **Gastos variables de fabricación**

Variables	
Materia prima indirecta	
Plásticos	Q 1 000,00
Adhesivos	Q 500,00
Carga fabril	
Energía eléctrica	Q 30 000,00
Agua	Q 2 000,00
Teléfono	Q 3 000,00
Manejo de sólidos	Q 11 000,00
Transporte	Q 10 000,00
	Q 57 500,00

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a los gastos variables de fabricación en la empresa recicladora están los gastos de materia prima indirecta, que son todos aquellos materiales que no forman parte del producto, pero son útiles para su entrega. En este caso, plásticos para envolver los toneles y adhesivos para identificar cada tonel producido. En carga fabril, energía eléctrica, como se vio anteriormente está conformado por energía para el proceso de reciclar solvente de alcoholes y la otra parte para solvente ecológico, agua, transporte (costo de distribución) y teléfono.

En cuanto al manejo de sólidos se refiere a las cantidades que no se pudieron recuperar en el proceso de reciclaje de solventes y quedó en forma de sólido, este cargo dependerá de la cantidad recuperada durante el mes. Por

razones ambientales, no se puede desechar como un desecho común, por requerimiento del Ministerio de Ambiente tiene que someterse a un proceso de incineración; dicho proceso se realiza por medio de un contratista externo y tiene un costo de Q 1 000,00 por tonelada de sólido. En promedio, se logra recuperar en un 80 % del solvente sometido al proceso. Para el mes que se está analizando, se obtuvo una cantidad total de 50 toneladas de solvente recuperado y 10 correspondiente a desechos sólidos.

3.3.2. Costo fijo proyectado de gastos de fabricación

Para el cálculo de gastos de fabricación se deberán tomar en cuenta diferentes factores, como la depreciación de activos en la fábrica. Como la empresa recicladora alquila el edificio, el único activo que deberá tomarse en cuenta para su depreciación es la maquinaria, para lo cual se aplica el método de depreciación en línea recta según el artículo 18 del Decreto 26-92 (*Ley del impuesto sobre la renta*). Se cuenta con dos máquinas correspondientes al rubro maquinaria 1 y dos máquinas correspondientes al rubro maquinaria 2. Las inversiones iniciales y los años de compra se detallan en la siguiente tabla.

Tabla XXII. **Inversiones iniciales en maquinaria**

Máquina	Tipo de maquinaria	Inversión inicial	Año de compra	Vida útil en años
Máquina A	Maquinaria 1	Q 600 000,00	2008	5
Máquina B	Maquinaria 1	Q 725 000,00	2010	5
Máquina C	Maquinaria 2	Q 400 000,00	2009	5
Máquina D	Maquinaria 2	Q 450 000,00	2011	5

Fuente: elaboración propia.

Como se utilizará el método de depreciación lineal, únicamente se deberá hacer la relación de inversión inicial – meses de vida útil, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XXIII. **Relación, inversión inicial Vs. meses de vida útil**

Máquina 1	Inversión inicial	Número de meses	Depreciación mensual
Máquina A	Q 600 000,00	60	Q 10 000,00
Máquina B	Q 725 000,00	60	Q 12 083,33
Máquina C	Q 400 000,00	60	Q 6 666,67
Máquina D	Q 450 000,00	60	Q 7 500,00

Fuente: elaboración propia.

Dicha depreciación se deberá tomar en cuenta dentro de los libros; tomar en cuenta que, al finalizar el período de vida útil de la maquinaria, aunque la maquinaria siga siendo de utilidad para la empresa, contablemente se puede expresar con un valor simbólico de Q 1,00. Los costos fijos en los gastos de fabricación de la empresa recicladora se detallan en la siguiente tabla.

Tabla XXIV. **Gastos fijos de fabricación**

FIJOS	
Mano de obra indirecta	
Gerente de operaciones	Q 30 000,00
Contabilidad	Q 6 000,00
Honorarios asesores técnico	Q 10 000,00
Limpieza de planta	Q 3 000,00
Carga fabril	
Depreciación maquinaria	Q 36 250,00
Seguros	Q 6 000,00
Mantenimiento maquinaria	Q 583,33
Mantenimiento planta	Q 1 000,00
Alquiler de planta	Q 10 000,00
Alquiler montacargas	Q 4 000,00
Gastos de ventas	Q 1 500,00
Insumos de fábrica	
Combustible montacargas	Q 200,00
	Q 108 533,33

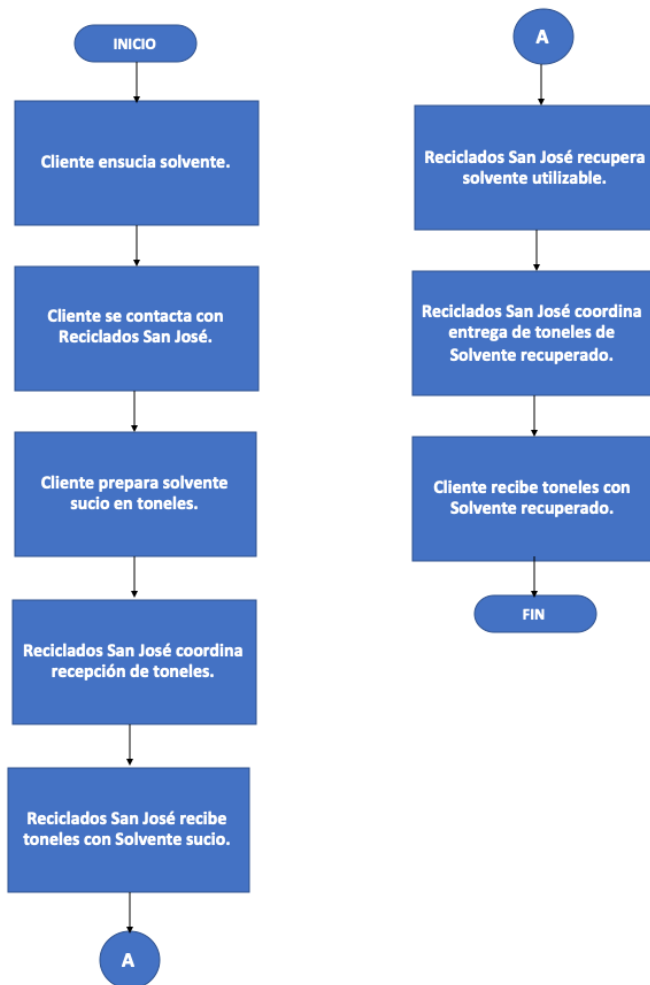
Fuente: elaboración propia.

3.4. Costo de materia prima

La materia prima es el elemento natural que por medio del recurso humano se transformará en un producto terminado. En la empresa recicladora ocurre un fenómeno interesante: no existe costo de materia prima. Esto se debe a que la

empresa no invierte en ese 'elemento natural'. A continuación, se detalla el proceso de entrega de la materia prima.

Figura 3. **Proceso de entrega de la materia prima**



Fuente: elaboración propia.

Como se mostró en el diagrama, la materia prima que la empresa recicladora utiliza es entregada por sus mismos clientes; se podría pensar que el costo es cero; sin embargo, hay que considerar la utilidad que deja de generarse

debido a que el precio de venta de Reciclados San José es un 50 % menor al precio de venta del mercado. El precio de venta del mercado de 1 tonel es de Q 10 950,00 y el precio de venta de Reciclados San José es de Q 5 575,00; por lo tanto, el costo de la materia prima será la diferencia entre ambos precios de venta.

$$\text{Costo MP} = Q 10 950,00 - Q 5 575,00 = Q 5 575,00 * 50 \text{ toneles} = Q 273 500,00$$

3.5. Determinación del costo de producción

Una vez se hayan analizado los anteriores costos, se podrá determinar el costo de producción mediante la siguiente ecuación:

$$"CDP = MPD + MOD + CIF^9$$

Donde:

- CDP: costo de producción
- MPD: materia prima directa
- MOD: mano de obra directa
- CIF: costos indirectos de fabricación

Se reúnen los datos anteriores, según los cuales MPD para este caso será con valor cero, MOD Q 9 000,00 (sin incluir las prestaciones de ley) y para el cálculo de costos indirectos de fabricación se suman los fijos con los variables. El costo de producción para el mes de análisis se detalla en la siguiente tabla.

⁹ CORONADO, Carlos. Costo de producción.
http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/elena/repaso_de_conceptos

Tabla XXV. **Costo de producción del proceso de recuperación**

Materia prima directa	Q 278 750,00	
Mano de obra directa	Q 9 000.00	
Costo primo	Q 287 750,00	Q 287 750,00
Gastos fijos de fabricación	Q 108 533,33	
Gastos variables de fabricación	Q 57 500,00	Q 166 033,33
Prestaciones laborales		
Cuota patronal del Igss	Q 6 188,60	
Irtra	Q 580,00	
Intecap	Q 580,00	
Vacaciones	Q 2 416,67	
Bono 14	Q 4 833,33	
Aguinaldo	Q 4 833,33	
Indemnización	Q 4,833.33	Q 24 265,27
Gastos de fabricación		Q 190 298,60
Costo de producción		Q 478 048,60

Fuente: elaboración propia.

Según la tabla anterior, el costo de producción para el mes de análisis es de Q 478 048,60. Es importante considerar que la variable que se deberá modificar según el mes que se desee analizar será la de gastos variables de fabricación, o si hubiera alguna modificación en los salarios o en las contrataciones de personal.

Las prestaciones laborales se calcularon con base en la mano de obra directa e indirecta. Para este caso la mano de obra indirecta asciende a Q 57 000

según la tabla XXIV y la mano de obra directa Q 9 000 00, que hace un total de Q 66 000 en mano de obra. Para el Igss fue el 10,67 %, Irtra 1 %, Intecap 1 %, vacaciones 8,33 %, bono 14 4,16 %, aguinaldo 4,16 % e indemnización 8,33 %.

Según la información proporcionada por la empresa recicladora, en el mes de análisis se reciclaron 50 toneles de solvente. Si el costo de producción mensual es de Q 478 048,60 y se desea saber el costo de producción unitario, se tiene:

$$CPDU = \frac{Q\ 478\ 048,60}{50\ toneles} = Q\ 9\ 560,97$$

De esa manera, el costo de recuperar 1 tonel de solvente en la empresa recicladora es de aproximadamente Q 9 560,97. Considerando que el precio de venta de Reciclados San José sea de Q 5 575,00 indica que el precio de venta es menor al costo unitario del producto. Esto se debe a la gran diferencia del precio de venta de Reciclados San José con el precio de venta del mercado; por tal razón, se recomienda evaluar un posible incremento en el precio de venta.

4. PLANES DE ACCIÓN PARA EL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE SOLVENTES

4.1. Nueva programación de producción

Actualmente, se tiene la necesidad de implementar una nueva programación de la producción que permita aprovechar los tiempos de producción. El objetivo es evitar el criterio de producir con base en urgencias. En la actualidad, en la empresa recicladora de solventes, se tiene en *stock* de inventario con los dos tipos de solventes: de alcoholes y ecológico. Estos se proceden a reciclar con base con las órdenes que el cliente realice.

Introducir una programación de la producción, ayuda a optimizar los recursos de la empresa recicladora. El hecho de que la empresa se encuentre en el sector microempresario, significa que el trato con sus clientes es en ocasiones informal. La programación de la producción deberá ser con base en la demanda proyectada, pero tomando en cuenta diferentes factores como:

- Puntualidad de pago del cliente: en ocasiones el cliente no es puntual en sus pagos, eso afecta directamente en la liquidez del mes en curso. Por eso mismo, se debe tomar como factor y no priorizar a ese tipo de cliente previamente identificado en cuanto a la programación de producción. Además, es importante considerar que una solución a este cliente es cargar un diferencial en el precio de venta en función a la puntualidad del pago.

- Constancia en los pedidos: existen diferentes tipos de clientes. Algunos realizan pedidos semanales, quincenales, mensuales, entre otros. Mientras la frecuencia de los pedidos es menor, representa una mayor holgura para reciclar su solvente y no considerarlo prioridad.
- Volumen del pedido: el volumen es un factor importante, si el volumen del pedido es muy grande, este restará disponibilidad de la maquinaria.
- Capacidad de almacenamiento del cliente: en ocasiones el cliente solamente se encarga de realizar los pedidos, se procede a reciclar el solvente y cuando este se encuentra listo para su entrega se procede a enviarlo. En ocasiones, el cliente no tiene la capacidad de almacenamiento suficiente para guardar todos los toneles que se necesitan, esto puede afectar los costos de transporte de la empresa recicladora, por lo que hay que realizar un análisis previo del historial del cliente.

Para definir la prioridad en cuanto a la programación de la producción, se realiza un promedio ponderado de los factores. Se asigna un peso relativo expresado en porcentaje de cada factor y se procede a ponderar cada factor, como se muestra en la tabla XXVI.

A continuación, se muestran tres diferentes clientes, que representan las diferentes órdenes de producción del mes en curso.

Tabla XXVI. **Ponderación de clientes**

Factor	Peso relativo (%)	Alternativas		
		A	B	C
Puntualidad en pago	25	7	7	10
Constancia de los pedidos	25	5	9	7
Volumen del pedido	20	9	6	6
Capacidad de almacenamiento	30	6	6	7
	100	P_A	P_B	P_C

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la constancia de los pedidos, mientras menor es la frecuencia del pedido del cliente mayor es la puntuación. Cuando se trata del volumen del pedido tendrá una menor puntuación a medida que el pedido sea mayor. Por último, mientras menor sea la capacidad del cliente de almacenamiento de los toneles, menor será su puntuación.

$$P_A = 7(0,25) + 5(0,25) + 9(0,20) + 6(0,20) = 6$$

$$P_B = 7(0,25) + 9(0,25) + 6(0,20) + 6(0,30) = 7$$

$$P_C = 10(0,25) + 7(0,25) + 6(0,20) + 7(0,30) = 7,55$$

El cliente C fue quien obtuvo una mayor puntuación, por lo que se le considera prioridad dentro de la programación de producción, seguido del B, y luego de A.

4.2. Diagramas de procesos mejorados

Actualmente, en reciclados San José se sigue el siguiente diagrama de procesos, se muestra en figura 4.

Figura 4. Diagrama actual de procesos

Inicia:		Termina:					Observaciones
No.	Descripción	Símbolo					
		●	■	◐	▲	➔	
1	Ingresar la materia prima (solvente a reciclar) en toneles a bodega.				●		
2	Se coloca el tonel con el solvente sucio a reciclar a un costado de la máquina recicladora.					●	
3	Se enciende la máquina para que realice la succión del solvente sucio e inicie el ingreso del solvente.	●					
4	Se coloca la manguera que sale de la máquina para succionar el solvente dentro del contenedor.	●					
5	La máquina realiza la purificación del solvente que succionó del contenedor a través de un proceso de evaporación.			●			
6	Se coloca un contenedor limpio en el otro costado de la máquina para que reciba el solvente ya limpio que genera la máquina luego de la purificación.	●					
7	Al momento de que la máquina expulsa el solvente ya purificado, se supervisa que este vaya con la calidad deseada.			●			
8	Se apaga la máquina recicladora y se realiza la limpieza de las mangueras.	●					
9	Se extraen muestras al solvente ya purificado que se encuentra dentro del contenedor para supervisión final.			●			
10	Se cierra y sella el contenedor luego de la supervisión y se rotula con un <i>sticker</i> que indica autorizado.	●					
11	Se coloca un <i>sticker</i> al contenedor que identifica al cliente al cuál pertenece el solvente ya listo para entrega.	●					
12	El contenedor ya identificado se coloca en el área de despacho.					●	
13	El contenedor se almacena listo para entregarlo al cliente.					●	
Total		6	2	1	2	2	

Fuente: Material de Empresa Reciclados San José.

Existen dos procesos diferentes: uno para la recuperación de solventes ecológicos, y otro para los solventes de alcoholes; por lo tanto, es necesario

realizar un diagrama por cada proceso. Además, el diagrama actual no contiene tiempos dentro de cada actividad ni un resumen. Se muestra en la figura 5 el diagrama de operaciones mejorado para el solvente de alcoholes.

Figura 5. **Diagrama mejorado de operaciones de alcoholes**

No.	Diagrama de operaciones de Alcoholes Mejorado	Método Mejorado				Código 001	
		●	■	D	▲	➔	Tiempo
1	Ingresar tonel de materia prima.				▲		
2	Trasladar tonel a un costado de maquinaria.					➔	2 min
3	Colocar manguera de máquina en tonel.	●					10 min
4	Encender máquina de succión de solvente.	●					10 s
5	Esperar a la purificación del solvente.			D			7 h
6	Mover tonel limpio donde se depositará solvente recuperado en otro costado de máquina.	●					1 min
7	Examinar calidad de solvente recuperado.		■				10 s
8	Apagar máquina y limpiar manguera.	●					1 min
9	Examinar solvente recuperado en tonel.		■				30 s
10	Sellar tonel y colocar estampado de identificación.	●					1 min
11	Mover tonel a área de almacenamiento.					➔	1 min
12	Almacenamiento.				▲		1 min

Símbolo	Actividad	Cantidad	Tiempo Total (min)
■	Inspección	2	0.67
●	Operación	4	12.17
D	Demora	1	420
➔	Traslado	3	4

Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la figura 5, a diferencia del diagrama actual, se adicionan los tiempos para cada parte del proceso y la operación 6 se sustituye

como transporte en lugar de operación. En la figura 6 se muestra el diagrama mejorado de operaciones de solventes ecológicos.

Figura 6. **Diagrama mejorado de operaciones de solventes**

No.	Diagrama de operaciones de solventes mejorado	Método Mejorado					Código 001	
		●	■	◐	▲	➔	Fecha: 26-05-2019	Tiempo
1	Ingresar tonel de materia prima.				●			
2	Trasladar tonel a un costado de maquinaria.					➔		2 min
3	Colocar manguera de máquina en tonel.	●						10 min
4	Encender máquina de succión de solvente.	●						10 s
5	Esperar a la purificación del solvente.						◐	10 h
6	Mover tonel limpio donde se depositará solvente recuperado en otro costado de máquina.					➔		1 min
7	Examinar calidad de solvente recuperado.		■					10 s
8	Apagar máquina y limpiar manguera.	●						1 min
9	Examinar solvente recuperado en tonel.		■					30 s
10	Sellar tonel y colocar estampado de identificación.	●						1 min
11	Mover tonel a área de almacenamiento.					➔		1 min
12	Almacenamiento.						●	1 min

Símbolo	Actividad	Cantidad	Tiempo Total (min)
■	Inspección.	2	0.67
●	Operación.	4	12.17
◐	Demora.	1	600
➔	Traslado.	3	4

Fuente: elaboración propia.

La diferencia entre ambos diagramas mejorados de operaciones es el tiempo de la purificación del solvente ecológico, es más tardado para el solvente ecológico porque la densidad del solvente ecológico es cuatro veces mayor a la del solvente de alcoholes.

4.3. Nuevos pronósticos de producción

A continuación, se presenta en la siguiente tabla los volúmenes de producción de los últimos seis meses:

Tabla XXVII. **Volumen de producción**

Mes	Volumen real [toneles]
1	36
2	47
3	42
4	41
5	43
6	40

Fuente: elaboración propia.

El propósito será utilizar los diferentes métodos de pronósticos de producción y determinar cuál es el más adecuado para la empresa.

- Enfoque simple

El enfoque simple indica que el pronóstico del próximo mes será igual a lo producido en el mes anterior; para medir su eficiencia se utilizó el siguiente modelo:

$$Eficiencia = 100 - \left| \frac{volumen\ real - pronóstico}{volumen\ real} * 100 \right|$$

Tabla XXVIII. **Enfoque simple**

Mes	Volumen real [Toneles]	Pronóstico	Eficiencia [%]
1	36	--	--
2	47	36	76,60
3	42	47	88,10
4	41	42	97,56
5	43	41	95,35
6	40	43	92,50

Fuente: elaboración propia.

$$Eficiencia\ mes\ 2 = 100 - \left| \frac{47 - 36}{47} * 100 \right| = 76,60 \%$$

$$Eficiencia\ mes\ 3 = 100 - \left| \frac{42 - 47}{42} * 100 \right| = 88,10 \%$$

$$Eficiencia\ mes\ 4 = 100 - \left| \frac{41 - 42}{41} * 100 \right| = 97,56 \%$$

$$Eficiencia\ mes\ 5 = 100 - \left| \frac{43 - 41}{43} * 100 \right| = 92,35\ \%$$

$$Eficiencia\ mes\ 6 = 100 - \left| \frac{40 - 43}{43} * 100 \right| = 92,50\ \%$$

Para hallar la eficiencia promedio del método enfoque simple se utiliza una simple media aritmética.

$$Eficiencia\ promedio = \frac{76,60 + 88,10 + 97,56 + 92,35 + 92,50}{5} = 90,02\ \%$$

- Método de media móvil

El método consiste únicamente en elegir una cantidad de meses a evaluar, para este caso se eligieron dos meses. Se utilizó el modelo de pronóstico para obtener su cálculo, en la tabla XXIX se muestra el método.

$$Pronóstico = \frac{Vr\ anterior + penúltimo\ Vr}{2}$$

Tabla XXIX. **Método de media móvil**

Mes	Volumen real [toneles]	Pronóstico	Eficiencia [%]
1	36	--	--
2	47	--	--
3	42	41,5	98,81
4	41	44,5	91,46
5	43	41,5	96,51
6	40	42	95,00

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Pronóstico mes 3} = \frac{47 + 36}{2} = 41,5$$

$$\text{Pronóstico mes 4} = \frac{42 + 47}{2} = 44,5$$

$$\text{Pronóstico mes 5} = \frac{41 + 42}{2} = 41,5$$

$$\text{Pronóstico mes 6} = \frac{43 + 41}{2} = 42$$

$$\text{Eficiencia mes 3} = 100 - \left| \frac{42 - 41,50}{42} * 100 \right| = 98,81 \%$$

$$\text{Eficiencia mes 4} = 100 - \left| \frac{41 - 44,5}{41} * 100 \right| = 91,46 \%$$

$$\text{Eficiencia mes 5} = 100 - \left| \frac{43 - 41,5}{43} * 100 \right| = 96,51 \%$$

$$Eficiencia\ mes\ 6 = 100 - \left| \frac{40 - 42}{40} * 100 \right| = 95,00 \%$$

$$Eficiencia\ promedio = \frac{98,81 + 91,46 + 96,51 + 95,00}{4} = 95,45 \%$$

- Método alisado exponencial

En alisado exponencial se elige un valor α , en este caso se eligió un $\alpha = 0,1$, y el pronóstico se calcula mediante el modelo que se muestra a continuación, el pronóstico 1 ya es conocido.¹⁰

$$Pronóstico = Pup + \alpha (Vrup - Pup)$$

Donde:

- Pup = pronóstico de último período
- Vrup = valor real de último período
- En la tabla XXX se muestra el método alisado exponencial

¹⁰ INZA, Urzelai. *Manual básico de logística integral*. 24.

Tabla XXX. **Método Alisado Exponencial**

Mes	Volumen real [toneles]	Pronóstico	Eficiencia [%]
1	36	35	--
2	47	35,10	74,68
3	42	36,29	86,40
4	41	36,86	89,90
5	43	37,27	86,69
6	40	37,85	94,62

Fuente: elaboración propia.

$$Pronóstico\ 2 = 35 + 0,1(36 - 35) = 35,10$$

$$Pronóstico\ 3 = 35,10 + 0,1(47 - 35,10) = 36,29$$

$$Pronóstico\ 4 = 36,29 + 0,1(42 - 36,29) = 36,86$$

$$Pronóstico\ 5 = 36,86 + 0,1(41 - 36,86) = 37,27$$

$$Pronóstico\ 6 = 37,27 + 0,1(43 - 37,27) = 37,85$$

$$Eficiencia\ mes\ 2 = 100 - \left| \frac{47 - 35,10}{47} * 100 \right| = 74,68\ %$$

$$Eficiencia\ mes\ 3 = 100 - \left| \frac{42 - 36,29}{42} * 100 \right| = 86,40\ %$$

$$Eficiencia\ mes\ 4 = 100 - \left| \frac{41 - 36,86}{41} * 100 \right| = 89,90\ \%$$

$$Eficiencia\ mes\ 5 = 100 - \left| \frac{43 - 37,27}{43} * 100 \right| = 86,69\ \%$$

$$Eficiencia\ mes\ 6 = 100 - \left| \frac{40 - 37,85}{40} * 100 \right| = 94,62\ \%$$

$$Eficiencia\ promedio = \frac{74,68 + 85,40 + 89,90 + 86,69 + 94,62}{5} = 86,98\ \%$$

De los tres métodos utilizados la eficiencia promedio se resume en la tabla XXXI se muestra la comparación de métodos.

Tabla XXXI. **Comparación de métodos**

Método	Eficiencia [%]
Enfoque simple	90,02
Media móvil	95,45
Alisado exponencial	86,98

Fuente: elaboración propia.

El método más eficiente para el análisis fue el de media móvil con una eficiencia del 95,45 %, por lo que se recomienda utilizar dicho método.

4.4. Programación mejorada como reducción de costos

Una mejor programación de la producción ayuda en la optimización de los costos del proceso, para ello existen diferentes métodos.

4.4.1. Asignación mejorada de maquinaria

Existen métodos de prioridad aplicables a instalaciones orientadas al proceso. El objetivo será disminuir el tiempo de producción, el número de trabajos en el sistema y el retraso de sistemas, así como maximizar la utilización de las instalaciones. En esta ocasión se trabajarán cuatro diferentes métodos:

- FCFS: fast come first served

A continuación, en la siguiente tabla se muestran las últimas órdenes de compra de la empresa recicladora; además, el tiempo del proceso de producción de cada orden y la fecha de entrega promesa hacia el cliente; esto para el tipo de maquinaria 1, es decir, solvente de tintas.

Tabla XXXII. Últimas órdenes de compra

Cliente	Tiempo [días/Ton]	Día de entrega
A	3	8
B	4	6
C	2	18
D	1	15
E	2	23
F	4	12
G	5	21

Fuente: elaboración propia.

El método es FCFS, por lo que se produce en el orden como las órdenes de compra se emitieron; en la tabla XXXIII se muestra el tiempo de flujo versus la fecha de entrega.

Tabla XXXIII. **Tiempo de flujo vs. fecha de entrega**

No.	Cliente	Tiempo proceso de producción [días/Ton]	Tiempo de flujo [días]	Fecha de entrega	Retraso [días]
1	A	3	3	8	0
2	B	4	7	6	1
3	C	2	9	18	0
4	D	1	10	15	0
5	E	2	12	23	0
6	F	4	16	12	4
7	G	5	21	21	0
Σ		21	78		5

Fuente: elaboración propia.

Con el cliente B se tuvo retraso de 1 día y con el cliente F se tuvo retraso de 4 días, los demás clientes no presentaron retrasos. El total de retrasos en días fue de 5 días.

Para efectos de concluir cuál es el método más conveniente a utilizar, se calculará el tiempo promedio de finalización, % de utilización, número medio de trabajos en el sistema y retraso medio.

El tiempo promedio de finalización será útil para conocer la cantidad en días que demora en promedio finalizar un trabajo y se calcula mediante el siguiente modelo:

$$\text{Tiempo promedio de finalización} = \frac{\sum \text{de flujo de totales}}{\# \text{ de trabajos}}$$

El porcentaje de utilización será para medir qué tan balanceada se encuentra la línea y se calcula mediante el siguiente modelo:

$$\% \text{ de utilización} = \frac{\text{tiempo total del trabajo}}{\sum \text{tiempos totales de flujo}}$$

El número medio de trabajos en el sistema será útil para medir la cantidad de trabajos se encuentran trabajando en el sistema, y se calcula mediante el siguiente modelo:

$$\text{Número medio de trabajos en el sistema} = \frac{\sum \text{de los datos de flujo}}{\text{Tiempo total de trabajo}}$$

El retraso medio medirá cuantos retrasos en promedio se tuvieron con la cantidad de trabajos realizados, y se calcula mediante el siguiente modelo:

$$\text{Retraso medio} = \frac{\sum \text{Retraso del trabajo}}{\# \text{ de Trabajos}}$$

$$\text{Tiempo promedio de finalización} = \frac{78}{7} = 11,14 \text{ trabajos/día}$$

$$\% \text{ de utilización} = \frac{21}{78} = 26,92 \%$$

$$\text{Número medio de trabajos en el sistema} = \frac{78}{21} = 3,71 \text{ trabajos}$$

$$\text{Retraso medio} = \frac{5}{7} = 0,71 \text{ retrasos}$$

- SPT: *shortest processing time*

SPT se basa en el tiempo de procesamiento más corto, se basa en los mismos datos de la tabla XXXIV se muestra el método FCFS, se ordenará la ejecución de los trabajos en función del tiempo más corto de producción, como se muestra en la tabla.

Tabla XXXIV. **Método FCFS**

No.	Cliente	Tiempo proceso de producción [días/Ton]	Tiempo de flujo [días]	Fecha de entrega	Retraso [días]
1	D	1	1	15	0
2	C	2	3	18	0
3	E	2	5	23	0
4	A	3	8	8	0
5	B	4	12	6	6
6	F	4	16	12	4
7	G	5	21	21	0
Σ		21	66		10

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Tiempo promedio de finalización} = \frac{66}{7} = 9,43 \text{ trabajos/día}$$

$$\% \text{ de utilización} = \frac{21}{66} = 31,82 \%$$

$$\text{Número medio de trabajos en el sistema} = \frac{66}{21} = 3,14 \text{ trabajos}$$

$$\text{Retraso medio} = \frac{10}{7} = 1,43 \text{ retrasos}$$

- EDD: *earliest due date*

EDD se basa en la fecha de vencimiento más próxima; por lo que, a diferencia del SPT, este método tratará de reducir los retrasos con los clientes al máximo, como se muestra en la tabla XXX.

Tabla XXXV. **Método EDD**

No.	Cliente	Tiempo proceso de producción [días/Ton]	Tiempo de flujo [días]	Fecha de entrega	Retraso [días]
1	B	4	1	6	0
2	A	3	4	8	0
3	F	4	8	12	0
4	D	1	9	15	0
5	C	2	11	18	0
6	G	5	16	21	0
7	E	2	18	23	0
Σ		21	67		0

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Tiempo promedio de finalización} = \frac{67}{7} = 9,57 \text{ trabajos/día}$$

$$\% \text{ de utilización} = \frac{21}{67} = 31,34 \%$$

$$\text{Número medio de trabajos en el sistema} = \frac{67}{21} = 3,19 \text{ trabajos}$$

$$\text{Retraso medio} = \frac{0}{7} = 0 \text{ retrasos}$$

- LPT: *largest processing time*

LPT ejecuta la producción en orden de mayor a menor duración en el tiempo del proceso, como se muestra en la tabla XXXVI.

Tabla XXXVI. Método LPT

No.	Cliente	Tiempo proceso de producción [días/Ton]	Tiempo de flujo [días]	Fecha de entrega	Retraso [días]
1	G	5	5	21	0
2	B	4	9	6	3
3	F	4	13	12	1
4	A	3	16	8	8
5	C	2	18	18	0
6	E	2	20	21	0
7	D	1	21	23	0
Σ		21	102		12

Fuente: elaboración propia.

$$Tiempo\ promedio\ de\ finalización = \frac{102}{7} = 14,57\text{ trabajos/día}$$

$$\% \text{ de utilización} = \frac{21}{102} = 20,59 \%$$

$$Número\ medio\ de\ trabajos\ en\ el\ sistema = \frac{102}{21} = 4,86\text{ trabajos}$$

$$Retraso\ medio = \frac{12}{7} = 1,71\text{ retrasos}$$

Luego de analizar los 4 métodos anteriores se concluye según la tabla XXXVII.

Tabla XXXVII. **Comparación de métodos de asignación**

Método	Tiempo promedio de finalización [días/Ton]	% de utilización	Número medio de trabajos en el sistema [Ton]	Retraso medio [días]
FCFC	11,14	26,92	3,71	0,71
SPT	9,43	31,82	3,14	1,43
EDD	9,57	31,34	3,19	0,00
LPT	14,57	20,59	4,86	1,71

Fuente: elaboración propia.

Para concluir cuantitativamente qué método es el recomendado, se recurre a asignar indicadores de desempeño a cada uno de los criterios.

Indicador de tiempo promedio de finalización [días/Ton]

A menor tiempo de producción mayor la calificación, como se muestra en la tabla XXXVIII.

Tabla XXXVIII. **Tiempo promedio de finalización**

Tiempo promedio de finalización [días/Ton]	
Días	Calificación
0-5	100 %
6 - 10	75 %
11 - 15	50 %
15 o más	0 %

Fuente: elaboración propia.

- Porcentaje de utilización: este indicador es un equivalente al balanceo de la línea, por lo que el indicador será el mismo porcentaje que presente.
- Número medio de trabajos en el sistema [Ton]: este indicador será proporcional al número de trabajos en el sistema; la interpretación es que, si se tuviera un número medio de trabajos igual a 1, significa que hay 1 solo trabajo al mismo tiempo dentro del sistema, como solo se cuenta con una maquinaria para cada tipo de solvente, si esta cifra es mayor a 1, disminuirá su indicador de desempeño, como se muestra en tabla XXXIX.

Tabla XXXIX. **Número medio de trabajos en el sistema**

Número medio de trabajos en el sistema [Ton]	
Ton	Calificación
1	100 %
2-3	75 %
4-5	50 %
6 o más	0 %

Fuente: elaboración propia.

- Retraso medio [días]: se pretende que no existan retrasos, por lo que a un retraso nulo la calificación será del 100 %, y así disminuye proporcionalmente como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XL. **Ponderación del retraso medio**

Retraso medio [días]	
Días	Calificación
0	100 %
0.01 - 1	75 %
1.01 - 2	50 %
2.01 o más	0 %

Fuente: elaboración propia.

Se aplicó el factor del indicador de desempeño a cada uno de los métodos propuestos como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XLI. **Comparación de métodos de asignación de maquinaria**

	Tiempo promedio de Finalización [días/Ton]	% de utilización	Número medio de trabajos en el sistema [Ton]	Retraso medio [días]	Promedio
FCFC	50 %	27 %	75 %	75 %	57 %
SPT	75 %	32 %	75 %	50 %	58 %
EDD	75 %	31 %	75 %	100 %	70 %
LPT	50 %	21 %	50 %	50 %	43 %

Fuente: elaboración propia.

A partir de ello se concluye que el método recomendado es el EDD *earliest due date*, pues garantiza un excelente servicio al cliente al evitar los retrasos; tiene un buen desempeño tanto en el tiempo promedio de producción y el número medio de trabajos en el sistema. Al igual que los otros métodos, se observa un porcentaje de utilización del 31 %, esto se debe a que solo se cuenta con dos máquinas de ese tipo de solvente; la manera en incrementar ese valor es adquiriendo una nueva maquinaria de ese tipo.

4.5. Producción como herramienta en la reducción de costos

Como parte de la reducción de costos, es necesario analizar la operación del proceso de producción dentro de la empresa recicladora de solventes.

- Finalidad de la operación

En esta parte se pretende analizar cada una de las partes del proceso y determinar si son necesarias esas operaciones, si se pudieran eliminar o combinar.

En la figura 7 se muestra un diagrama mejorado del solvente de Alcoholes, en el que se aplica la finalidad de la operación.

Figura 7. Diagrama mejorado de solventes de alcoholes

No.	Descripción de Actividad	Método Mejorado					Código 001	
			■	D	▲	➔	●	Tiempo
1	Ingresar tonel de materia prima.							
2	Trasladar tonel a un costado de maquinaria.							2 min
3	Colocar manguera de máquina en tonel.							10 min
4	Encender máquina de succión de solvente.							10 s
5	Esperar a la purificación del solvente y traslado de tonel limpio donde se depositará solvente recuperado en otro costado de máquina.							10 h
6	Examinar calidad de solvente recuperado.							1 min
7	Apagar máquina y limpiar manguera.							10 s
8	Sellar tonel y colocar estampado de identificación.							1 min
9	Mover tonel a área de almacenamiento.							30 s
##	Almacenamiento.							1 min

Símbolo	Actividad	Cantidad	Tiempo Total (min)
■	Inspección.	1	0.5
●	Operación.	4	12.17
●➔	Operación combinada con traslado.	1	420
➔	Traslado.	2	3

Fuente: elaboración propia.

Para elaborar esa mejora en la operación, se hicieron diferentes cambios. Primero, se analizó que lo propuesto como demora en realidad es una operación porque a pesar de existir una larga espera, existe una transformación de materia prima, por lo que lo correcto es catalogarlo como una operación.

Además, la siguiente operación es un traslado con un tiempo mucho menor. La operación de purificación del solvente se puede combinar con el traslado del

nuevo tonel limpio y posicionarlo en el otro costado de la máquina, en lugar de esperar a que se purifique el solvente. Por último, se determinó que existían dos actividades con la misma finalidad: examinar la calidad de solvente recuperado, esto es innecesario, por lo que se eliminó una.

- Diseño de las partes

En el proceso de recuperación de solventes se utiliza como materia prima el solvente que se desea purificar, dicho solvente es proveído por el cliente. El objetivo del diseño de las partes es reducir el número de partes mediante la simplificación del diseño para lograr que el proceso sea lo más eficiente posible. Sin embargo, aunque para la empresa recicladora no es posible reducir el número de las partes, si es posible mejorar el solvente que se someterá a la recuperación.

El problema principal al iniciar el proceso de recuperación lo representan las condiciones en las que se encuentra el solvente sucio. El solvente de alcoholes es utilizado para la limpieza de maquinaria y el solvente ecológico para impresión de sellos. A medida que se reutiliza el solvente, este pierde sus propiedades, hasta llegar al punto en que es necesario someterlo al proceso de recuperación. Un solvente excedentemente sucio implica un mayor tiempo de procesamiento dentro de las maquinarias; esto produce un mayor costo de energía eléctrica y afecta en la productividad del proceso productivo; además, de un solvente sucio se recupera una menor cantidad de solvente.

Un solvente más sucio representa un solvente más sólido y por consiguiente una mayor densidad en el mismo. Para que el proceso se lleve a cabo dentro de aproximadamente las 7 horas que muestra el último diagrama de operaciones mostrado en figura 7, el solvente sucio debe tener como límite una densidad

$\rho = 1\,200\text{ kg/m}^3$, para densidades de entre $\rho = 1\,250\text{ kg/m}^3$ y $\rho = 1\,500\text{ kg/m}^3$ El tiempo de producción es de 8 horas, y para densidades mayores a esta última es de 9 horas. Se tiene el registro que la empresa recuperada gastó el último mes Q 30 000 en energía eléctrica y se recuperaron 50 toneles de solvente. Por lo que el costo por tonel de energía eléctrica es de aproximadamente Q 600,00, en condiciones cuando la densidad es $\rho = 1\,200\text{ kg/m}^3$.

En el último mes se tiene el registro, como se muestra en tabla XLII, que las máquinas estuvieron funcionando 401,2 horas para producir esos 50 toneles de solvente, lo que significa que se invirtieron en promedio 8,02 horas por tonel.

Tabla XLII. **Tiempo de producción de toneles**

# Tonel	Tiempo [horas]	# Tonel	Tiempo [horas]
1	9,2	26	7,2
2	8,6	27	8
3	9,1	28	8,2
4	7,2	29	9,2
5	7,5	30	8,6
6	7,6	31	9,1
7	8,1	32	7,2
8	8,3	33	8,6
9	7	34	9,1
10	7,2	35	7,2
11	7,2	36	7,5
12	7,2	37	7,5
13	8	38	8,1
14	8,2	39	8,3
15	9,2	40	8,2
16	8,6	41	9,2
17	9,1	42	8,6
18	7,2	43	9,1
19	7,5	44	7,2
20	7,6	45	7,5
21	8,1	46	7,6
22	8,3	47	8,1
23	7	48	8,3
24	7,3	49	7
25	8,3	50	8

Fuente: elaboración Propia

Para calcular el costo por hora de energía eléctrica se tiene:

Costo total de energía eléctrica: Q 30 000,00

Total de horas con maquinaria trabajando: 401,2

Costo energía eléctrica por hora $\frac{30,000}{401,20} = 74,78 \text{ Q/hora}$

Con la información anterior se tiene que el costo por hora de energía eléctrica es de Q 74,78. Si se produjeran en condiciones ideales a 7 horas por tonel, se puede hallar el costo por hora de energía eléctrica mediante el siguiente modelo:

$$\left(7 \frac{\text{horas}}{\text{tonel}} * 50 \text{ tone}\right) \left(\frac{\text{Q } 74,78}{\text{hora}}\right) = (401,20 \text{ horas})(x)$$
$$x = \frac{\text{Q } 65,24}{\text{hora}}$$

Asumiendo que la maquinaria trabaje bajo condiciones ideales (7 horas por tonel) y se procesen 50 toneles durante el mes, se tendría un total de 350 horas de maquinaria trabajando durante el mes; se sabe que el costo de energía eléctrica por hora en condiciones ideales es de Q 65,24 / hora, por lo que se tendría un costo total de energía eléctrica al mes de Q 22,834.

La diferencia del costo real versus el ideal viene dada por:

$$\text{Q } 30\,000,00 - \text{Q } 22\,834,00 = \text{Q } 7\,166,00$$

Es decir, al tener un mejor manejo dentro del proceso de recuperación de solventes y adecuarlo al tiempo estándar se logra ahorrar en energía eléctrica alrededor de Q 7 166,00 al mes, un 23,89 % del costo de energía actual.


4.6. Manejo de órdenes mejorado

Retomando lo visto en el capítulo dos en cuanto al manejo de órdenes de trabajo actual, la empresa recicladora actualmente realiza el siguiente proceso para el manejo de sus órdenes:

- Ingresar correo del cliente.
- Se realiza orden de trabajo con las especificaciones.
- La orden se programa como la última en la lista a menos que sea una urgencia solicitada por el cliente.

Aunque el proceso es correcto, no se cuenta con un formato para el proceso, esto provoca que no se documenten los diferentes trabajos a realizar correctamente. Para ello se propone utilizar el siguiente formato oficial en figura 8.

Figura 8. **Formato órdenes de trabajo**

FORMATO ORDENES DE TRABAJO			
EMPRESA RECICLADORA			
No. Orden		No. Pedido	
Ingeniero a Cargo		Turno	
Fecha de Inicio:		Fecha de terminación	
Código	Descripción	Costo Total	

Fuente: elaboración propia.

Como se concluyó en el inciso 4.4 se deberá trabajar bajo el método EDD (*earliest due date*), para que funcione el manejo de órdenes de trabajo; se deberá registrar cada una de las órdenes y, como lo indica el método, las primeras órdenes realizadas deberán ser las primeras en llevarse a cabo dentro del proceso productivo.

4.7. Determinación del nuevo costo de producción

Como se definió en el capítulo tres, los costos de producción actuales se desglosan de la siguiente manera en tabla XLIII.

Tabla XLIII. **Costo de producción actual**

Materia prima directa	Q 278 750,00	
Mano de obra directa	Q 9 000,00	
Costo primo	Q 287 750,00	Q 287 750,00
Gastos fijos de fabricación	Q 108 533,33	
Gastos variables de fabricación	Q 57 500,00	Q 166 033,33
Prestaciones laborales		
Cuota patronal del Igss	Q 6 188,60	
Irtra	Q 580,00	
Intecap	Q 580,00	
Vacaciones	Q 2 416,67	
Bono 14	Q 4 833,33	
Aguinaldo	Q 4 833,33	
Indemnización	Q 4 833,33	Q 24 265,27
Gastos de fabricación		Q 190 298,60
Costo de producción		Q 478 048,60

Fuente: elaboración propia.

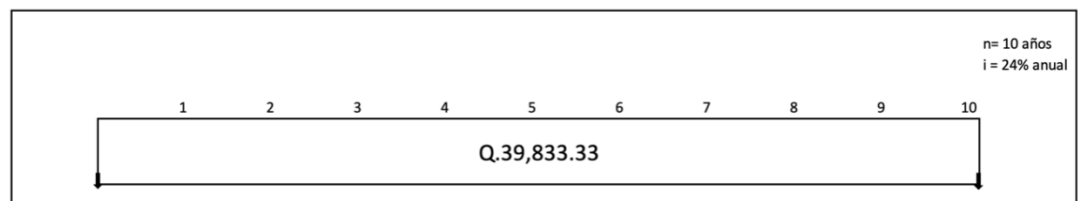
$$CPDU = \frac{Q\ 478\ 048,60}{50\ \text{toneles}} = Q\ 9\ 560,97$$

Tomando como base el costo unitario de producción actual, lo que se pretende es ver de qué manera se reduce; para ello se analizará cada una de las partes para ver en cuales existe alguna oportunidad de optimización.

- Mano de obra directa: este costo implica los salarios de los trabajadores que están relacionados en el costo de producción, a pesar de poderse recortar el personal, no es la mejor opción ya que eso haría deficiente el proceso e impactaría en otros costos.
- Gastos fijos de fabricación

El gasto fijo de fabricación más representativo es la depreciación de maquinaria, que como se mostró en el tercer capítulo equivale a Q 36 250, que representa un 31,11 % de los gastos fijos de fabricación. La recomendación es optar por *leasing*, para comprobarlo se mostrarán distintos escenarios, en la figura 8 se muestra el escenario en el que se sigue pagando un alquiler mensual, sin hacer ninguna modificación.

Figura 9. Alquiler mensual actual



Fuente: elaboración propia.

En dicho diagrama los Q 39 983,33 anuales están conformados por Q 36 250 de depreciación, Q 3 000 de seguros de la maquinaria y Q 583,33 de su mantenimiento mensual. Interesará conocer su VPN.

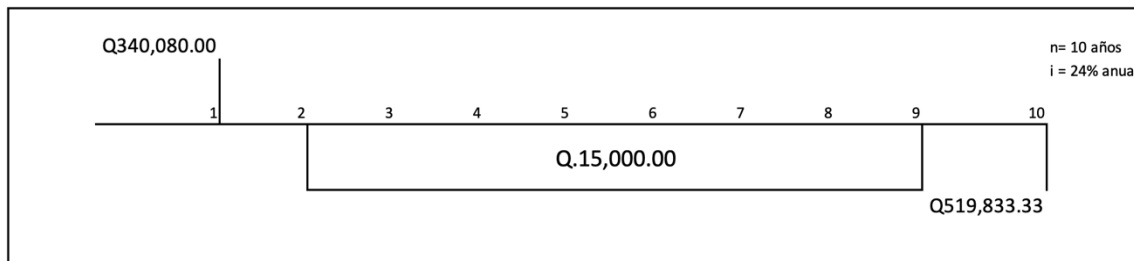
$$VPN = -39\,833,33 \left(\frac{P}{A}, 24\%, 10 \right)$$

$$VPN = -39\,833,33 (3,6819)$$

$$VPN = -Q 146 662,34$$

El segundo escenario será vender la maquinaria actual, pagar un arrendamiento con *leasing* durante 10 años y finalmente comprar lo arrendado, el flujo se muestra en figura 9.

Figura 10. **Leasing con compra**



Fuente: elaboración propia.

En este escenario se considera vender las máquinas con las que se cuenta actualmente a un 20 % del costo inicial; hace un total de Q 355 080,00. Por otro lado, se pretende al finalizar los 10 años, optar por la opción de compra de maquinaria, que equivale a un total de Q 480 000,00; el VPN es el siguiente:

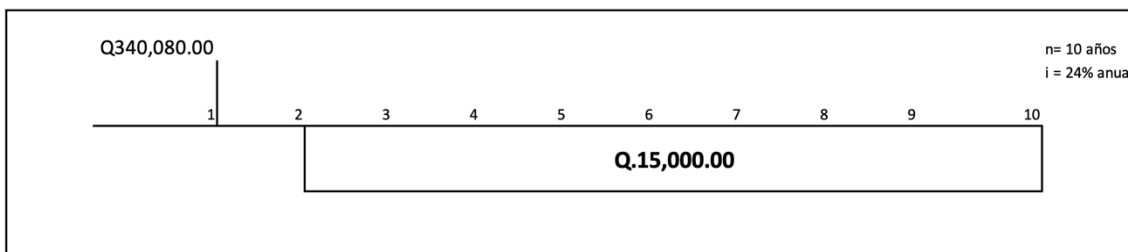
$$VPN = -15\,000 \left(\frac{P}{A}, 24\%, 8 \right) + 340\,080 \left(\frac{P}{F}, 24\%, 1 \right) - 519\,833,33 \left(\frac{P}{F}, 24\%, 10 \right)$$

$$VPN = -15\,000(3,4212) + 340\,080 (0,8065) - 519\,833,33(0,1164)$$

$$VPN = Q 162 447,92$$

Por último, se desea evaluar la opción de la venta de la maquinaria actual, arrendar utilizando la herramienta de *leasing* y finalmente no invertir en maquinaria, como se muestra en la figura 10.

Figura 11. **Leasing sin compra**



Fuente: elaboración propia.

Leasing es un contrato de arrendamiento con opción a compra; en este tercer escenario se asume que se vende la maquinaria que se tiene y no se invierte al finalizar los diez años; el VPN en este escenario es el siguiente:

$$VPN = -15\,000 \left(\frac{P}{A}, 24\%, 8 \right) + 340\,080 \left(\frac{P}{F}, 24\%, 1 \right)$$

$$VPN = -15\,000(3,4212) + 340\,080 (0,8065)$$

$$VPN = Q\,222,956,52$$

De las tres opciones que se tienen, el último escenario es el más positivo. Aparte, eso implicaría ya no gastar en seguro, no se tendría la depreciación de maquinaria y no se incurriría en mantenimiento de la maquinaria de manera mensual. En la tabla XLIV se muestra la opción.

Tabla XLIV. **Gastos fijos con *leasing* sin compra**

Fijos	
Mano de obra indirecta	
Gerente de operaciones	Q 30 000,00
Contabilidad	Q 6 000,00
Honorarios del asesor técnico	Q 10 000,00
Limpieza de planta	Q 3 000,00
Carga fabril	
Alquiler de maquinaria	Q 15 000,00
Depreciación de maquinaria	Q -
Seguros	Q 3 000,00
Mantenimiento de maquinaria	Q -
Mantenimiento de planta	Q 1 000,00
Alquiler de planta	Q 10 000,00
Alquiler de montacargas	Q 4 000,00
Gastos de ventas	Q 1 500,00
Insumos de fábrica	
Combustible del montacargas	Q 200,00
	Q 83 700,00

Fuente: elaboración propia.

Anteriormente se tenía un total de Q 108 533,33, lo que significa que se tendría un ahorro de Q 24 833,33, un 2,88 % del costo.

En el inciso 4.5 se hizo la recomendación para ahorrar energía eléctrica mediante una supervisión de la calidad del solvente a recuperar, se ahorrarían Q 7 166,00 al mes, un 12,46 % de los gastos variables.

Todos los demás costos son inamovibles, en su mayoría corresponden a salarios y a sus respectivas prestaciones, por lo que el nuevo costo de producción estaría dado en la siguiente tabla.

Tabla XLV. **Nuevo costo de producción**

Materia prima directa	Q 278 750,00	
Mano de obra directa	Q 9 000,00	
Costo primo	Q 287 750,00	Q 278 750,00
Gastos fijos de fabricación	Q 83 700,00	
Gastos variables de fabricación	Q 50 334,00	Q 134 034,00
Prestaciones laborales		
Cuota patronal del IGSS	Q 6 188,60	
IRTRA	Q 580,00	
INTECAP	Q 580,00	
Vacaciones	Q 2 416,67	
Bono 14	Q 4 833,33	
Aguinaldo	Q 4 833,33	
Indemnización	Q 4 833,33	Q 24 265,27
Gastos de fabricación		Q 158 299,27
		Q 446 049,27

Fuente: elaboración propia.

$$CPDU = \frac{Q\ 446\ 049,27}{50\ \text{toneles}} = Q\ 8\ 920,99$$

El costo por tonel anteriormente era de Q 9 560,97, la diferencia entre el costo anterior y el nuevo es de Q 639,98 por tonel, un ahorro del 6,69 % del costo unitario.

4.7.1. Método de valoración de inventarios de solventes

En la empresa se tiene la iniciativa de recurrir a los métodos de valoración de inventarios de los solventes. Se sabe que el costo de materia prima es igual a cero; en la empresa quisieran analizar si es funcional asumir el costo de materia prima como el costo que representa la energía eléctrica en función al tiempo de procesar cada tonel.

4.7.1.1. Aplicación del PEPS

Este método se basa en el siguiente enunciado: primero en entrar, primero en salir, por lo que los primeros toneles que se hayan recibido de los clientes serán los primeros en salir a producción, como se muestra en las figuras 12 y 13.

Figura 12. **Aplicación de PEPS del proceso de reciclado**

Fecha	Operación	Entradas			Salidas		
		Cantidad	Precio	Total	Cantidad	Precio	Total
1	Compra	1	Q 164.52	Q 164.52			
1	Compra	1	Q 119.65	Q 119.65			
2	Compra	1	Q 157.04	Q 157.04			
3	Compra	1	Q 14.96	Q 14.96			
4	Compra	1	Q 37.39	Q 37.39			
5	Compra	1	Q 44.87	Q 44.87			
5	Compra	1	Q 82.26	Q 82.26			
6	Compra	1	Q 97.21	Q 97.21			
7	Compra	1	Q -	Q -			
7	Compra	1	Q 14.96	Q 14.96			
7	Compra	1	Q 14.96	Q 14.96			
8	Compra	1	Q 14.96	Q 14.96			
8	Compra	1	Q 74.78	Q 74.78			
9	Compra	1	Q 89.74	Q 89.74			
9	Salen				1	164.52	164.52
9	Salen				1	119.65	119.65
9	Salen				1	157.04	157.04
10	Compra	1	Q 164.52	Q 164.52			
10	Compra	1	Q 119.65	Q 119.65			
11	Compra	1	Q 157.04	Q 157.04			
12	Compra	1	Q 14.96	Q 14.96			
13	Compra	1	Q 37.39	Q 37.39			
14	Compra	1	Q 44.87	Q 44.87			
14	Compra	1	Q 82.26	Q 82.26			
14	Compra	1	Q 97.21	Q 97.21			
14	Devolucion	1	Q 164.52	Q 164.52			
15	Compra	1	Q -	Q -			
15	Compra	1	Q 22.43	Q 22.43			
16	Compra	1	Q 97.21	Q 97.21			

Continuación figura 12.

Saldo		
Cantidad	Precio	Total
1	Q 164.52	Q 164.52
2	Q 119.65	Q 284.16
3	Q 157.04	Q 441.20
4	Q 14.96	Q 456.16
5	Q 37.39	Q 493.55
6	Q 44.87	Q 538.42
7	Q 82.26	Q 620.67
8	Q 97.21	Q 717.89
9	Q -	Q 717.89
10	Q 14.96	Q 732.84
11	Q 14.96	Q 747.80
12	Q 14.96	Q 762.76
13	Q 74.78	Q 837.54
14	Q 89.74	Q 927.27
13	Q 164.52	Q 762.75
12	Q 119.65	Q 643.10
11	Q 157.04	Q 486.06
12	Q 164.52	Q 650.58
13	Q 119.65	Q 770.23
14	Q 157.04	Q 927.26
15	Q 14.96	Q 942.22
16	Q 37.39	Q 979.61
17	Q 44.87	Q 1,024.48
18	Q 82.26	Q 1,106.74
19	Q 97.21	Q 1,203.95
20	Q 164.52	Q 1,368.47
21	Q -	Q 1,368.47
22	Q 22.43	Q 1,390.90
23	Q 97.21	Q 1,488.12

Continuación figura 12.

Fecha	Operación	Entradas			Salidas		
		Cantidad	Precio	Total	Cantidad	Precio	Total
17	Compra	1	Q 14.96	Q 14.96			
17	Compra	1	Q 74.78	Q 74.78			
18	Compra	1	Q 89.74	Q 89.74			
19	Compra	1	Q 164.52	Q 164.52			
19	Salen				1	14.96	14.96
19	Salen				1	37.39	37.39
19	Salen				1	44.87	44.87
20	Compra	1	Q 119.65	Q 119.65			
20	Compra	1	Q 157.04	Q 157.04			
21	Compra	1	Q 14.96	Q 14.96			
21	Compra	1	Q 119.65	Q 119.65			
21	Compra	1	Q 157.04	Q 157.04			
21	Compra	1	Q 14.96	Q 14.96			
21	Compra	1	Q 37.39	Q 37.39			
22	Compra	1	Q 37.39	Q 37.39			
23	Compra	1	Q 82.26	Q 82.26			
23	Compra	1	Q 97.21	Q 97.21			
23	Compra	1	Q 89.74	Q 89.74			
24	Compra	1	Q 164.52	Q 164.52			
24	Compra	1	Q 119.65	Q 119.65			
25	Compra	1	Q 157.04	Q 157.04			
25	Compra	1	Q 14.96	Q 14.96			
25	Compra	1	Q 37.39	Q 37.39			
26	Compra	1	Q 44.87	Q 44.87			
27	Compra	1	Q 82.26	Q 82.26			
28	Compra	1	Q 97.21	Q 97.21			
29	Compra	1	Q -	Q -			
29	Compra	1	Q 74.78	Q 74.78			

Continuación figura 12.

Saldo		
Cantidad	Precio	Total
24	Q 14.96	Q 1,503.07
25	Q 74.78	Q 1,577.85
26	Q 89.74	Q 1,667.59
27	Q 164.52	Q 1,832.11
26	Q 14.96	Q 1,817.15
25	Q 37.39	Q 1,779.76
24	Q 44.87	Q 1,734.89
25	Q 119.65	Q 1,854.53
26	Q 157.04	Q 2,011.57
27	Q 14.96	Q 2,026.53
28	Q 119.65	Q 2,146.18
29	Q 157.04	Q 2,303.21
30	Q 14.96	Q 2,318.17
31	Q 37.39	Q 2,355.56
32	Q 37.39	Q 2,392.95
33	Q 82.26	Q 2,475.21
34	Q 97.21	Q 2,572.42
35	Q 89.74	Q 2,662.16
36	Q 164.52	Q 2,826.67
37	Q 119.65	Q 2,946.32
38	Q 157.04	Q 3,103.36
39	Q 14.96	Q 3,118.32
40	Q 37.39	Q 3,155.71
41	Q 44.87	Q 3,200.57
42	Q 82.26	Q 3,282.83
43	Q 97.21	Q 3,380.05
44	Q -	Q 3,380.05
45	Q 74.78	Q 3,454.83

Fuente: elaboración propia.

4.7.1.2. Aplicación de UEPS

En este método se aplica el enunciado: último en entrar, primero en salir, por lo que los primeros toneles que se hayan recibido de los clientes serán los primeros en salir a producción, como se muestra en la figura 14.

Figura 13. **Aplicación de UEPS del proceso de reciclado**

Fecha	Operación	Entradas			Salidas		
		Cantidad	Precio	Total	Cantidad	Precio	Total
1	Compra	1	Q 164.52	Q 164.52			
1	Compra	1	Q 119.65	Q 119.65			
2	Compra	1	Q 157.04	Q 157.04			
3	Compra	1	Q 14.96	Q 14.96			
4	Compra	1	Q 37.39	Q 37.39			
5	Compra	1	Q 44.87	Q 44.87			
5	Compra	1	Q 82.26	Q 82.26			
6	Compra	1	Q 97.21	Q 97.21			
7	Compra	1	Q -	Q -			
7	Compra	1	Q 14.96	Q 14.96			
7	Compra	1	Q 14.96	Q 14.96			
8	Compra	1	Q 14.96	Q 14.96			
8	Compra	1	Q 74.78	Q 74.78			
9	Compra	1	Q 89.74	Q 89.74			
9	Salen				1	74.78	74.78
9	Salen				1	0	0
9	Salen				1	97.21	97.21
10	Compra	1	Q 164.52	Q 164.52			
10	Compra	1	Q 119.65	Q 119.65			
11	Compra	1	Q 157.04	Q 157.04			
12	Compra	1	Q 14.96	Q 14.96			
13	Compra	1	Q 37.39	Q 37.39			
14	Compra	1	Q 44.87	Q 44.87			
14	Compra	1	Q 82.26	Q 82.26			
14	Compra	1	Q 97.21	Q 97.21			
14	Devolucion	1	Q 74.78	Q 74.78			
15	Compra	1	Q -	Q -			
15	Compra	1	Q 22.43	Q 22.43			
16	Compra	1	Q 97.21	Q 97.21			
17	Compra	1	Q 14.96	Q 14.96			
17	Compra	1	Q 74.78	Q 74.78			
18	Compra	1	Q 89.74	Q 89.74			
19	Compra	1	Q 164.52	Q 164.52			
19	Salen				1	82.26	82.26
19	Salen				1	44.87	44.87
19	Salen				1	37.39	37.39
20	Compra	1	Q 119.65	Q 119.65			
20	Compra	1	Q 157.04	Q 157.04			
21	Compra	1	Q 14.96	Q 14.96			
21	Compra	1	Q 119.65	Q 119.65			
21	Compra	1	Q 157.04	Q 157.04			
21	Compra	1	Q 14.96	Q 14.96			
21	Compra	1	Q 37.39	Q 37.39			
22	Compra	1	Q 37.39	Q 37.39			
23	Compra	1	Q 82.26	Q 82.26			
23	Compra	1	Q 97.21	Q 97.21			
23	Compra	1	Q 89.74	Q 89.74			
24	Compra	1	Q 164.52	Q 164.52			
24	Compra	1	Q 119.65	Q 119.65			
25	Compra	1	Q 157.04	Q 157.04			
25	Compra	1	Q 14.96	Q 14.96			
25	Compra	1	Q 37.39	Q 37.39			
26	Compra	1	Q 44.87	Q 44.87			
27	Compra	1	Q 82.26	Q 82.26			
28	Compra	1	Q 97.21	Q 97.21			
29	Compra	1	Q -	Q -			
29	Compra	1	Q 74.78	Q 74.78			

Continuación figura 13.

Cantidad	Saldo	
	Precio	Total
1	Q 164.52	Q 164.52
2	Q 119.65	Q 284.16
3	Q 157.04	Q 441.20
4	Q 14.96	Q 456.16
5	Q 37.39	Q 493.55
6	Q 44.87	Q 538.42
7	Q 82.26	Q 620.67
8	Q 97.21	Q 717.89
9	Q -	Q 717.89
10	Q 14.96	Q 732.84
11	Q 14.96	Q 747.80
12	Q 14.96	Q 762.76
13	Q 74.78	Q 837.54
14	Q 89.74	Q 927.27
13	Q 74.78	Q 852.49
12	Q -	Q 852.49
11	Q 97.21	Q 755.28
12	Q 164.52	Q 919.80
13	Q 119.65	Q 1,039.45
14	Q 157.04	Q 1,196.48
15	Q 14.96	Q 1,211.44
16	Q 37.39	Q 1,248.83
17	Q 44.87	Q 1,293.70
18	Q 82.26	Q 1,375.96
19	Q 97.21	Q 1,473.17
20	Q 74.78	Q 1,547.95
21	Q -	Q 1,547.95
22	Q 22.43	Q 1,570.38
23	Q 97.21	Q 1,667.60
24	Q 14.96	Q 1,682.55
25	Q 74.78	Q 1,757.33
26	Q 89.74	Q 1,847.07
27	Q 164.52	Q 2,011.59
26	Q 82.26	Q 1,929.33
25	Q 44.87	Q 1,884.46
24	Q 37.39	Q 1,847.07
25	Q 119.65	Q 1,966.71
26	Q 157.04	Q 2,123.75
27	Q 14.96	Q 2,138.71
28	Q 119.65	Q 2,258.36
29	Q 157.04	Q 2,415.39
30	Q 14.96	Q 2,430.35
31	Q 37.39	Q 2,467.74
32	Q 37.39	Q 2,505.13
33	Q 82.26	Q 2,587.39
34	Q 97.21	Q 2,684.60
35	Q 89.74	Q 2,774.34
36	Q 164.52	Q 2,938.85
37	Q 119.65	Q 3,058.50
38	Q 157.04	Q 3,215.54
39	Q 14.96	Q 3,230.50
40	Q 37.39	Q 3,267.89
41	Q 44.87	Q 3,312.75
42	Q 82.26	Q 3,395.01
43	Q 97.21	Q 3,492.23
44	Q -	Q 3,492.23
45	Q 74.78	Q 3,567.01

Fuente: elaboración propia.

4.7.1.3. Aplicación de promedio

En este método se aplica el enunciado del método: aproxima cuando se divide el saldo en unidades unitarias, en existencia, entre el número de unidades en existencia, como se muestra en la figura 15.

Figura 14. **Aplicación de promedio del proceso de reciclado**

Fecha	Operación	Unidades			c/u	c/u promedio
		Entrada	Salida	Existencia		
1	Compra	1		1	Q 164.52	Q 164.52
1	Compra	1		2	Q 119.65	Q 201.91
2	Compra	1		3	Q 157.04	Q 291.64
3	Compra	1		4	Q 14.96	Q 233.69
4	Compra	1		5	Q 37.39	Q 224.34
5	Compra	1		6	Q 44.87	Q 231.82
5	Compra	1		7	Q 82.26	Q 280.96
6	Compra	1		8	Q 97.21	Q 343.05
7	Compra	1		9	Q -	Q 304.94
7	Compra	1		10	Q 14.96	Q 289.40
7	Compra	1		11	Q 14.96	Q 278.05
8	Compra	1		12	Q 14.96	Q 269.83
8	Compra	1		13	Q 74.78	Q 323.85
9	Compra	1		14	Q 89.74	Q 390.46
9	Salen		1	13		Q 30.04
9	Salen		1	12		Q 2.50
9	Salen		1	11		Q 0.23
10	Compra	1		12	Q 164.52	Q 164.72
10	Compra	1		13	Q 119.65	Q 271.70
11	Compra	1		14	Q 157.04	Q 409.33
12	Compra	1		15	Q 14.96	Q 397.00
13	Compra	1		16	Q 37.39	Q 409.58
14	Compra	1		17	Q 44.87	Q 430.35
14	Compra	1		18	Q 82.26	Q 488.70
14	Compra	1		19	Q 97.21	Q 560.19
14	Devolucion	1		20		
15	Compra	1		21	Q -	Q 506.84
15	Compra	1		22	Q 22.43	Q 506.24
16	Compra	1		23	Q 97.21	Q 581.44

Continuación figura 15.

Valores		
Debe	Haber	Saldo
Q 164.52		Q 164.52
Q 239.30		Q 403.81
Q 471.11		Q 874.93
Q 59.82		Q 934.75
Q 186.95		Q 1,121.70
Q 269.21		Q 1,390.91
Q 575.81		Q 1,966.71
Q 777.71		Q 2,744.43
Q -		Q 2,744.43
Q 149.56		Q 2,893.99
Q 164.52		Q 3,058.50
Q 179.47		Q 3,237.97
Q 972.14		Q 4,210.11
Q1,256.30		Q 5,466.42
	Q 5,075.96	Q 390.46
	Q 360.42	Q 30.04
	Q 27.53	Q 2.50
Q1,974.19		Q 1,976.69
Q1,555.42		Q 3,532.12
Q2,198.53		Q 5,730.65
Q 224.34		Q 5,954.99
Q 598.24		Q 6,553.23
Q 762.76		Q 7,315.99
Q1,480.64		Q 8,796.63
Q1,847.07		Q10,643.70
Q -		Q10,643.70
Q 493.55		Q11,137.24
Q2,235.92		Q13,373.17

Continuación figura 15.

Fecha	Operación	Unidades			c/u	c/u promedio
		Entrada	Salida	Existencia		
17	Compra	1		24	Q 14.96	Q 572.17
17	Compra	1		25	Q 74.78	Q 624.06
18	Compra	1		26	Q 89.74	Q 689.80
19	Compra	1		27	Q 164.52	Q 828.77
19	Salen		1	26		Q 31.88
19	Salen		1	25		Q 1.28
19	Salen		1	24		Q 0.05
20	Compra	1		25	Q 119.65	Q 119.70
20	Compra	1		26	Q 157.04	Q 272.13
21	Compra	1		27	Q 14.96	Q 277.01
21	Compra	1		28	Q 119.65	Q 386.76
21	Compra	1		29	Q 157.04	Q 530.47
21	Compra	1		30	Q 14.96	Q 527.74
21	Compra	1		31	Q 37.39	Q 548.11
22	Compra	1		32	Q 37.39	Q 568.37
23	Compra	1		33	Q 82.26	Q 633.40
23	Compra	1		34	Q 97.21	Q 711.99
23	Compra	1		35	Q 89.74	Q 781.38
24	Compra	1		36	Q 164.52	Q 924.19
24	Compra	1		37	Q 119.65	Q 1,018.86
25	Compra	1		38	Q 157.04	Q 1,149.09
25	Compra	1		39	Q 14.96	Q 1,134.58
25	Compra	1		40	Q 37.39	Q 1,143.61
26	Compra	1		41	Q 44.87	Q 1,160.58
27	Compra	1		42	Q 82.26	Q 1,215.21
28	Compra	1		43	Q 97.21	Q 1,284.16
29	Compra	1		44	Q -	Q 1,254.97
29	Compra	1		45	Q 74.78	Q 1,301.87

Continuación figura 15.

Valores		
Debe	Haber	Saldo
Q 358.94		Q13,732.11
Q1,869.50		Q15,601.61
Q2,333.14		Q17,934.75
Q4,441.93		Q22,376.68
	Q21,547.91	Q 828.77
	Q 796.89	Q 31.88
	Q 30.60	Q 1.28
Q2,991.20		Q 2,992.48
Q4,082.99		Q 7,075.46
Q 403.81		Q 7,479.28
Q3,350.14		Q10,829.42
Q4,554.10		Q15,383.52
Q 448.68		Q15,832.20
Q1,159.09		Q16,991.29
Q1,196.48		Q18,187.77
Q2,714.51		Q20,902.29
Q3,305.28		Q24,207.56
Q3,140.76		Q27,348.32
Q5,922.58		Q33,270.90
Q4,426.98		Q37,697.87
Q5,967.44		Q43,665.32
Q 583.28		Q44,248.60
Q1,495.60		Q45,744.20
Q1,839.59		Q47,583.79
Q3,454.84		Q51,038.63
Q4,180.20		Q55,218.83
Q -		Q55,218.83
Q3,365.10		Q58,583.93

Fuente: elaboración propia.

Para hallar el método más conveniente se procede a utilizar el siguiente modelo.

$$\sum = \frac{\text{Salidas } Q. - \text{Dev } Q}{\text{Salidas } u - \text{Dev } U}$$

Es importante tomar en cuenta que para hallar la devolución a la que se refiere es de producción. Para hallar el costo unitario con el método PEPS:

$$\text{Salidas } Q = \Sigma \text{Total de salidas}$$

$$\begin{aligned} &= Q 164,52 + Q 119,65 + Q 157,04 + Q 14,96 + Q 37,39 + Q 44,87 \\ &= Q 538,43 \end{aligned}$$

$$\sum = \frac{Q 538,43 - Q 164}{6 - 1} = Q 74,78$$

Para hallar el costo unitario con el método UEPS:

$$\text{Salidas } Q = \Sigma \text{Total de salidas}$$

$$\begin{aligned} &= Q 74,78 + Q 0,00 + Q 97,21 + Q 82,26 + Q 44,87 + Q 37,39 \\ &= Q 336,51 \end{aligned}$$

$$\sum = \frac{Q 336,51 - Q 74}{6 - 1} = Q 52,35$$

Para hallar el costo unitario con el método promedio:

$$\sum = \frac{\text{Saldo final}}{\text{Existencia total}}$$

$$\text{Saldo final} = \text{el último saldo con el que finalizó} = Q 58 583,93$$

Saldo final = la cantidad de existencia con la que finalizó = 45

$$\sum = \frac{58\,583}{45} = Q\,1\,301,87$$

Por el tipo de proceso del que se trata y la materia prima en realidad no tiene un costo directo, utilizar el método de costo promedio no es certero porque existe mucha variación de un costo en cada unidad. Al evaluar PEPS contra UEPS se concluye que es recomendable para el mes utilizar UEPS, ya que tiene un costo de Q 52,35; mientras que el método PEPS devuelve un costo unitario de Q 74,78.

5. SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LOS PLANES DE ACCIÓN

5.1. Evaluación de resultados

A continuación, se presenta la evaluación de resultados que pretende demostrar si existen o no oportunidades de mejora. De ser así, lo que se pretende es interpretar las malas prácticas que actualmente se tienen dentro de la empresa y medirlos en relación a lo que se propone.

5.1.1. Interpretación

El problema principal de la empresa recicladora radica en la falta de control y análisis de los diferentes escenarios en los que se incurren en un costo. Actualmente, se tienen cuatro maquinarias, de las cuales se estiman Q 36 250,00 mensuales en concepto de depreciación; es necesario un pago de una prima mensual de Q 3 000 destinados a seguro de maquinaria; por último, se tiene un costo de Q 583,33 mensuales para su mantenimiento.

Como se planteó en el capítulo anterior, lo que se precisó fue analizar cada uno de los factores en los que se incurriera en un costo y preguntarse si era necesario o existía alguna otra manera de reducir o sustituir con otro.

Finalmente se logró obtener una reducción del 15,19 % sobre el costo. Actualmente, dentro de la empresa recicladora se tiene un CPDU de Q 4 212,91, con las adecuaciones anteriormente descritas se logra que el CPDU pueda ser de hasta Q 3 572,92. Lo que se pretende es analizar cada una de las partes que

comprenden el costo, medirlos constantemente y de esa manera tener un buen seguimiento y control de los costos dentro del proceso de reciclado de solventes.

5.1.2. Medición de resultados

Esta se realizará por medio de indicadores de desempeño, medidos y consolidados de manera mensual en un nuevo formato de medición de resultados.

- Programación de la producción

El indicador de programación de la producción tiene como objetivo garantizar que se esté llevando una buena programación; de no ser así, se deberán tomar las debidas medidas correctivas dependiendo de la situación. Para ello, se utilizará el criterio de cumplimiento en los pedidos. Mientras mayor sea el cumplimiento, el indicador será mayor, como se muestra en el siguiente modelo.

$$\textit{Programación de la producción} = \frac{\textit{Cantidad de pedidos entregados en fecha}}{\textit{Cantidad de pedidos}}$$

- Tiempo del proceso de solvente de alcoholes

El indicador de tiempo del proceso de solvente de alcoholes buscará medir que se esté cumpliendo con el tiempo estándar del proceso; anteriormente, se demostró que el tiempo de producción impacta directamente en los costos; por lo tanto, si el tiempo de producción es igual o menor que el estándar el indicador será bueno, a medida que este incremente, el indicador disminuirá, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XLVI. **Tiempo del proceso solvente de alcoholes**

Tiempo del proceso [minutos]	Indicador
436,84	100 %
437 - 445	75 %
446 o más	50 %

Fuente: elaboración propia.

- Indicador de tiempo de proceso de solvente ecológico

El indicador de tiempo del proceso de solvente de alcoholes buscará medir que se esté cumpliendo con el tiempo estándar del proceso; anteriormente, se demostró que el tiempo de producción impacta directamente en los costos, por lo que si el tiempo de producción es igual o menor que el estándar el indicador será bueno; a medida que este incremente, el indicador disminuirá como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XLVII. **Tiempo proceso solvente ecológico**

Tiempo del proceso [minutos]	Indicador
616,84	100 %
617 – 650	75 %
651 o más	50 %

Fuente: elaboración propia.

- Eficiencia de los pronósticos

Este indicador medirá la eficiencia del pronóstico del mes con el objetivo de garantizar que se utilice el método de pronóstico mes con mes. La eficiencia se calculará de la siguiente manera.

$$Eficiencia = 100 - \left| \frac{Volumen\ real - pronóstico}{Volumen\ real} * 100 \right|$$

- Formato consolidado para los indicadores

En el formato consolidado de indicadores se presentará de manera mensual los resultados de cada indicador en un mismo reporte. Para el cálculo del % de cumplimiento de la programación de producción se realizará un solo cálculo mensual; para los indicadores del tiempo de proceso de los solventes, se deberá hacer uno individual por cada tonel, el promedio mensual del cálculo de cada uno es el que se deberá colocar en el reporte. Por último, en la figura 16 se muestra la forma para el cálculo de la eficiencia de los pronósticos se hará un solo cálculo el mes.

Figura 15. **Formato consolidado para los indicadores**

Empresa Recicladora de Solventes	Código:	Versión:
Departamento de Producción	Reporte Consolidado de Indicadores	Aprobado Por:

INDICADOR	% Cumplimiento
Programación de la Producción.	--
Tiempo del Proceso de Solvente de alcoholes.	--
Tiempo del Proceso de Solvente Ecológico.	--
Eficiencia de los Pronósticos.	--

Fuente: elaboración propia.

5.2. Porcentaje de recuperación de solventes

Como se analizó en un inicio, el porcentaje de recuperación de solventes está directamente relacionado al mal manejo de los solventes entregados por el cliente. A medida que un solvente ha sido más utilizado, el porcentaje de recuperación es menor. Por otro lado, el factor que más afecta el proceso y el porcentaje de recuperación es encontrar desechos ajenos al proceso dentro de los toneles a reciclar, los desechos encontrados en los toneles son entregados por los clientes.

Esto último quiere decir que no existe dentro de la empresa recicladora un plan de seguimiento y control que prevea esa mala práctica. Por ello, se recomienda establecer un formato de revisión de toneles previo a reciclar, como garantía que el solvente a reciclar cumpla con los requerimientos mínimos y garantice un menor costo dentro del proceso y una mayor eficiencia. Además, es importante tomar en cuenta que, dentro de las negociaciones pactadas con el cliente de Reciclados San José, el proceso de incineración de los residuos y el costo asociado, será responsabilidad del cliente.

Tabla XLVIII. Formato de revisión de toneles

Empresa recicladora			Proceso gestión de control interno			
			Informe consolidado de auditorías internas			
			Empresa recicladora			
			Principales resultados por mejorar	Fecha seguimiento al plan de mejora	Observaciones generales	
Recomendaciones						

Fuente: elaboración propia.

5.3. Productividad en el proceso de recuperación de solventes

Se medirá la productividad total del proceso, así como la productividad parcial de cada uno de los componentes involucrados. Esto último con el objetivo de analizar de la mejor forma los factores que puedan incidir en una reducción de la productividad total. Dicho reporte deberá presentarse de manera mensual con el objetivo de no solo analizar las fallas.

Dicho reporte, deberá contener un formato con los requerimientos mínimos: encabezado, las productividades parciales de cada componente del proceso de recuperación de solventes, así como la productividad total: la relación entre el total de ingresos en la producción y el total de insumos utilizados.

Los componentes a analizar dentro de las productividades parciales serán: productividad de la mano de obra, productividad en los gastos de fabricación, productividad en la energía y productividad total. En el último mes se tuvieron los siguientes datos como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XLIX. **Elementos de costos significantes**

Descripción	Valor [Q.]
Total de ingresos	287 000,00
Mano de obra	9 000,00
Gastos de fabricación	201 645,53
Gasto de energía	30 000,00

Fuente: elaboración propia.

Para calcular las productividades parciales se utiliza la siguiente relación:

$$\textit{Productividad parcial} = \frac{\textit{Total de insumos}}{\textit{Insumos utilizados}}$$

De esa manera, se procede a calcular cada una de las productividades parciales del mes en curso:

$$\textit{Productividad de mano de obra} = \frac{Q\ 287\ 000,00}{Q\ 9\ 000,00} = 31,89$$

$$\textit{Productividad de los gastos de fabricación} = \frac{Q\ 287\ 000,00}{Q\ 201\ 645,53} = 1,42$$

$$\textit{Productividad de energía} = \frac{Q\ 287\ 000}{Q\ 30\ 000} = 9,57$$

Asimismo, la productividad total se calcula de la siguiente manera:

$$\textit{Productividad total} = \frac{\textit{Total de ingresos}}{\textit{Total de insumos}}$$

$$\begin{aligned}\textit{Total de insumos} &= Q\ 30\ 000\ 00 + Q\ 201\ 645,53.00 + Q\ 9\ 000,00 \\ &= Q\ 240\ 645,53.00\end{aligned}$$

$$\textit{Productividad total} = \frac{287\ 000}{240\ 645,53} = 1,19$$

El formato se debe mostrar como en la tabla L.

Tabla L. **Formato de productividades**

Empresa recicladora	Proceso gestión de control interno		Código:	
	Informe consolidado de auditorías		Versión:	
	Empresa recicladora		Fecha de aprobación	
Seguimiento productividades				
No.	Descripción de productividad	Total, Ingresos	Insumos utilizados	Productividad

Fuente: elaboración propia.

Generalmente, las productividades parciales serán mayores a uno, esto se debe a que el costo individual es mucho menor al ingreso total. La productividad es un indicador comparativo, por lo que si estos se encuentran bien se deberá recurrir a la productividad total. En dado caso esta última sea menor a uno o exista una reducción en comparación al mes anterior se deberán analizar las productividades parciales en función a los meses comparativos.

5.4. Comparación de costos del método actual y método mejorado

A continuación, se presenta una comparación de los costos con el uso de los métodos actual y mejorado. El método mejorado se refiere a las diferentes recomendaciones realizadas; para optimizar el costo constantemente se

propondrá un formato que se recomienda seguir periódicamente. En siguiente tabla se muestra la comparación de costos.

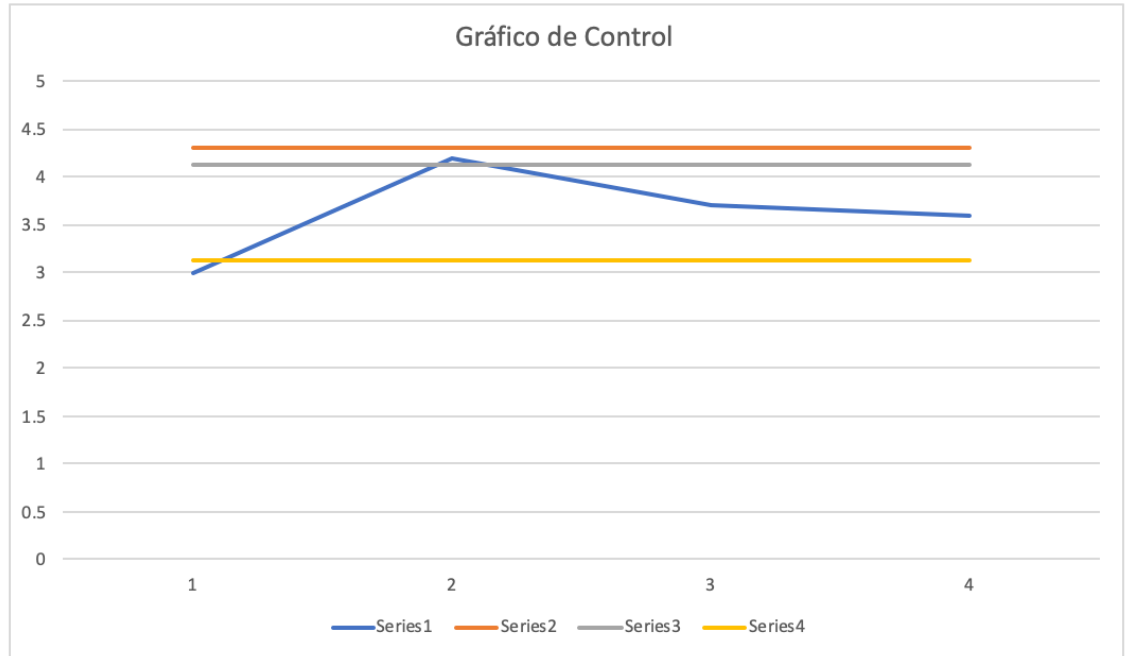
Tabla LI. **Comparación de costos, método actual vs. método mejorado**

Costo unitario [costo por tonel]	
Costo método actual	Costo método mejorado
Q 3 572,92	Q 4 212,91

Fuente: elaboración propia.

Para reducir el costo se analizaron los costos más significativos: gastos fijos y variables de fabricación. En el análisis realizado se concluyó que la depreciación de la maquinaria afectaba considerablemente en los libros; de la misma manera, es importante analizar mensualmente las posibles tendencias de los costos. Se recomienda utilizar gráficos de control de los costos para analizar posibles tendencias, como se muestra en la figura 17.

Tabla LII. **Gráfico de control de las tendencias de costos**



Fuente: elaboración propia

Los datos que corresponden al ejemplo de la figura 17 se muestran en la tabla LIII.

Tabla LIII. **Datos de gráfico de control**

Costo	Costo [miles]	Promedio [miles]	LCS [miles]	LIC [miles]
Mes 1	3	4,3	4,12	3,13
Mes 2	4,2	4,3	4,12	3,13
Mes 3	3,7	4,3	4,12	3,13
Mes 4	3,6	4,3	4,12	3,13

Fuente: elaboración propia.

El gráfico propuesto está diseñado para analizar al menos los últimos cuatro costos unitarios mensuales por tonel. Para ello, se deberá tener un historial de los costos; actualmente, se sabe que el promedio del costo unitario ha sido de Q 4 300,00. Para hallar los límites superior e inferior de control se realiza la suma o resta (según sea el caso) del promedio más/menos la desviación estándar de los costos unitarios totales.

Lo que se pretende con el gráfico son dos cosas: primero garantizar que el costo se encuentre dentro de los límites de control y, segundo, que no exista una tendencia que sugiera un posible costo fuera dentro del rango. En caso se presente un costo fuera del rango se deberá aplicar una medida correctiva según sea el caso y si se presentara una tendencia sin salirse del rango deberá aplicarse una medida preventiva.

5.5. Control de resultados

Se vio anteriormente que existen variables independientes al proceso de reciclado de solventes que afectan de manera indirecta los costos: puntualidad en el pago, pronósticos de producción y manejo de órdenes.

La puntualidad de pago sucede porque no existe una política para el proceso de ventas. Por tal razón, se recomienda establecer una política de pago de anticipo del cincuenta por ciento y el resto del pago contra entrega de los toneles reciclados. En ocasiones se tenía un valor muy alto en la cuenta de cuentas por cobrar, lo cual afecta la liquidez de la empresa para saldar obligaciones.

En cuanto a los pronósticos de producción se determinó que el método EDD *earliest due date*. El resultado positivo de los pronósticos puede variar en

determinado tiempo, por ello y por cuestión de control de resultados se recomienda trimestralmente realizar el pronóstico con los cuatro métodos: FCFC, SPT, EDD y LPT. Esto último para garantizar que se está utilizando el método de pronóstico más cercano a la realidad posible. A medida que se tenga un mejor pronóstico de producción se podrá programar de una mejor manera la producción del futuro.

Por último, se tiene el manejo de órdenes. Dentro de la empresa recicladora de solventes se recomendó anteriormente tener un mejor manejo de órdenes; aunque es un factor independiente del proceso, ayuda a tener un mejor orden en la programación y producción del reciclado de solventes. Para la correcta utilización del formato se recomienda hacer uso de un formato de control de órdenes, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla LIV. **Formato de control de órdenes**

Fecha	Número de orden	Hora de inicio	Hora final	Proceso	Responsable	Firma

Fuente: elaboración propia.

Con ese formato se garantiza cumplir con la orden del manejo de órdenes de producción, dicho formato debería ser diario.

5.6. Aplicación del círculo de *Deming*

Para mantener una correcta optimización en el proceso de reciclado de solventes se recomienda trabajar con el círculo de *Deming* (planificar, hacer, revisar y actuar). Actualmente, se ha recomendado aplicar el círculo de *Deming* específicamente en el proceso de producción; sin embargo, el objetivo es que se pueda aplicar para cualquier otro proceso interno.

- Fase de planificación
 - Paso 1: identificar el qué

Dado que se pretende aplicar el método en el proceso de producción y encontrar el problema es necesario formular algunas preguntas para identificarlo.

- ¿Qué es lo que se ha encontrado? Se encontró un porcentaje de recuperación de solvente menor al nominal.
- ¿Quién lo ha detectado? El operario lo ha identificado en varias ocasiones.
- ¿Dónde se ha encontrado? El problema se ha encontrado en el proceso de producción.
- ¿Cómo se ha detectado? Se ha identificado un 50 % de recuperación en el solvente de tintas y un 70 % de recuperación en el solvente ecológico.

- ¿Cuál es el objetivo que se quiere alcanzar? Aumentar el porcentaje de recuperación de solventes en el proceso de producción.
- Paso 2: causas potenciales

Para encontrar las causas potenciales se utilizará la técnica: ¿por qué? El problema principal es un porcentaje de recuperación de solvente menor al nominal.

- ¿Por qué? 1: el porcentaje nominal de solventes de alcoholes es del 70 % y del solvente ecológico es del 85 %; en las últimas mediciones se han encontrado porcentajes del 50 % y del 70 %, respectivamente.
- ¿Por qué? 2: mal funcionamiento de la maquinaria en el proceso de reciclado de solventes.
- ¿Por qué? 3: desechos sólidos dentro de los toneles antes de someterse al proceso de reciclado.
- ¿Por qué? 4: falta de verificación de las condiciones de los solventes a reciclar al momento de recibirlos al cliente.
- ¿Por qué? 5: falta de exigencia condiciones mínimas que debe de tener el solvente a reciclar al momento de recibirlos al cliente.

- Fase de hacer

Luego de diagnosticar las causas reales importantes, proponer los planes de acción.

La causa principal la representan los desechos sólidos en solvente a reciclar que impiden un correcto funcionamiento de la maquinaria, esto último es debido a la falta de un control de calidad en la recepción de la materia prima. Para ello, se recomienda considerar como parte del proceso de recepción de materia prima verificar que el solvente sucio no contenga desechos sólidos en su interior.

- Fase de verificación

En esta fase el objetivo es verificar y determinar que el plan de hacer se realice correctamente. Para ello, se propone un simple formato de manera mensual en el que al final se puedan contabilizar la cantidad de toneles que fueron rechazados, es de decir, que no cumplieron con las garantías mínimas para poderse someter al proceso. En caso se encontrarán situaciones en las que los toneles recibidos tuvieran desechos sólidos significa que se deberá retroalimentar al colaborador que haya recibido ese tonel, con la ayuda del formato recomendado en la siguiente tabla.

Tabla LV. **Formato de verificación de toneles**

Fecha	Cliente	Desechos sólidos	Recibió tonel

Fuente: elaboración propia.

- Fase de actuar

En la siguiente fase se propone actuar dependiendo de los resultados obtenidos en la fase de verificación. Lo que se busca es estandarizar el proceso y aprender de los posibles errores encontrados en el método para así evitarlos en un futuro; se propone utilizar de manera mensual el formato mostrado en la siguiente tabla.

Tabla LVI. **Formato de estandarización del proceso**

Estandarización	
Hacer una lista de los documentos afectados.	Cuáles son las intervenciones que se deben hacer para impedir la recurrencia del problema.
Perspectivas	
Cuáles son los puntos a tener en cuenta en los nuevos proyectos.	Verificar el traslado de acciones a productos o procesos similares.
Lecciones aprendidas.	

Fuente: elaboración propia.

5.7. Análisis de la operación

En el cuarto capítulo se analizó la operación; lo que se pretendía saber era determinar si es justificable el gasto tan alto que representa en libros el mantenimiento de maquinaria y su depreciación. Se concluyó mediante un VPN (valor presente neto) que es preferible el escenario de venta de la maquinaria y optar por hacer uso de *leasing*; con esta solución se espera ahorrar en los costos de mantenimiento, depreciaciones y otros.

El proceso de producción de solventes de los toneles de solvente ecológico y de los solventes de tintas o alcoholes es sencillo; se demostró en los diagramas anteriores: ingresa el tonel de materia prima, se traslada el tonel a un costado de maquinaria, se coloca una manguera para succionar el solvente, se enciende la máquina, se espera a que la máquina purifique el solvente, se retira la manguera, se traslada el tonel reciclado y, por último, se examina la calidad de la sustancia.

El análisis de la operación es necesario para de forma mensual cuestionar cada paso involucrado en el proceso, cuestionar con el objetivo de reducir o combinar las operaciones que hagan más eficientes la operación. Para garantizar la constante optimización del proceso se propone el formato de análisis de operación que busque la mejora continua y las posibles innovaciones como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla LVII. **Formato de análisis de la operación**

Pregunta	Operación 1: ingresa tonel de materia prima
¿Cuánto tiempo promedio representó esta operación?	
¿Qué actores que influyeron en la pérdida de tiempo, si es que existió?	
¿Es necesaria esta operación?	
¿Se puede combinar la operación?	

Fuente: elaboración propia.

Se recomienda entregar un reporte con ese formato en todas las operaciones involucradas en el proceso para siempre estar en busca de la mejora continua. Debería idealmente revisarse al finalizar cada mes y de esa manera evaluar los resultados de la operación de manera individual.

5.8. Programa de capacitación

El último aspecto a tomar en cuenta dentro del seguimiento y control del proceso de reciclado de solventes es un programa de capacitación para las personas en contacto directo con el solvente a reciclar. Anteriormente, se concluyó que una de las razones principales de que exista una reducción en el porcentaje de solvente reciclado es un solvente que no cumple los requerimientos mínimos (solventes reutilizados de manera excesiva, desechos dentro del solvente). Una de las soluciones recomendadas fue un formato de control de recepción de materia prima, otra solución recomendada es justamente el programa de capacitación.

El programa de capacitación debería ser orientado hacia las empresas clientes, las empresas que desean reciclar su solvente y donde se haya identificado reincidencia en entregar solventes que no cumpla con los requisitos mínimos. Al culminar cada capacitación mensual a cada empresa cliente, se deberá llenar un formato de capacitaciones como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla LVIII. **Formato de capacitaciones**

Pregunta	Respuestas y observaciones
Cantidad de personas capacitadas.	
¿Se realizó capacitación teórica y práctica?	
¿Se encontraron causas nuevas no identificadas previamente?	

Fuente: elaboración propia.

Además de capacitar al personal, será una técnica de investigación en la que se podrán identificar causas no identificadas que contribuyan al mal manejo de los solventes. Con estos planes de acción y control, se espera mantener el 70 % y un 85 % de recuperación de solventes en solventes de tintas y ecológicos, respectivamente, que ofrece el fabricante.

CONCLUSIONES

1. El mayor costo de manejo de maquinaria es el costo de energía eléctrica; la maquinaria que procesa el solvente de alcoholes representa el 80 % del total del costo de manejo de maquinaria.
2. El rendimiento del personal operativo en el manejo de la maquinaria es del 100 % en comparación a meses anteriores; disminuir el personal no es viable ya que afectaría la eficiencia del proceso y, por consiguiente, impactaría en el costo de producción.
3. Los sólidos producidos por solvente no recuperable dentro del proceso representan en promedio un 20 % del total de costos variables dentro de la empresa recicladora.
4. El costo de materia prima de un tonel en el proceso de reciclado de solvente es de Q 5 575,00 debido a la utilidad no percibida en comparación al precio del mercado.
5. La empresa recicladora no realiza pronósticos de producción, esto ha provocado la falta de cumplimiento en tiempos de entrega y, en ocasiones, con una bodega con un *stock* de inventario muy alto y poca rotación. Se midió la eficiencia de los pronósticos del mes en curso y se determinó que la media móvil es el más eficiente con un 95 %.
6. Se analizaron los costos, diagramas de operaciones actuales y se aplicaron mejoras que incluyen tiempos a cada operación y un cuadro

resumen que facilite la medición de la productividad dentro de los procesos. Comparando el tiempo total de producción actual versus el mejorado se tendría una reducción total de 1,17 minutos en la producción de cada tonel de solvente.

7. Es conveniente recurrir a la opción de *leasing* con la maquinaria, se tendría un ahorro del 22,88 % en gastos fijos. Además, implementando una supervisión de la calidad del solvente a recuperar se tendría un ahorro de energía eléctrica, que impactaría en un 12,46 % de los gastos variables.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar indicadores de desempeño de manera mensual para medir constantemente los tiempos y la eficiencia de los procesos de recuperación de solventes.
2. Realizar un control de calidad en la recepción de toneles a reciclar de los clientes para garantizar que se cumplen los requisitos mínimos para someterlos al proceso de recuperación.
3. Realizar la constante utilización del círculo de *Deming* dentro del proceso de reciclado de solventes y cualquier otro proyecto que pueda surgir dentro de la empresa, esto para garantizar la mejora continua.
4. Realizar nuevas cotizaciones por fletes innecesarios cuando por falta de aviso del cliente se envíen toneles y el cliente no pueda recibirlos. Esto para evitar el gasto de Q 100 por cada flete innecesario.
5. Cambiar de 'numeración conclusiones' a 'numeración recomendaciones' dado que este último es el estilo indicado para esta sección.
6. Realizar pronósticos de producción de manera mensual para corroborar que se esté utilizando el método más eficiente.
7. Actualmente, no se cuenta con un análisis de costos de la compra de un montacargas adicional; por lo tanto, se recomienda evaluarlo con el objetivo de aumentar la eficiencia en el proceso de producción.

8. Analizar un posible incremento en el precio de venta por cada tonel, ya que actualmente el precio de venta es menor al costo de producción debido a la gran diferencia entre el precio de venta del mercado comparado con el precio de venta de reciclados San José.

9. La empresa recicladora no cuenta con una programación de producción enfocada a una correcta asignación de maquinaria. El método *earliest due date* minimizaría en un ciento por ciento los retrasos de entregas a los clientes.

BIBLIOGRAFÍA

1. CHAPMAN, Stephen. *Planificación y control de la producción*. México: Pearson Educación, 2006. 28 p.
2. CORONADO, CARLOS. *Costo de producción*. [en línea]. <http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/elena/repaso_de_conceptos> [Consulta: febrero 2017].
3. DE LA FUENTE, David; GARCIA, Nazario; GÓMEZ, Alberto; PUENTE, Javier. *Organización de la producción en ingenierías*. Textos Universitarios Ediuno, 2006. 143 p.
4. FLORES JIMÉNEZ, Ivette. *Planificación*. [en línea]. <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/est/LI_AdminEst/Ivette_Flores/articulo_planificacion.pdf>. [Consulta: noviembre 2016].
- 5.
6. HORNGREEN, Charles; T. HARRISON JR, Walter; SMITH BAMBER, Linda. *Contabilidad*. México: Pearson Prentice Hall, 2003. 355 p.
7. INZA, Urzelai. *Manual básico de logística integral*. España: Ediciones Díaz de Santos, 2006. 19 p.
8. MEYERS, Fred. *Estudio de tiempos y movimientos*. México: Pearson Educación, 2000. 63. p.

9. NIEBEL, Benjamín. *Ingeniería industrial: método, estándares y diseño de trabajo*. México: Alfoamega, 1990. 120 p.
10. OROZCO TORRES, Jairo. [en línea]. <http://jotvirtual.ucoz.es/COSTOS/LA_CONTABILIDAD_DE_COSTOS.pdf> [Consulta: agosto 2016].
11. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. *Curso: costos y presupuestos*. [en línea]. <<https://www.upg.mx/wp-content/uploads/2015/10/LIBRO-44-Curso-costos-y-presupuestos.pdf>> [Consulta: noviembre 2016].

