

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS EN LA BODEGA CENTRAL DE
REPUESTOS DE LA EMPRESA COLGATE PALMOLIVE (C.A.), S.A. Y
PLANIFICACIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE REPUESTOS DE
MÁQUINAS INDUSTRIALES EN GUATEMALA**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JORGE MARIO MUÑOZ PAZ
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

Guatemala, septiembre de 1999

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR



Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración mi trabajo de tesis titulado:

**OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS EN LA BODEGA CENTRAL DE
REPUESTOS DE LA EMPRESA COLGATE PALMOLIVE (C.A.), S.A. Y
PLANIFICACIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE REPUESTOS DE
MÁQUINAS INDUSTRIALES EN GUATEMALA**

Tema que fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 1 de marzo de 1998.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Jorge Mario Muñoz Paz".

Jorge Mario Muñoz Paz

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	ING. HERBERT RENÉ MIRANDA BARRIOS
VOCAL 1º.	ING. JOSÉ FRANCISCO GÓMEZ RIVERA
VOCAL 2º.	ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRIGUEZ
VOCAL 3º.	ING. JORGE BENJAMÍN GUTIERREZ QUINTANA
VOCAL 4º.	BR. OSCAR STUARDO CHINCHILLA GUZMÁN
VOCAL 5º.	BR. MAURICIO ALBERTO GRAJEDA MARISCAL
SECRETARIA.	INGA. GILDA MARINA CASTELLANOS DE ILLESCAS

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

DECANO:	ING. HERBERT RENÉ MIRANDA BARRIOS
EXAMINADOR:	INGA. NORMA SARMIENTO ZECEÑA
EXAMINADOR:	ING. LUIS ANTONIO TELLO CASTRO
EXAMINADOR:	ING. JOSÉ FRANCISCO GÓMEZ RIVERA
SECRETARIA:	INGA. GILDA MARINA CASTELLANOS DE ILLESCAS



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.EPS.C.068.99

Guatemala, 12 de mayo de 1999.

Señor
Ing. Francisco Gómez Rivera
Director de la Escuela
De Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería, USAC
Presente.-

Señor Director:

Por medio de la presente, envío a usted el Informe Final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), titulado: **"OPTIMIZACION DE RECURSOS EN LA BODEGA CENTRAL DE REPUESTOS DE LA EMPRESA COLGATE PALMOLIVE (C.A.), S.A. Y PLANIFICACION PARA LA FABRICACION DE REPUESTOS DE MAQUINAS INDUSTRIALES EN GUATEMALA"**,

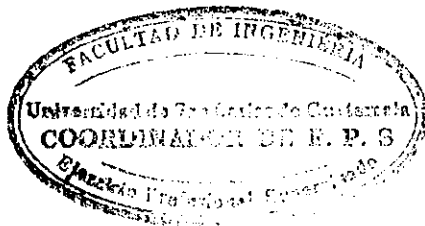
Este trabajo, lo desarrolló el estudiante universitario **JORGE MARIO MUÑOZ PAZ**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Luis Antonio Tello Castro.

Por lo que, habiendo cumplido con los objetivos y los requisitos de Ley del referido trabajo, y existiendo la **APROBACION** del mismo por parte del Asesor-Supervisor, esta **COORDINACION** también **APRUEBA** su contenido, solicitándole darle el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Muy Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



ing. JUAN MERCK COS
COORDINADOR DE E.P.S.

JMC/atc
c.c.: Archivo
Adjunto Informe Final



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.EPS.G.058.99
Guatemala, 12 de mayo de 1999.

Señor
Ing. Juan Merck Cos
Coordinador Unidad de Prácticas de
Ingeniería y E.P.S.
Facultad de Ingeniería, USAC
Presente.-

Señor Coordinador:

Por medio de la presente informo a usted, que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **JORGE MARIO MUÑOZ PAZ**, procedí a revisar el Informe Final de la Práctica Supervisada, cuyo título es: **"OPTIMIZACION DE RECURSOS EN LA BODEGA CENTRAL DE REPUESTOS DE LA EMPRESA COLGATE PALMOLIVE (C.A.), S.A. Y PLANIFICACION PARA LA FABRICACION DE REPUESTOS DE MAQUINAS INDUSTRIALES EN GUATEMALA"**, el cual lo encuentro satisfactorio.

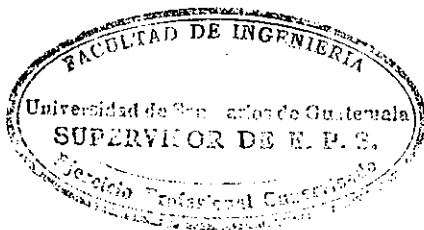
Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad a uno de los muchos problemas que padece el país, principalmente en el apoyo técnico realizado a empresas del sector productivo, en la búsqueda de soluciones viables a los problemas que atraviesan y que al final, beneficiarán a la sociedad en general.


En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Muy deferentemente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"




Ing. Luis Antonio Tello Castro
Asesor-Supervisor de E.P.S.
Area de Ingeniería Mecánica Industrial

LAT/lac
c.c.: Archivo

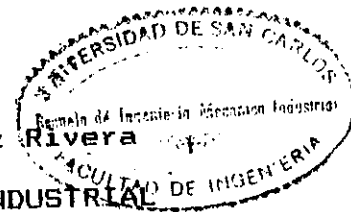


FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Revisor de Tesis y del Licenciado en Letras, al trabajo de tesis titulado **OPTIMIZACION DE RECURSOS EN LA BODEGA CENTRAL DE REPUESTOS DE LA EMPRESA COLGATE-PALMOLIVE (C.A.) S.A. Y PLANIFICACION PARA LA FABRICACION DE REPUESTOS DE MAQUINAS INDUSTRIALES EN GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario Jorge Mario Muñoz Paz, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL



Guatemala, agosto de 1999.

ends



FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado **OPTIMIZACION DE RECURSOS EN LA BODEGA CENTRAL DE REPUESTOS DE LA EMPRESA COLGATE-PALMOLIVE (C.A.) S.A. Y PLANIFICACION PARA LA FABRICACION DE REPUESTOS DE MAQUINAS INDUSTRIALES EN GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario Jorge Mario Muñoz Paz, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE

Ing. Francisco Gómez Rivera
DECANO EN FUNCIONES



Guatemala, agosto de 1999

ends

ACTO QUE DEDICO A:

Dios:

Por haberme dado la vida, por darme la oportunidad de culminar con éxito mis estudios y estar conmigo todo el tiempo.

Mis padres:

José Isabel Muñoz Lorenzana.

Juventina del Carmen Paz de Muñoz.

Por su apoyo durante toda mi vida y por haberme encaminado hacia el bien.

Mis hermanos:

Ana María, Luis Alfredo, Marta Delia, José Manuel, Luz Amelia, María del Carmen y Ericka Guadalupe.

Por su cariño y confianza.

Mi novia:

Loyda Lizzette Vázquez.

Por ser fuente de mi inspiración y apoyo en todo momento.

Mi familia en general:

Especialmente a mis tíos:

Efraín Antonio Paz.

Karla Mancilla de Paz.

Mis cuñados:

Juan Vicente, José Luis, Eleazar, Ruth, Rafael y Omar.

Por su apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XIV
INTRODUCCIÓN	XVI
OBJETIVOS	XVII
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	
1.1 Ubicación	1
1.1.1 Ubicación industrial	1
1.1.2 Ubicación geográfica	3
1.2 Reseña histórica	3
1.2.1 Colgate Palmolive en Guatemala	3
1.3 Productos	4
2. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE BODEGA	
2.1 Bodega central de repuestos	6
2.2 Análisis de bodega a través del método FODA	6
2.3 Controles	7
2.3.1 Recepción y entrega de órdenes de compra y compromisos de compra	7
2.3.2 Procedimiento para la solicitud de compra de repuestos	7
2.3.3 Orden de compra general (GE)	10
2.3.4 Orden de compra (EQ)	11

2.3.5	Procedimiento para generar un compromiso de compra	11
2.3.6	Recepción de repuestos en tránsito	13
2.3.7	Recepción de repuestos cargados a la cuenta repuestos	15
2.3.8	Salida de repuestos en tránsito	15
2.3.9	Salida de repuestos cargados a la cuenta repuestos	15
2.3.10	Materiales y repuestos a consignación	19
2.3.11	Almacenaje	19
2.3.12	Modelos de inventarios	20
2.4	Organización	23
2.4.1	Factor humano	23
2.4.2	Departamentos	24
2.5	Instalaciones	24
2.5.1	Iluminación	25
2.5.2	Seguridad e higiene	27
	2.5.2.1 Análisis de seguridad	27
	2.5.2.1.1 Riesgos de incendios	27
	2.5.2.1.1.1 Líquidos inflamables	27
	2.5.2.1.1.2 Material combustible	27
	2.5.2.1.2 Riesgos en el manejo de repuestos pesados	28
	2.5.2.1.3 Análisis de ruido en bodega	28
2.5.3	Accesibilidad	29
2.5.4	Capacidad	29

3.	PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS EN BODEGA CENTRAL DE REPUESTOS	
3.1	Establecimiento de controles y mejoras a los existentes	32
3.1.1	Control para recepción y entrega de órdenes y compromisos de compra	33
3.1.2	Hoja maestra de repuestos	33
3.1.3	Procedimiento para el manejo de materiales y repuestos a consignación	35
3.1.4	Modelos de inventarios	39
3.1.4.1	Clasificación (ABC)	40
3.1.4.2	Componentes de los modelos de inventarios	41
3.1.4.3	Clases de modelos de inventarios	44
3.1.4.3.1	Modelos deterministas	46
3.1.4.3.2	Modelos probabilistas	47
3.1.4.4	Aplicación de los modelos de inventarios	48
3.1.4.4.1	Clasificación de repuestos	48
3.1.4.4.2	Aplicación de los modelos deterministas	48
3.1.4.5	Registro para el control de inventarios	55
3.2	Departamentalización dentro de bodega	55
3.3	Almacenaje de repuestos	56
3.3.1	Técnicas de almacenaje	59
3.3.2	Identificación para la búsqueda de repuestos	60
3.3.2.1	Identificación de los departamentos	60
3.3.2.2	Identificación de las máquinas dentro de las estanterías	63
3.3.2.3	Identificación de repuestos	64
3.3.3	Búsqueda de repuestos	64

3.4	Reglamento para el uso de bodega	65
3.5	Mejoras en las instalaciones	67
3.6	Seguridad	68
3.7	Costos	68
4.	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA FABRICACIÓN DE REPUESTOS EN GUATEMALA	
4.1	Inventario de los posibles repuestos a producirse en Guatemala	70
4.2	Estudio de mercado	71
4.2.1	Fabricación	73
4.2.1.1	Taller de máquinas herramientas de Colgate Palmolive (C.A.), S.A.	73
4.2.1.1.1	Máquinas herramientas indispensables	73
4.2.1.1.2	Equipo indispensable	74
4.2.1.1.3	Herramienta indispensable	75
4.2.1.1.4	Personal calificado	76
4.2.1.1.5	Instalaciones indispensables	77
4.2.1.2	Talleres para subcontrato	77
4.2.2	Materiales	78
4.2.2.1	Proveedores	78
4.2.2.2	Equivalencias entre los aceros de los diferentes proveedores en Guatemala	80
4.3	Estudio técnico	80
4.3.1	Estudio de capacidad	80
4.3.2	Estudio de inversiones	82
4.3.2.1	Inversiones físicas	82

4.3.2.2	Inversiones en equipamiento	82
4.3.2.3	Inversiones en materia prima	83
4.3.3	Estudio de calidad	83
4.3.3.1	Fabricación de repuestos mecánicos en Guatemala	83
4.3.3.1.1	Fabricación de repuestos mecánicos en Colgate Palmolive (C.A.), S.A.	84
4.3.3.1.2	Fabricación de repuestos mecánicos en talleres para subcontrato	84
4.3.3.2	Materiales	85
4.3.3.3	Repuestos mecánicos importados	85
4.4	Análisis de costos	86
4.4.1	Costos de producir repuestos en Guatemala	86
4.4.1.1	Costos para producir repuestos en Colgate Palmolive (C.A.), S.A.	86
4.4.1.2	Costos de los repuestos que se fabrican en talleres para subcontrato	87
4.4.2	Costos de importar repuestos	87
4.4.3	Costos por mala calidad en los repuestos	88
4.4.4	Resultados del análisis de costos	89
4.5	Resultados del estudio de factibilidad	89
4.5.1	Ventajas y desventajas en la fabricación de repuestos en Colgate Palmolive (C.A.), S.A.	92
4.5.2	Ventajas y desventajas en la fabricación de repuestos en talleres para subcontrato	92
4.5.3	Ventajas y desventajas en la importación de repuestos	93

5.	PROPUESTA PARA LA FABRICACIÓN DE REPUESTOS EN GUATEMALA	
5.1	Lista de materiales	94
	5.1.1 Propiedades de los materiales	97
	5.1.1.1 Propiedades mecánicas	97
	5.1.1.2 Propiedades térmicas	97
	5.1.1.3 Propiedades químicas	97
	5.1.1.4 Propiedades físicas	98
5.2	Repuestos factibles de producirse en Colgate Palmolive (C.A.), S.A.	98
5.3	Talleres propuestos para subcontrato	108
	5.3.1 Capacidad instalada en los talleres para subcontrato	108
	5.3.2 Calidad en el servicio	108
	5.3.2.1 Rapidez en el servicio	113
	5.3.2.2 Precisión	113
	5.3.2.3 Confiabilidad	113
5.4	Control de calidad de los repuestos fabricados en Guatemala	113
5.5	Planificación para la fabricación de repuestos mecánicos en Guatemala	115
	5.5.1 Guía para la planificación de la producción de repuestos mecánicos	115
	5.5.1.1 Descripción general del producto	115
	5.5.1.2 Materiales requeridos	116
	5.5.1.3 Plan de trabajo	116
	5.5.1.4 Especificaciones técnicas	119
	5.5.1.5 Orden de trabajo	119

6.	CAPACITACIÓN		
6.1	Área técnica		124
6.1.1	Temas técnicos importantes		127
6.1.1.1	Tratamientos térmicos		127
6.1.1.2	Ensayo de materiales		132
6.1.1.2.1	Ensayos no destructivos		132
	6.1.1.2.1.1	Determinación de fallas	133
	6.1.1.2.1.2	Ensayo de dureza	134
6.2	Área social		135
6.2.1	Normas de convivencia social		137
	6.2.1.1	Conducta en el trabajo	137
	6.2.1.2	Aseo personal	137
	6.2.1.3	Comunicación en la calle	138
	6.2.1.4	Conversación	138
	6.2.1.5	Presentaciones	138
	6.2.1.6	Conducta al conducir un vehículo	139
	6.2.1.7	Modo de conducirse en los talleres	139
6.3	Área de seguridad e higiene		139
6.4	Beneficios de la capacitación		140
6.4.1	Beneficios para Colgate Palmolive (C.A.), S.A.		140
6.4.2	Beneficios para el personal		140
6.4.3	Beneficios para la sociedad		141
6.5	Motivación para la adopción del proyecto		141

CONCLUSIONES	142
RECOMENDACIONES	144
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	145
BIBLIOGRAFÍA	147
ANEXOS	148

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

No.	Título	Pág.
1	Estructura organizacional de Colgate Palmolive (C.A.), S.A.	2
2	Requisición a taller de mantenimiento	9
3	Esquema del proceso para solicitud de compra de repuestos	10
4	Formato de un compromiso de compra	14
5	Hoja maestra de repuestos actual	16
6	Boleta ingreso a bodega	17
7	Boleta de requisición a bodega	18
8	Distribución actual del primer nivel de bodega central de repuestos	21
9	Distribución actual del segundo nivel de bodega central de repuestos	22
10	Hoja para control interno de entrega de órdenes de compra a los proveedores	34
11	Hoja maestra de repuestos propuesta	36
12	Boleta de requisición de materiales y repuestos a consignación	38
13	Gráfica de la clasificación ABC	42
14	Gráfica de costos versus cantidad de pedido	45
15	Gráfica tamaño del pedido versus tiempo	45

16	Cantidad de cojinetes versus tiempo	54
17	Modelo de etiqueta	55
18	Departamentalización en el primer nivel de bodega central de repuestos	57
19	Departamentalización en el segundo nivel de bodega central de repuestos	58
20	Modelo de una caja de cartón para el almacenaje de repuestos	61
21	Rótulo del contenido de la estantería No. 5	63
22	Modelo de los rótulos de identificación de las máquinas dentro de las estanterías	64
23	Hoja para el control de calidad de los repuestos fabricados en Guatemala	114
24	Recorrido del proceso, en la fabricación de un eje de sujeción	117
25	Hoja de registro de especificaciones para la fabricación de repuestos mecánicos	120
26	Orden de trabajo	121
27	Tratamiento térmico de los aceros al carbono	132

TABLAS

No.	Título	Pág.
I	Típicos niveles de luz para áreas de trabajo	26
II	Ruidos permisibles a los que puede estar expuesto el oído humano	30
III	Clasificación ABC de los repuestos de bodega central de repuestos	49
IV	Identificación de los departamentos en bodega central de repuestos	62
V	Estimado de ingeniería	69
VI	Tiempo muerto de las máquinas operables	81
VII	Resultados del análisis de costos	90
VIII	Análisis de costos en la importación y fabricación de engranes en Guatemala	91
IX	Composición y aplicaciones de aceros inoxidable, bronce y aluminios disponibles en Guatemala	96
X	Propiedades de los aceros para trabajos en frío	99
XI	Propiedades de los aceros para trabajo en caliente, molde de plástico y de bonificación	100
XII	Propiedades de aceros de cementación y aceros inoxidable	101
XIII	Propiedades de aceros inoxidable, bronce y aluminios	102
XIV	Propiedades de plásticos (Ertalon, Ertacetal y Ertalyte)	103
XV	Propiedades de plásticos (Erta PC, Erta HPM)	104
XVI	Capacidad instalada en el taller de máquinas herramientas de Colgate Palmolive (C.A.), S.A.	106

XVII	Propuesta para la reducción de tiempo muerto de las máquinas operables	107
XVIII	Capacidad instalada en el taller para subcontrato "SER-MIP"	109
XIX	Capacidad instalada en el taller para subcontrato "TORNOS QUINTANILLA"	110
XX	Capacidad instalada en el taller para subcontrato "ALRESA"	111
XXI	Capacidad instalada en el taller para subcontrato "INDUSTRIAS BERLIN"	111
XXII	Capacidad instalada en el taller para subcontrato "INDUSTRIAS MYCENTER"	112
XXIII	Capacidad instalada en el taller para subcontrato "TÉCNICA INDUSTRIAL FIGUEROA"	112
XXIV	Tiempos estándar en la fabricación de un eje de sujeción	118

GLOSARIO

"Cold roller"	Acero con bajo contenido de carbono.
Compromiso de compra	Documento que se utiliza para la compra de repuestos y materiales a proveedores únicos.
Consignación	Modalidad que se utiliza para adquirir una mercancía, sin compromiso de pago inmediato sino hasta utilizarla.
Contraseña de pago	Es un documento que adquiere el proveedor para tramitar el cobro de su servicio.
"Erta"	Uno de los fabricantes líderes a escala mundial de plásticos de ingeniería que se utilizan para la fabricación de repuestos de máquinas industriales.
Luxómetro	Aparato que se utiliza para medir la intensidad de la luz.
Medidor de sonido	Aparato que se utiliza para medir el nivel de ruido.
Orden de compra	Documento que respalda a los proveedores por los servicios prestados.
"O'rings"	Son anillos de hule que se utilizan para empaque en accesorios neumáticos e hidráulicos.

Probeta

Muestra de algún material con medidas específicas, destinada a ensayos.

Proveedor único

Es el proveedor que la empresa tiene para un tipo específico de producto.

"Sprocket"

Es una rueda dentada que se utiliza para transmitir movimiento y potencia por medio de una cadena.

"Stock"

Existencia (referido a materiales y repuestos).

"Teflon"

Es un plástico con propiedades especiales de deslizamiento, que se utiliza para la fabricación de repuestos.

"The Peet Brothers"

Nombre de una compañía estadounidense fabricante de jabón.

LISTA DE SÍMBOLOS

SÍMBOLO	Descripción
Ca	Costo de almacenaje.
Cap	Costo anual de pedido.
Cc	Costo de capital.
Cdp	Consumo diario promedio.
Ce	Costo de escasez.
Cp	Costo de orden y preparación.
Cr	Costo de recuperación.
Ct	Costo total.
Cu	Costo unitario de compra.
Cua	Costo unitario de almacenaje.
Dd	Demanda determinista.
Dp	Demanda probabilista.
Is	Inventario de seguridad.
Pr	Punto de reorden.
Psm	Política de stock mínimo.
SM	"Stock" máximo.
Sm	"Stock" mínimo.
Tep	Tiempo entre pedidos.
Tme	Tiempo mayor de entrega.
Ip	Tamaño del pedido.
Tpe	Tiempo promedio de entrega.

INTRODUCCIÓN

La mayor parte de empresas industriales en su afán de crecimiento global, descuidan, en cierta medida, el funcionamiento de algunos departamentos. En el caso de Colgate Palmolive (C.A.), S.A., en el departamento de mantenimiento y servicios es importante la adopción de un proyecto para el aprovechamiento de los recursos disponibles.

Para conocer las actividades que realiza la empresa, en el capítulo 1, se presentan los datos generales. Un análisis actual de las funciones y controles que se realizan en bodega central de repuestos se incluye en el capítulo 2. La propuesta para el mejoramiento de los controles existentes y la creación de los controles requeridos aparecen en el capítulo 3.

Los componentes básicos en la realización del estudio de factibilidad para la fabricación de repuestos en Guatemala se presentan en el capítulo 4. En el capítulo 5, se proporciona la información necesaria para la fabricación de repuestos mecánicos en Guatemala, con el objeto de reducir al máximo la importación de los mismos.

En el capítulo 6, se presentan las bases para una adecuada capacitación del personal de bodega central de repuestos y taller de máquinas herramientas, con la finalidad de obtener mejores resultados en las actividades que se realizan.

OBJETIVOS

Generales

1. Optimizar los recursos disponibles en bodega central de repuestos de Colgate Palmolive (C.A.), S.A.
2. Reducir, al máximo, la importación de los repuestos que se utilizan en las máquinas de las plantas de producción de Colgate Palmolive (C.A.), S.A.

Específicos

1. Mejorar los controles actuales e implementar controles de inventario en bodega central de repuestos.
2. Lograr una adecuada departamentalización dentro de bodega para prestar mejor servicio a cada departamento.
3. Retirar los repuestos deteriorados y obsoletos de bodega central para la optimización del espacio efectivo de almacenaje.
4. Mantener un "stock" adecuado de repuestos para reducir costos de almacenaje y de máquinas paradas.
5. Realizar un estudio de factibilidad para la determinación de la cantidad y tipo de repuestos a producirse localmente.
6. Capacitar al personal de taller de mantenimiento y servicios para la obtención de un rendimiento adecuado.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

Colgate Palmolive S.A. es una compañía transnacional, que en la actualidad tiene su sede en Nueva York y cuenta con subsidiarias en más de cincuenta países, en los cinco continentes.

Colgate Palmolive (C.A.), S.A. es una subsidiaria ubicada en Guatemala y se encarga de abastecer a Centro América de los diferentes productos que elabora. Su estructura organizacional aparece en la figura 1.

1.1 Ubicación

La empresa Colgate Palmolive (C.A.), S.A. está ubicada en la Avenida del Ferrocarril 49-65, zona 12, Ciudad de Guatemala.

1.1.1 Ubicación industrial

Es parte del Grupo Industrial Productos Químicos, grupo manufacturero número treinta. "Fabricación de jabón y similares, detergentes en polvo y escama, jabón negro y otros de origen vegetal y animal". (Referencia 1).

1.1.2 Ubicación geográfica

Se localiza en la zona de tolerancia industrial I-1. "Se escribe a partir de la Avenida Petapa y 42 calle de la zona 12, hacia el Oriente por medio de esta última hasta alcanzar la orilla del barranco, la que se seguirá hacia el Sur abandonándola al extremo Nor-poniente de la Aldea "Los Guajitos", de la cual se seguirá su lindero Poniente siempre hacia el Sur, hasta encontrar la última calle de la población, la cual se seguirá hacia el Poniente 200 metros; para que guardando esa distancia se recorra hacia el poniente una línea paralela a dicha vía férrea siempre al Sur de ella hasta su intersección con la Carretera Petapa, la cual se recorrerá hacia el Norte hasta alcanzar el punto de origen de la descripción". (Referencia 2).

1.2 Reseña histórica

Lo que hoy se conoce como Colgate Palmolive, nace al fusionarse varias empresas. En 1926 la compañía Palmolive, fabricante del jabón Palmolive se une a otra importante empresa productora de jabón llamada "The Peet Brothers" y de esa manera se forma la compañía Palmolive "Peet". Dos años más tarde ésta se une a la Compañía Colgate. En el año 1933, adopta el nombre de Colgate Palmolive.

1.2.1 Colgate Palmolive en Guatemala

En septiembre de 1954 Colgate Palmolive logra introducir sus productos a través del señor Luis Nieves, para ello utiliza cuatro distribuidores importadores que abastecen todo el país, siendo éstos:

- Almacén La Flecha.
- Almacén Saca Hermanos.
- Almacén Rex.
- Almacén La Elegante.

En 1960 la compañía inicia en el país la fabricación de jabones de tocador y detergentes, para esto utiliza industrias ya establecidas.

En noviembre de 1965, Colgate Palmolive (C.A.), S.A., adquiere la fábrica Sharp que de inmediato pasa a llamarse Industria Química, S.A.; la misma empieza a fabricar todos los productos, inclusive la crema dental Colgate, constituyéndose en una planta productora para Guatemala y área centroamericana.

Con el objeto de aprovechar las ventajas del Mercado Común Centroamericano y las disposiciones legales sobre incentivos y protección a la industria, en 1973 se centralizan en Guatemala las operaciones administrativas de El Salvador, Honduras y Nicaragua; en la actualidad permanece en estos países los cuerpos de ventas y bodegas con el personal necesario para las operaciones respectivas. De esta manera surge la actual organización denominada NCA, que significa Norte de Centro América.

El 2 de junio de 1978 es fecha significativa para la empresa por cuanto se inaugura el moderno y amplio complejo industrial que hoy conforma las instalaciones de la Compañía Colgate Palmolive (C.A.), S.A., en la ciudad de Guatemala.

En la década de los años noventa, se fusionan las sucursales centroamericanas para centralizar sus operaciones en Guatemala, lo que obliga a la empresa a ampliar sus instalaciones, con el fin de surtir el mercado existente en Centro América.

1.3 Productos

Los productos que comercializa Colgate Palmolive (C.A.), S.A. se agrupan dentro de cuatro categorías:

- **Cuidado oral:** con productos como: crema dental Colgate, hilo dental, enjuague bucal y cepillos dentales.

- **Cuidado personal:** con la línea de jabones de tocador: Palmolive, Protex, champúes Palmolive Optims y Palmolive Naturals; la línea de productos para bebé Baby Magic y los desodorantes Mennen.
- **Cuidado del hogar y de las superficies:** los lavaplatos Axión, Ajax y limpiapisos Fabuloso.
- **Cuidado de la ropa:** detergentes Fab, jabón de barra Fab, jabón líquido Vel Rosita y suavizante para ropa Suavitel.

2. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE BODEGA

2.1 Bodega central de repuestos

La bodega central de repuestos pertenece al departamento de mantenimiento y servicios y es de vital importancia para el correcto funcionamiento de Colgate Palmolive, debido a que es el soporte para la recepción, almacenaje de repuestos y distribución de éstos a los departamentos de producción y servicios.

2.2 Análisis de bodega a través del método FODA

El método FODA se utiliza para analizar la situación interna y externa de la bodega central de repuestos, a través de los cuatro factores siguientes:

- **Fortalezas:** instalaciones apropiadas, personal calificado y fácil acceso para los proveedores y personal de la empresa.
- **Oportunidades:** prestar un excelente servicio a todos los departamentos de la empresa, mantener centralizadas sus operaciones, contar con los mejores proveedores de repuestos, materiales y equipos, en Guatemala y el extranjero.
- **Debilidades:** desorganización de los repuestos dentro de bodega, falta de controles en el manejo de repuestos, ausencia del manejo de modelos de inventarios, inadecuada organización de las actividades del personal.

- **Amenazas:** descentralización de bodega (significa que cada planta de producción se independice de bodega y ésta funcione únicamente para el departamento de mantenimiento y servicios), pérdida de proveedores.

2.3 Controles

Son registros que se utilizan para inspeccionar el desarrollo de las actividades realizadas en bodega de repuestos.

2.3.1 Recepción y entrega de órdenes de compra y compromisos de compra

En la actualidad las órdenes de compra y compromisos de compra, ingresan a bodega central de repuestos y se colocan en archivos de cartón manuales en orden alfabético. Al momento que llegan los proveedores a bodega a recoger las órdenes y compromisos de compra, el encargado de ésta busca los archivos y luego los documentos, lo cual es una actividad que requiere de mucho tiempo, debido a que se dificulta la búsqueda.

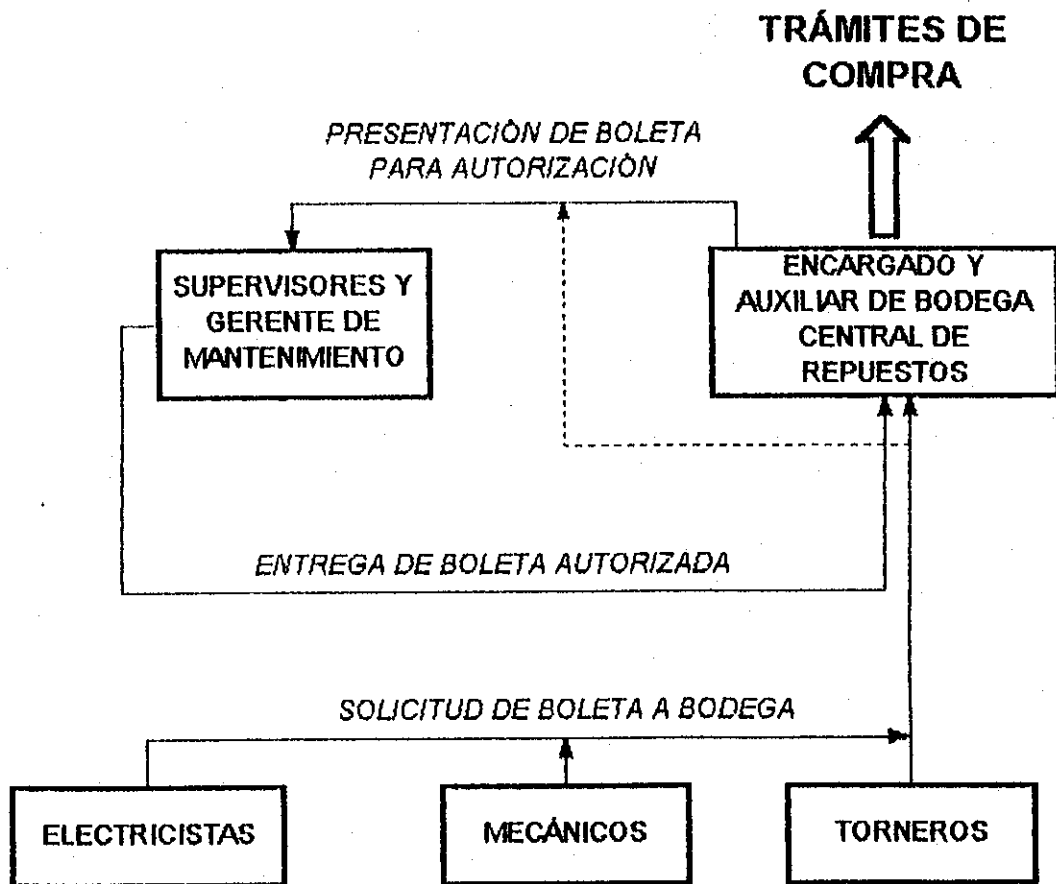
2.3.2 Procedimiento para solicitud de compra de repuestos

Es un procedimiento específico para el taller de mantenimiento y servicios, que se utiliza para la solicitud de repuestos requeridos en el área de electricidad, máquinas herramientas, mantenimiento mecánico, calderas y otros servicios.

- **Finalidad:** solicitud y compra de los repuestos requeridos en el taller de mantenimiento y servicios.

- **Personal involucrado:** electricistas, mecánicos, torneros, supervisores, Gerente de mantenimiento, encargado y auxiliar de bodega.
- **Herramientas:** boleta de requisición a taller de mantenimiento. Un modelo de esta boleta se presenta en la figura 2.
- **Descripción del procedimiento**
 1. Cuando un electricista, mecánico o tornero, requiere de uno o varios repuestos, solicita al encargado o al auxiliar de bodega, una boleta de requisición y procede a llenarla.
 2. La persona que requiere el repuesto, después de llenar la boleta, la presenta al supervisor o al gerente de mantenimiento quien se encarga de autorizar la compra.
 3. La boleta autorizada se presenta al encargado o al auxiliar de bodega para que se realicen los trámites de compra.
 4. El encargado o el auxiliar de bodega, al momento de recibir la boleta, verifica que contenga la firma del supervisor o gerente de mantenimiento y el número de cuenta a la que se carga el repuesto.
 5. El encargado de bodega, contacta a los proveedores por vía telefónica y realiza los trámites correspondientes para la compra de los repuestos solicitados.
- **Esquema gráfico:** es el recorrido del procedimiento para la solicitud de compra de repuestos. Se presenta en la figura 3.

Figura 3. Esquema del proceso para solicitud de compra de repuestos



2.3.3 Orden de compra general (GE)

Una orden de compra general, es un documento que sirve para que los proveedores puedan tramitar el pago efectivo del servicio que prestan a Colgate Palmolive.

Las órdenes de compra general se utilizan para efectuar compras que excedan Q. 5,000.00. Estas al momento de ser emitidas son firmadas por gerencia de planta, la contraseña de pago no se puede tramitar si la orden de compra no está firmada por el encargado de supervisar el servicio y sellada en bodega central de repuestos.

Las órdenes de compra general, se utilizan para proveedores que no se encuentran en la lista de proveedores únicos, servicios realizados por empresas de manufactura y servicios realizados por empresas contratistas.

2.3.4 Orden de compra (EQ)

Es un documento utilizado sólo para la compra de repuestos y equipo al extranjero. La mayor parte de repuestos que ingresan a bodega central con una orden de compra (EQ), se cargan a la cuenta repuestos y se agregan al inventario general.

2.3.5 Procedimiento para generar un compromiso de compra

El compromiso de compra, es el documento que ampara a los proveedores únicos al realizar el cobro en efectivo de los repuestos en tránsito que éstos proveen a la empresa.

Además, los compromisos de compra sirven para compras recurrentes que estén dentro de un rango de Q. 1.00 hasta Q. 5,000.00, estas compras son: repuestos, acumuladores eléctricos, equipo de seguridad, herramientas, lubricantes, mangueras, pinturas, químicos, equipo y material para soldadura, tornillos, tuberías de vapor, "o'rings" y empaquetaduras.

- **Finalidad:** elaboración de un documento que ampare, tanto a la empresa como a los proveedores, en la realización de las actividades de cobro y pago del valor de los repuestos que adquiere la empresa.
- **Personal autorizado para generar un compromiso de compra:** ingenieros de planta, supervisores del taller de mantenimiento y encargado de bodega de repuestos.

- **Herramientas:** listado actual de proveedores únicos, listado de precios vigentes de los repuestos, equipo de computación y programa en red.

- **Descripción del procedimiento**

1. Las personas autorizadas para adquirir un compromiso de compra, poseen un listado actual de proveedores únicos y un listado de los precios vigentes. La persona interesada llama al proveedor por teléfono y solicita el producto, el cual es entregado al encargado de la bodega de repuestos contra la entrega del compromiso de compra.
2. Cualquier persona autorizada puede generar un compromiso de compra, pero en las compras recurrentes, los ingenieros de planta y el supervisor de mantenimiento deben generar sus compromisos, imprimirlos, firmarlos y hacerlos llegar al encargado de la bodega, quien llama al proveedor y le hace el requerimiento.
3. Para generar el compromiso de compra, la persona interesada ingresa al programa de computación en red (sistema): la descripción del producto, la cantidad y el precio de la lista proporcionada por el Departamento de Compras, así como el número de cuenta a la que se carga el gasto. Este documento se imprime y tiene que ser firmado por el ingeniero o el gerente de planta.
4. En los primeros cinco días del mes siguiente al que se entrega el producto, los proveedores traen al departamento de compras una factura en la que se cobra todos los compromisos de compra del mes anterior, adjunto a ésta se entregan los compromisos en forma de comprobante de entrega del producto.

5. Para propósitos de trámite de pago el departamento de compras revisa y aprueba las facturas si los precios concuerdan con los establecidos en las listas de precios.
6. Al ser entregada la contraseña al proveedor, una copia de la contraseña de pago, la factura y los compromisos de compra, son entregados al encargado de cuentas por pagar en quetzales para la emisión del respectivo cheque.
7. Con la contraseña de pago, el proveedor cobra en la caseta de Q.S.A. ubicada en Colgate Palmolive (C.A.), S.A., se hace efectivo el pago mediante cheque, emitido a nombre de la empresa que hace la venta. El formato de un compromiso de compra se observa en la figura 4.

2.3.6 Recepción de repuestos en tránsito

Se denominan repuestos en tránsito a los que entran a bodega y no están cargados a la cuenta repuestos, éstos se retiran de manera rápida de bodega.

El encargado de bodega al momento de recibir el producto, debe comprobar que la lista de repuestos y los precios en el envío proporcionado por el proveedor, concuerde con la información que contiene el compromiso de compra. Después el bodeguero sella y firma el compromiso de compra con el envío y se queda con los duplicados.

Los repuestos recibidos se colocan en cajas grandes de cartón designadas para cada departamento. Para llevar un registro de los repuestos ingresados a bodega, el encargado procede a archivar el duplicado del envío y el duplicado del compromiso de compra.

Figura 4. Formato de un compromiso de compra

COLGATE PALMOLIVE (CENTRO AMÉRICA), S.A. GUATEMALA, C.A.	
COMPROMISO DE COMPRA	
SOLICITADO POR: DEPARTAMENTO: TIPO DE GASTO: FECHA DE SOLICITUD: PROVEEDOR: TELÉFONO: FAX: DIRECCIÓN: PAGO:	
DESCRIPCIÓN	TOTAL
..... ÚLTIMA LÍNEA	
	TOTAL BRUTO: INCLUIDO EL 10.00% IVA.: TOTAL NETO:
MONEDA: CUENTA: AUXILIAR: INSTRUCCIONES:	
De 1 a Q. 3,000.00 firma el Ingeniero de Planta o Gerente de Planta. De Q. 3,000.00 en adelante firma el Asistente o Director de Manufactura e interesado.	
f. _____ AUTORIZA	

2.3.7 Recepción de repuestos cargados a la cuenta repuestos

Cuenta repuestos, es el registro al cual se cargan los repuestos que ingresan a bodega con objeto de ser etiquetados y almacenados.

El bodeguero al momento de recibir los repuestos verifica que éstos estén en buen estado y conforme a la descripción de la orden de compra respectiva. Después de recibirlos, busca en el inventario general, si estos ya tienen código asignado, de lo contrario procede a asignarles el código correspondiente para etiquetarlos y colocarlos en las estanterías. Realizado lo anterior, el bodeguero llena la boleta de registro (ingreso a bodega) y la hoja de codificación (maestra de repuestos), copias de las mismas se entregan al departamento de contabilidad para que sean cargados los repuestos al inventario general. La hoja maestra de repuestos y la boleta ingreso a bodega aparecen en las figuras 5 y 6, respectivamente.

2.3.8 Salida de repuestos en tránsito

Para retirar estos repuestos no se lleva registro, sólo se entregan al encargado del departamento que lo solicita.

2.3.9 Salida de repuestos cargados a la cuenta repuestos

Para extraer un repuesto de bodega que esté en inventario, se llena la boleta de requisición correspondiente, ésta debe estar firmada por el ingeniero de planta y contener el número de cuenta a la que se carga el repuesto, con esto el bodeguero realiza la descarga correspondiente en bodega y lo notifica al departamento de contabilidad. El formato de la boleta de requisición a bodega se observa en la figura 7.

Figura 5. Hoja maestra de repuestos actual

INVENTARIOS										
MAESTRA DE REPUESTOS										
					Colgate Palmolive (C.A.), S.A.					
CODIGO DE PRODUCTO		ALTA		BAJA		CAMBIO		DÍA MES AÑO		
SECCIÓN	MÁQUINA	No. CORR.								
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:										
CANTIDAD DE EXISTENCIA MINIMA:										
OBSERVACIONES:										
Hecho por:					Grabado en pantalla					
					Fecha y hora de recepción en el departamento de E.D.P.					

2.3.10 Materiales y repuestos a consignación

En bodega de repuestos se tiene la modalidad de repuestos y materiales a consignación, esta consiste en que los proveedores designados mantienen un "stock" de repuestos y materiales en bodega sin compromiso de compra por parte de Colgate Palmolive. Cada cierto periodo de tiempo se realiza un inventario, se descarga el consumo y se procede a tramitar la orden de compra correspondiente. Basándose en el inventario se realiza el pedido de repuestos y materiales necesarios para el próximo período.

2.3.11 Almacenaje

En bodega no se tienen establecidas técnicas adecuadas de almacenamiento lo que trae como consecuencia desorden en el almacenaje de repuestos. Las principales causas y consecuencias de dicho desorden son:

- No existen estanterías asignadas para cada departamento, lo que genera que se revuelvan repuestos de varios departamentos almacenados en la misma estantería, además, extravío de repuestos.
- Mala distribución de los repuestos en las estanterías por falta de identificación de los departamentos y las máquinas, también, se dificulta la búsqueda de los mismos cuando se les requiere.
- Las etiquetas que identifican a los repuestos se caen con frecuencia, lo que genera extravío de repuestos.
- En su totalidad los repuestos no están clasificados por orden de código, esto produce pérdida de tiempo en la búsqueda de los mismos, además, dificulta la realización del inventario general por parte del departamento de contabilidad.

- Repuestos muy pesados almacenados en la parte superior de las estanterías. Esto hace difícil la manipulación de los repuestos, cuando son requeridos.
- El 5.8% del total de repuestos almacenados es obsoleto y el 0.4% son repuestos deteriorados, lo que reduce el espacio de almacenaje disponible.

Se cuenta con catorce estanterías dentro de bodega para el almacenaje de repuestos, dos gabinetes para repuestos delicados del departamento de mantenimiento, una estantería extra para tornillos y accesorios de tubería y un anaquel para colocar lijas. La distribución actual de la bodega de repuestos se muestra en las figuras 8 y 9.

2.3.12 Modelos de inventarios

Los modelos de inventarios es una técnica que se utiliza para determinar reglas que se pueden aplicar para reducir al mínimo los costos relacionados con el mantenimiento de existencias y cumplir de esta manera con la demanda del consumidor.

En la bodega de repuestos no se cuenta con la aplicación de esta técnica, por lo que se desconocen las cantidades: "stock" y la clasificación general de los repuestos de acuerdo a la dificultad de su adquisición. Esto genera las siguientes dificultades:

- No se tiene un control sobre el punto de reorden y el tamaño óptimo del pedido, lo que origina, aumento de costos de almacenaje si el pedido de repuestos es grande y costos por faltante si el pedido es pequeño.
- No existe una clasificación que determine que repuestos se adquieren con mayor o menor dificultad, esto causa un desorden en el pedido, debido a que no se solicitan en el tiempo adecuado.

Figura 8. Distribución actual del primer nivel de bodega central de repuestos

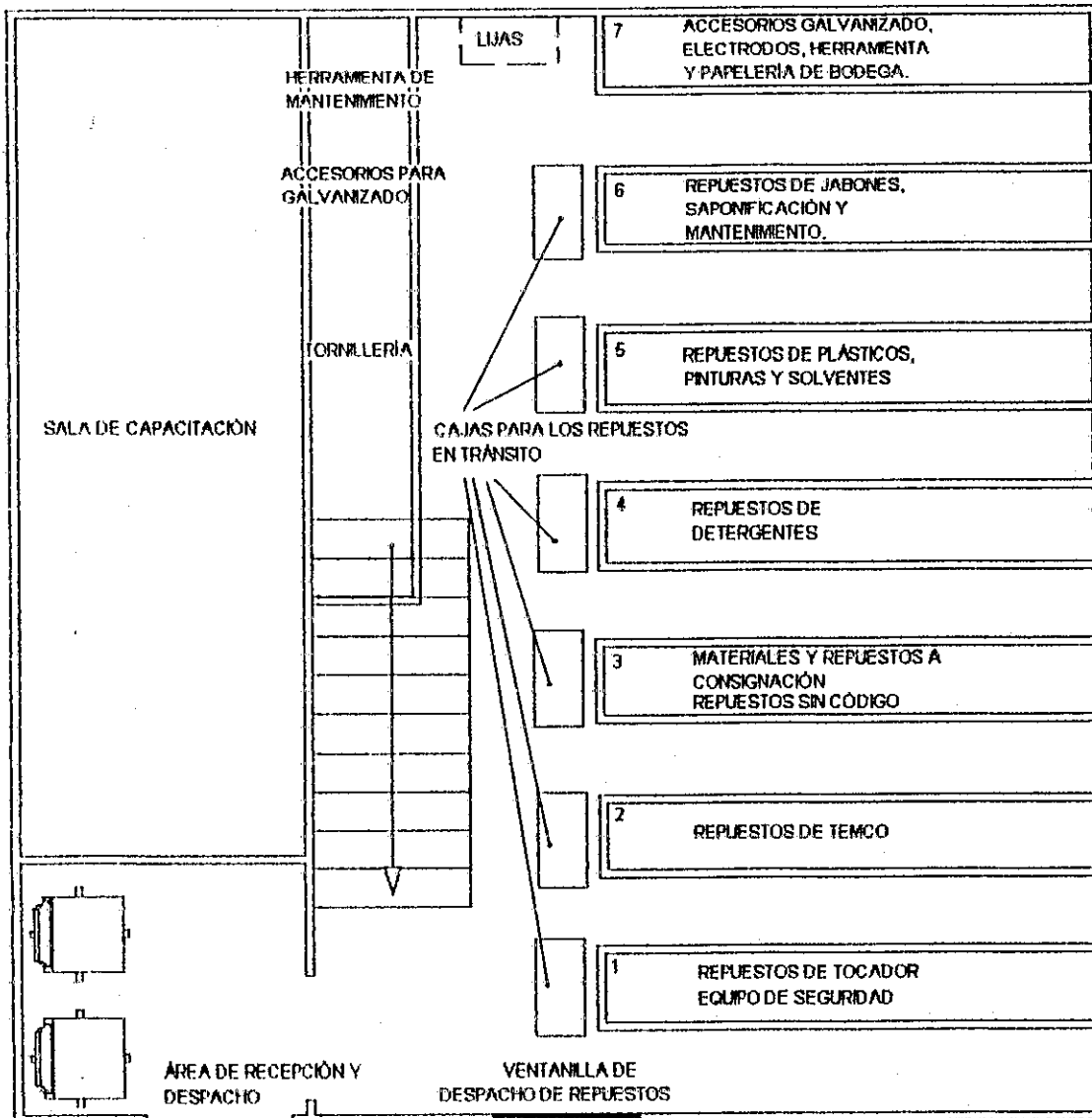
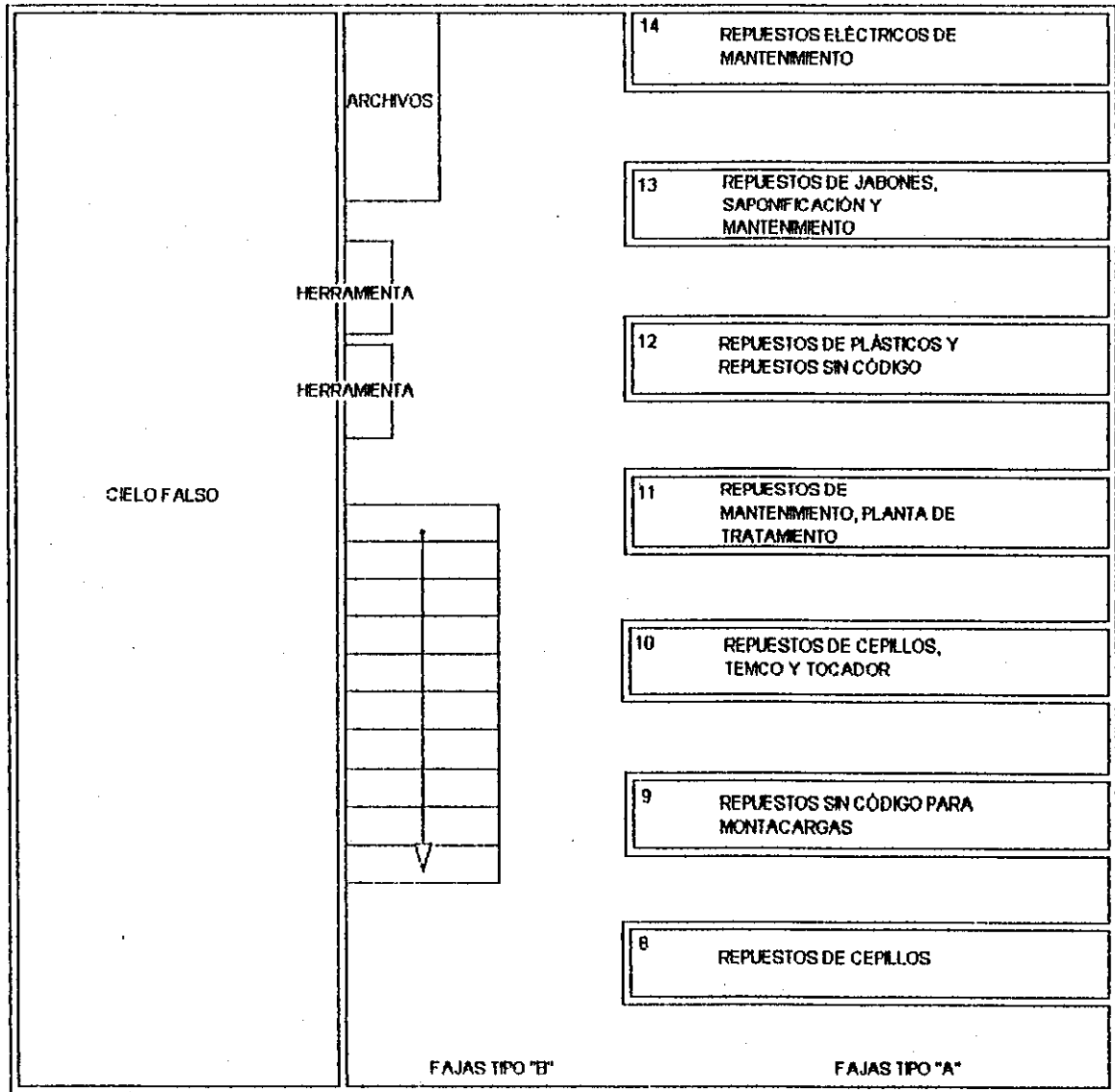


Figura 9. Distribución actual del segundo nivel de bodega central de repuestos



- No se lleva un control de los diferentes costos incurridos en la solicitud, compra, recepción y almacenaje de repuestos.

2.4 Organización

“Organizar es, pues, la parte de la administración que comprende el establecimiento de una estructura intencional de roles para las personas de una empresa. Es intencional en el sentido de asegurar que se han asignado todas las tareas necesarias para lograr los objetivos y se espera que se asignen a las personas que mejor puedan realizarlas”. “El propósito de la estructura de la organización es ayudar a crear un ambiente para el desempeño humano; es una herramienta de la administración y no un fin en sí mismo”. (Referencia 3).

2.4.1 Factor humano

El buen funcionamiento de una bodega de repuestos depende de la organización que se tenga. La Bodega central de repuestos cuenta con dos trabajadores: un bodeguero y un mensajero, los cuales trabajan bajo roles establecidos por la gerencia de los departamentos de mantenimiento, contabilidad y compras.

Las funciones del bodeguero son las siguientes:

- Recepción, almacenaje y despacho de repuestos.
- Generación de órdenes de compra.
- Realización de cotizaciones y pedido de repuestos.
- Archivo de papelería de recepción y despacho de repuestos.
- Orden y limpieza de las instalaciones de bodega.

Las funciones del mensajero son las siguientes:

- Salidas de emergencia de la empresa para agilizar la compra de repuestos.
- Apoyo al bodeguero en sus funciones.
- Orden y limpieza de las instalaciones de bodega.

2.4.2 Departamentos

Se denomina departamento en bodega a un espacio independiente destinado para la colocación de repuestos de una planta de producción. En bodega central de repuestos de Colgate Palmolive es indispensable realizar una división de departamentos, debido al extravío de repuestos y desorden en almacenaje.

Además existe el problema que el bodeguero y el mensajero tienen un horario de trabajo de 7:30 a 16:00 horas, por lo tanto si se requiere un repuesto fuera de ese horario por parte de las plantas de producción y el taller de mantenimiento y servicios, se realiza un auto despacho, esto conlleva a que se tiene acceso a todos los repuestos y existe el riesgo de que se despachen repuestos que no les corresponden.

2.5 Instalaciones

En bodega central de repuestos se realizan actividades que requieren que sus instalaciones estén en óptimas condiciones con objeto de prestar un adecuado servicio. Para obtener información del estado actual de las instalaciones se realiza un análisis de cada uno de los siguientes aspectos: iluminación, seguridad e higiene, accesibilidad y capacidad.

2.5.1 Iluminación

Una iluminación correcta debe ser adecuada a las necesidades del trabajo y debidamente instalada, y tiene las siguientes ventajas:

- Mejor visión al realizar las actividades.
- Menor cansancio de vista entre los empleados.
- Mayor exactitud en el trabajo realizado.
- Seguridad en el trabajo.
- Optimización de tiempo en el trabajo.

En la bodega central de repuestos se realizan mediciones de los niveles de intensidad de luz que hay en varias áreas. Para lo anterior se utiliza un aparato especial denominado "Luxómetro", la exactitud de éste es $\pm 5\%$ y es reforzada al seleccionar el tipo de iluminación fluorescente, sodio, tungsteno / luz de día y mercurio.

Los datos que se obtienen al realizar la medición son:

Lugar	Rango permitido (luxes)	Lectura (luxes)
Área de recepción y despacho	200 a 500	438
Área de almacenaje	150 a 200	267
Escritorios de oficina	050 a 530	462

Como se puede observar la iluminación en las diferentes áreas de trabajo de la bodega es la apropiada, debido a que la lectura obtenida está entre el rango permitido.

Los rangos permitidos que se utilizan para la comparación se toman del área de trabajo de tienda que se presentan en la tabla I.

Tabla I. Típicos niveles de luz para áreas de trabajo

LUX	PIES CANDELA	AREAS DE TRABAJO
		FÁBRICAS
20 a 75	2 a 7	Escaleras de emergencia y almacén
75 a 150	7 a 15	Pasillos de salida y entrada
150 a 300	15 a 30	Area de empaquetado
300 a 750	30 a 75	Línea de producción
750 a 1,500	75 a 150	Area de inspección de trabajo
1,500 a 3,000	150 a 300	Ensamble electrónico, bosquejo
		OFICINAS
50 a 530	5 a 53	Escritorio
75 a 100	7 a 10	Escaleras de emergencia interiores
100 a 200	10 a 20	Escaleras de corredor
200 a 750	20 a 75	Cuarto de conferencias y recepción
750 a 1,500	75 a 150	Trabajo clerical
1,500 a 2,000	150 a 200	Mecanografía y bosquejo
		TIENDA
75 a 150	7 a 15	Interior
150 a 200	15 a 20	Escaleras de corredor
200 a 300	20 a 30	Recepción
300 a 500	30 a 50	Pasillos de despacho
500 a 750	50 a 75	Elevador
750 a 1,500	75 a 150	Exhibidor y mesa de embalaje
1,500 a 3,000	150 a 300	Fachada y vitrina
		HOGAR
100 a 150	10 a 15	Area de lavado
150 a 200	15 a 20	Actividades recreativas
200 a 300	20 a 30	Cuarto de dibujo y mesa
300 a 500	30 a 50	Cosméticos
500 a 1,500	50 a 150	Estudio de lectura
1,000 a 2,000	100 a 200	Costura
		RESTAURANTE
75 a 150	7 a 15	Escaleras de corredor
150 a 300	15 a 30	Entrada y cuarto de lavado
300 a 750	30 a 75	Cocina y mesa de estudio
750 a 1,500	75 a 150	Vitrina
		HOSPITAL
30 a 75	3 a 7	Escaleras de emergencia
75 a 100	7 a 10	Escaleras
100 a 150	10 a 15	Cuarto de enfermos y almacén
150 a 200	15 a 20	Cuarto de espera
200 a 750	20 a 75	Cuarto de exámenes médicos
750 a 1,500	75 a 150	Cuarto de operaciones o emergencias
5,000 a 10,000	500 a 1000	Inspección de ojos

2.5.2 Seguridad e higiene

“La seguridad e higiene industrial es el conjunto de conocimientos y técnicas que se emplean con el objeto de evitar accidentes, conservar y mejorar la salud en el trabajo”. (Referencia 4).

2.5.2.1 Análisis de seguridad

En bodega central de repuestos no se maneja un programa de seguridad e higiene, por lo tanto existen algunos riesgos de trabajo, tales como: incendios, manejo de repuestos pesados y ruido en el ambiente.

2.5.2.1.1 Riesgos de incendios

En las instalaciones de bodega, la única protección que se tiene contra incendios es un extintor de polvo químico seco, con una capacidad para 20 libras (9.1 kilogramos), el cual se encuentra ubicado a la entrada de bodega.

2.5.2.1.1.1 Líquidos inflamables

En bodega central de repuestos, se manejan pinturas y solventes que están almacenados en la estantería asignada para tornillería, en el primer nivel. En caso de un conato de incendio, la persona que lo detecta tiene que ir hasta la entrada de bodega a traer el extintor y combatir el conato, la distancia que recorre es de 16 metros, que implica el tiempo suficiente para que el conato se convierta en incendio.

2.5.2.1.1.2 Material combustible

Al realizar el análisis de los materiales combustibles en bodega central de repuestos se obtienen los siguientes datos:

- El piso del segundo nivel, las divisiones y la parte frontal de las estanterías es de madera prefabricada (Macopan) de 2.54 centímetros de espesor. El área total de madera es 566 metros cuadrados.
- El 25 % de los repuestos está colocado en bolsas plásticas y cajas de cartón.
- En una parte de la estantería No. 7 (ver figura 8), se encuentra ubicada la papelería de bodega que ocupa el 25% de esta estantería.
- En el pasillo que corresponde a la estantería No. 1 (ver figura 8), se almacena 25 kilogramos de paño para limpiar (wipe).

Se determina que el extintor que se encuentra en la entrada de bodega, además de estar mal ubicado, no es suficiente para cubrir toda el área de almacenaje debido a que los materiales combustibles están ubicados en el primer y segundo nivel.

2.5.2.1.2 Riesgos en el manejo de repuestos pesados

Debido a que el almacenaje de repuestos es desordenado, existen repuestos pesados colocados en la parte superior de las estanterías, así se corre el riesgo que al momento de requerir uno de estos repuestos ocurra un accidente. Este accidente puede traer resultados como: graves lesiones personales, estanterías y repuestos dañados.

2.5.2.1.3 Análisis de ruido en bodega

“Además de la pérdida de la audición, el ruido presenta muchos problemas. La exposición continua al ruido puede poner nerviosa a la gente, irritarla y cansarla. Puede causar dolores de cabeza y el ruido alto inesperado e intenso, puede a veces causar la ruptura del tímpano”. (Referencia 5).

La intensidad del ruido se mide con el aparato denominado "Medidor de Nivel de Sonido" y su escala de medición está dada en decibeles (dB). En bodega central de repuestos se obtienen algunas mediciones del nivel de sonido en diferentes áreas, a continuación se presentan los datos:

Área	Nivel de sonido (dB)
Segundo nivel (área de almacenaje)	69
Primer nivel (área de almacenaje)	65
Primer nivel (recepción y despacho)	72

Con estos datos se determina que el nivel de sonido en bodega está en el rango permitido debido a que no excede los 90 dB para una jornada de 8 horas trabajadas. En la tabla II, se muestra el número de decibeles permitidos a los que puede estar expuesto el oído humano en un determinado tiempo.

2.5.3 Accesibilidad

La accesibilidad a bodega de repuestos por parte de los proveedores es adecuada, debido a que pueden llegar vehículos hasta la entrada de ésta.

Por parte de los trabajadores de Colgate Palmolive que son usuarios de bodega, se puede decir que el acceso a la misma es adecuado debido a que la distancia de todos los departamentos es relativamente corta.

2.5.4 Capacidad

La capacidad de almacenaje dentro de bodega central de repuestos viene dada directamente por el área efectiva de almacenaje en las estanterías de la misma.

Tabla II. Ruidos permisibles a los que puede estar expuesto el oído humano

RUIDOS PERMISIBLES AL OÍDO HUMANO	
DURACIÓN POR DÍA EN HORAS	NIVEL DE SONIDO EN DECIBELES (dB).
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1.5	102
1	105
0.5	110
0.25	115
TÍPICOS NIVELES DE SONIDO PROMEDIO	
LUGARES	NIVEL DE SONIDO EN DECIBELES (dB).
SIRENA DE 50 HP	140
UMBRAL	130
AEROPLANO	123
MÚSICA ROCK AMPLIFICADA	110
TRUENO	109
REMACHADOR	99
ORQUESTA FUENTE	80
SONIDO MEDIO EN FÁBRICA	75
CONVERSACIÓN	65
MÚSICA DE FONDO	60
RESIDENCIAS	45
MÚSICA SUAVE	30
CHASQUIDO DE BESOS	20
CUARTO AL ANOCHECER	9
UMBRAL DEL OÍDO	0

En la actualidad, en bodega, existen catorce estanterías de iguales dimensiones (largo 7.00 metros, ancho 0.62 metros), cada una de éstas tiene seis divisiones, lo que da un área de almacenaje igual a: 441.43 metros cuadrados. Además, existe otra estantería que tiene igual número de divisiones que las anteriores pero de dimensiones diferentes (largo 6.75 metros, ancho 0.62 metros), su área de almacenaje es de 25.11 metros cuadrados. El área efectiva total de almacenaje es la suma de ambas áreas (466.54 metros cuadrados).

3. PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS EN BODEGA CENTRAL DE REPUESTOS.

Optimización de recursos en bodega se refiere al aprovechamiento al máximo del espacio disponible, equipo, instalaciones y recursos humano y económico con que se cuenta para la realización de las diferentes actividades.

3.1 Establecimiento de controles y mejoras a los existentes

El establecimiento de controles consiste en crear e implementar los registros indispensables para el eficiente desempeño de las diferentes actividades que se realizan en bodega central de repuestos. Para el establecimiento de controles se debe seguir ciertos pasos, entre estos se mencionan los siguientes:

- Determinación de la necesidad de establecer un control
- Recopilación de la información necesaria para creación del control
- Realización de un modelo del control
- Presentación del modelo al personal correspondiente
- Revisión del modelo
- Modificaciones al modelo en caso de que estas sean necesarias
- Aprobación definitiva del control
- Aplicación del control
- Seguimiento a la utilización del control

En caso que se requiera mejorar un control ya existente se deben seguir los mismos pasos del establecimiento de controles.

3.1.1 Control para recepción y entrega de órdenes y compromisos de compra

Las modificaciones de este control son necesarias para agilizar la manipulación de estos dos documentos con lo que se brinda un mejor servicio a los proveedores y a las plantas de producción.

Los archivos propuestos consisten en tres tarjeteros cada uno de ellos contiene varios espacios disponibles para colocar en orden alfabético las órdenes y compromisos de compra de acuerdo al nombre del proveedor, el contenido de los tarjeteros es el siguiente: tarjetero No. 1 (órdenes de compra generales GE y EQ), tarjetero No. 2 (compromisos de compra emitidos en mantenimiento) y tarjetero No. 3 (compromisos de compra emitidos en otros departamentos).

Las ventajas principales que se obtienen al aplicar este control son:

- Orden en la clasificación los diferentes documentos
- Menor tiempo en la colocación y búsqueda de documentos
- Documentos no deteriorados
- Un buen servicio a los usuarios

Para la entrega de órdenes de compra es indispensable llevar un control de la fecha, el número de orden y la persona a quien se le entrega el documento con objeto de evitar reclamos por extravío por parte de los proveedores. Un modelo de esta hoja de control se presenta en la figura 10.

3.1.2 Hoja maestra de repuestos

Esta hoja se utiliza para asignarle el código correspondiente a un repuesto que ingresa por primera vez a bodega.

Los cambios que se hacen a la hoja maestra son cambios específicos al formato, sin alterar los datos de la misma, con esto se logra agilizar su uso en bodega y en el Departamento de Contabilidad. El modelo propuesto de la hoja maestra se presenta en la figura 11.

3.1.3 Procedimiento para el manejo de materiales y repuestos a consignación

La modalidad de materiales y repuestos a consignación se aplica a los materiales: bronce, acero inoxidable, "teflon", "ertalon" y "cold roller". También, a los repuestos: cojinetes, cadenas y seguros para cadenas. Para el manejo de los materiales y repuestos a consignación debe seguirse el siguiente procedimiento:

- **Finalidad:** la modalidad de materiales y repuestos a consignación tiene como propósito agilizar la compra de repuestos, al tener en bodega "stock" de éstos sin compromiso de compra por parte de la empresa.
- **Personal involucrado:** supervisor de mantenimiento, representantes de las casas proveedoras asignadas por Colgate Palmolive (C.A.), S.A., bodeguero, auxiliar de bodega y el personal que requiere los repuestos y materiales a consignación (torneros, mecánicos, electricistas e ingenieros de planta).
- **Herramientas:** boleta de requisición de repuestos y materiales a consignación, compromiso de compra (ver figura 4), equipo de computación, programa en red (sistema) y listados de precios vigentes de repuestos y materiales.

Figura 11. Hoja maestra de repuestos propuesta

INVENTARIOS										
MAESTRA DE REPUESTOS					Colgate Palmolive (C.A.), S.A.					
CÓDIGO DE PRODUCTO			ALTA	BAJA	CAMBIO	DÍA	MES	AÑO		
SECCIÓN	MAQUINA	No. CORR.								
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:										
CANTIDAD DE EXISTENCIA:										
MAXIMA:						MINIMA:				
OBSERVACIONES:										
Hecho por:						Fecha y hora de recepción en el departamento de E.D.P.			Grabado en pantalla	

• Procedimiento

1. El bodeguero debe realizar inventario de los materiales y repuestos a consignación un día antes que llegue el encargado de la empresa proveedora a efectuar su inventario; con el objeto de establecer el pedido para el siguiente período.
2. El representante de la casa proveedora, debe realizar el inventario respectivo de repuestos o materiales para efectuar la facturación y recibir el pedido del bodeguero.
3. Al momento de la recepción de materiales y repuestos a consignación en bodega, el bodeguero o el auxiliar de bodega, debe revisar que ingresen las cantidades establecidas en el pedido y estén en buenas condiciones. Junto con los materiales y repuestos, el proveedor debe enviar la papelería de facturación de lo consumido en el período anterior.
4. Si las cantidades facturadas por el proveedor coinciden con el inventario de repuestos y materiales consumidos, se procede a emitir el compromiso de compra correspondiente por parte del bodeguero.
5. Los materiales y repuestos a consignación se deben colocar en el espacio físico que les corresponde para evitar que se corroan o deterioren. Esta actividad la realiza el personal de bodega.
6. Para la entrega de materiales y repuestos, el personal de bodega, debe exigir al personal que los requiere que llene la boleta correspondiente. El modelo de esta boleta se muestra en la figura 12.

Figura 12. Modelo de boleta de requisición de materiales y repuestos a consignación

COLGATE PALMOLIVE (C.A.), S.A. BOLETA DE REQUISICIÓN DE MATERIALES Y REPUESTOS A CONSIGNACIÓN	
BODEGA CENTRAL DE REPUESTOS	
Descripción:	
Cantidad:	Cargo (exclusivo bodega):
Departamento:	Máquina:
Fecha:	
Nombre del usuario:	
Nombre de la persona que entregó:	
	No.

- **Responsabilidades**

1. El personal de bodega debe almacenar en forma adecuada los repuestos en el lugar designado, para que los mismos se conserven en buen estado.
2. El proveedor de los repuestos a consignación debe realizar un inventario cada quince días y reponer en la menor brevedad posible la cantidad de repuestos que se consumen en dicho tiempo.
3. El proveedor de materiales a consignación debe realizar un inventario una vez al mes y reponer lo que se consume en dicho tiempo.
4. El supervisor de mantenimiento es responsable de verificar que lo establecido en este procedimiento se cumpla.

3.1.4 Modelos de inventarios

“El objetivo final de cualquier modelo de inventario es el de dar respuesta a dos preguntas:

1. ¿Qué cantidad de artículos deben pedirse?
2. ¿Cuándo deben pedirse?

La respuesta a la primera pregunta se expresa en términos de lo que se llama cantidad del pedido. Esta representa la cantidad óptima que debe ordenarse cada vez que se realice un pedido y puede variar con el tiempo. La respuesta a la segunda interrogante depende del tipo de sistema de inventarios.

Por lo tanto, se puede expresar la solución al problema general de inventarios de la manera siguiente:

1. En caso de la revisión periódica. Recepción de un nuevo pedido de la cantidad específica por la cantidad de pedido en intervalos de tiempos iguales.
2. En caso de la revisión continua. Cuando el nivel de inventario llega al punto para un nuevo pedido, se coloca un nuevo pedido cuyo tamaño sea igual a la cantidad del pedido". (Referencia 6).

3.1.4.1 Clasificación (ABC)

“El sistema ABC es un procedimiento simple que se puede utilizar para separar los repuestos que requieran atención especial en términos de control de inventarios. El procedimiento sugiere se realice una gráfica entre el porcentaje de valor de artículos del inventario total y el porcentaje de valor monetario total de los repuestos”. (Referencia 7).

- **Clase A:** se puede considerar de esta clase aquellos repuestos que contribuyen del 80% al 85% del valor monetario y 20% de la cantidad total de artículos, algunas de sus características son: cantidad pequeña de existencias, revisión frecuente, registros detallados, control del mercado de estos repuestos y compras en el extranjero.
- **Clase B:** son aquellos repuestos que corresponden a valores monetarios porcentuales del 10 al 15% y comprenden alrededor del 25% de todos los artículos, sus características principales son: límites de existencia relativamente cortos, punto de reorden controlado, registros detallados, compras en el extranjero y locales.

- **Clase C:** son los repuestos que hacen el 5% en valor monetario y un 55% del total de los artículos, entre sus características se mencionan: cantidad grande de existencias, abundante existencia en el mercado y compras locales.

La clasificación ABC se muestra en forma gráfica en la figura 13.

3.1.4.2 Componentes de los modelos de inventarios

“Los componentes básicos de los modelos de inventarios son cantidades de pedidos, existencias, cantidades de reorden y los costos atribuibles a éstos”. (Referencia 8).

Los principales componentes de los modelos de inventario son:

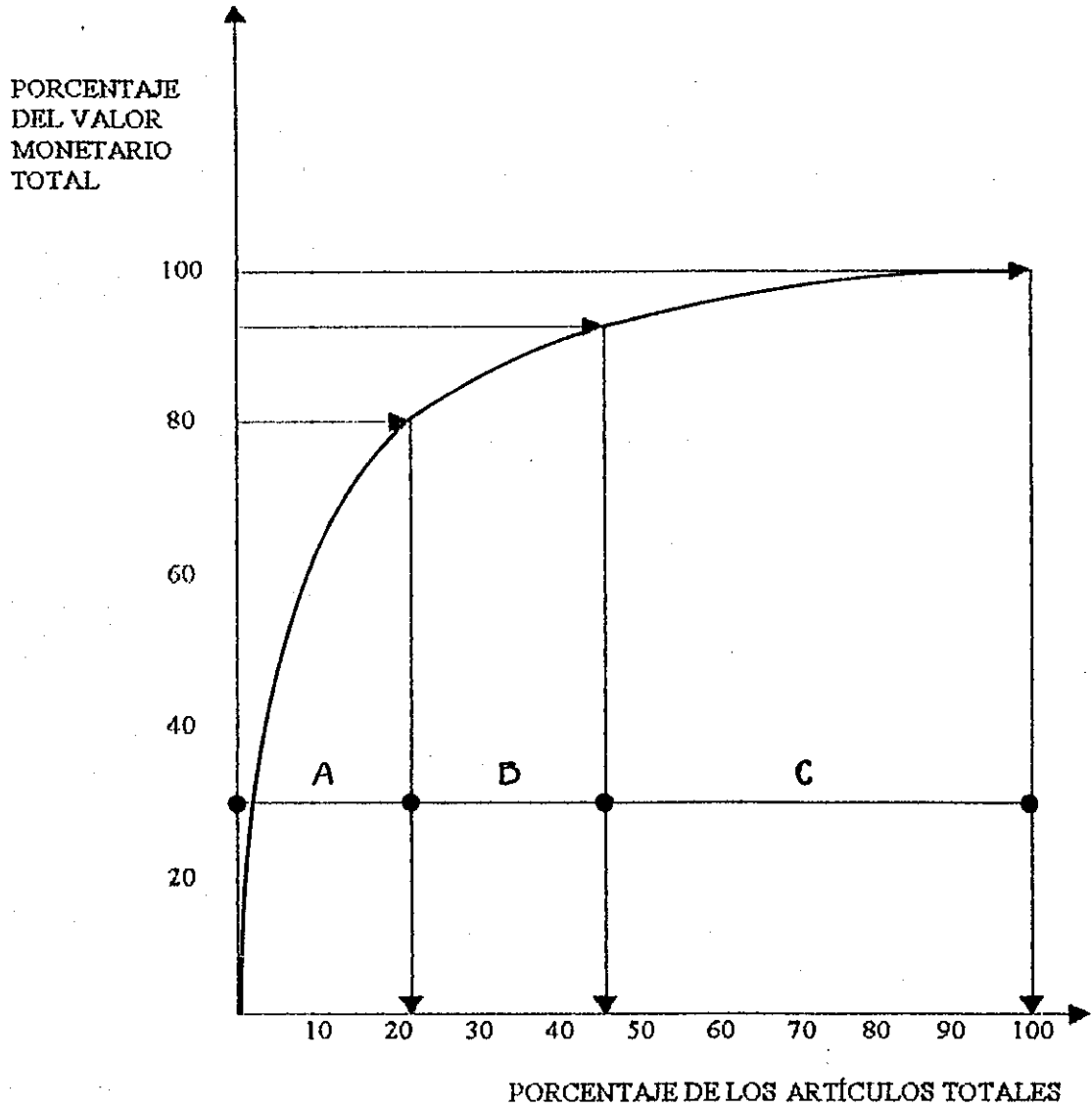
Costo de orden y preparación (C_p): es el que se relaciona con la colocación de un pedido o la producción interna de un bien, no depende del tamaño del pedido o el volumen de producción, este costo comprende el costo de la papelería y facturación si es de pedido externo, en caso que sea interno comprende el costo de mano de obra y tiempo muerto necesario para poner a trabajar y parar una máquina.

Costo unitario de compra (C_u): es el costo relacionado con la compra de una unidad y varía de acuerdo al tamaño del pedido.

Costo anual de pedido (C_{ap}): es el resultado de la suma del costo de preparación y el costo de compra.

Costo de escasez (C_e): es el que resulta cuando la demanda requerida no es cubierta debido a inexistencias en el inventario.

Figura 13. Gráfica de la clasificación ABC



Costo de almacenaje (Ca): está representado por los costos de almacenamiento, interés sobre capital invertido, manejo, depreciación y mantenimiento de productos en bodega, este costo aumenta con el nivel de inventario.

Costo unitario de almacenaje (Cua): es el costo de almacenar cada unidad del inventario.

Costos de recuperación (Cr): está dado por el valor de la mercadería que por su obsolescencia, se vende a un precio igual o menor del costo unitario de compra.

Costo de capital (Cc): es el costo de oportunidad que está asociado al capital invertido en los inventarios.

Costo total (Ct): es el resultado que se obtiene al sumar el costo de compra y el costo de almacenaje.

Tamaño del pedido (Tp): es la cantidad óptima del producto que según el modelo de inventario debe pedirse a cada cierto período de tiempo.

"Stock" mínimo (Sm): es la cantidad mínima de producto que puede llegar a existir en bodega.

Política de "stock" mínimo (Psm): es la diferencia entre la duración más grande en la entrega de un pedido y el tiempo promedio de entrega.

"Stock" máximo (SM): es el resultado de la suma del "stock" mínimo y el tamaño del pedido.

Punto de reorden (Pr): es el nivel de existencias en inventario en el cual debe realizarse el pedido óptimo.

Demanda determinista (Dd): puede ser estática en el sentido de que la tasa de consumo permanece constante durante el transcurso del tiempo o dinámica cuando la demanda se conoce con certeza, pero varía de un período al siguiente.

Demanda probabilista (Dp): puede ser estacionaria, cuando la función densidad de probabilidad de la demanda se mantiene sin cambio por el tiempo o no estacionaria, donde la función densidad probabilidad varía con el tiempo.

Inventario de seguridad (Is): es la cantidad que debe existir en el inventario para que las existencias no se agoten antes de recibir el nuevo pedido.

Tiempo entre pedidos (Tep): es el tiempo que transcurre entre un pedido y otro.

La gráfica costos versus cantidad de pedido, se observa en la figura 14 y la gráfica tamaño del pedido versus tiempo en la figura 15.

3.1.4.3 Clases de modelos de inventarios

“Es muy difícil idear un modelo general de los inventarios que tome en cuenta todas las variaciones en los sistemas reales. De hecho, aun si puede ser formulado un modelo en forma general, tal vez no sea posible resolverlo de manera analítica. Por consiguiente los modelos presentados son ilustrativos de algún sistema de inventario”. (Referencia 9).

Figura 14. Gráfica de costos versus cantidad de pedido

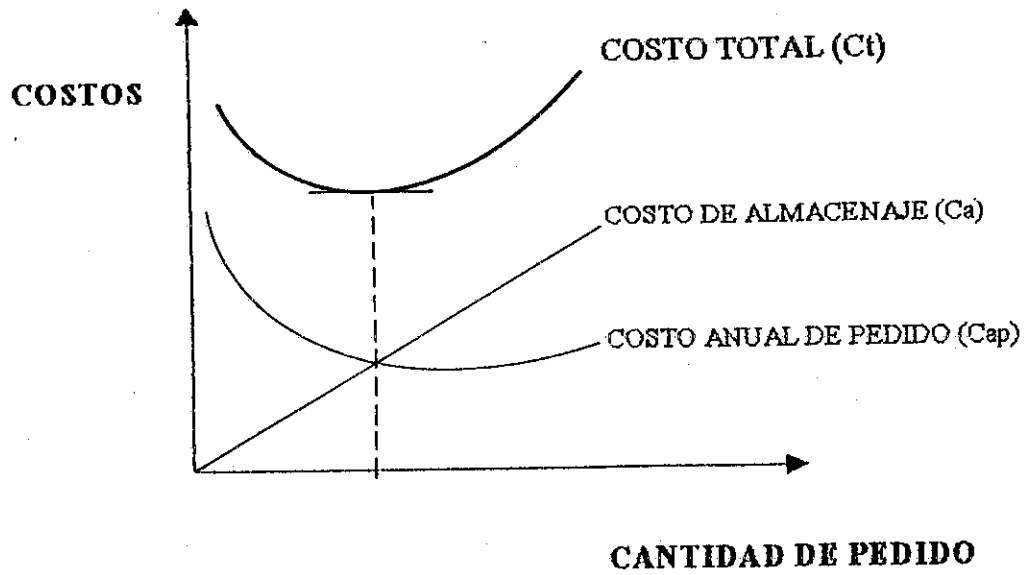
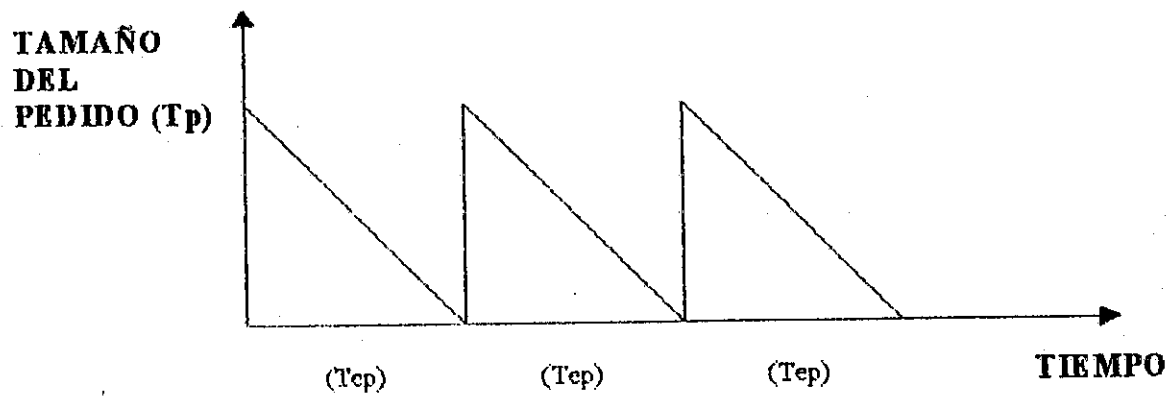


Figura 15. Gráfica tamaño del pedido versus tiempo



3.1.4.3.1 Modelos deterministas

En estos modelos se toma como base una demanda en el tiempo, la cual es conocida y se utiliza para determinar las políticas óptimas que se deben seguir en los pedidos.

Los componentes de los modelos de inventarios que más se utilizan en un modelo determinista son: costo de orden y preparación, costo unitario de compra, costo de almacenaje, costo total, tamaño del pedido, "stock" mínimo, "stock" máximo, punto de reorden, demanda determinista, inventario de seguridad y tiempo entre pedidos.

Lo que se persigue al aplicar este modelo de inventario es determinar el tamaño del pedido o cantidad a ordenar, para ello se toma como base la ecuación del costo total, como sigue:

$$Ct = Cp + (Cu * Tp) + Ca$$

El inventario promedio es $Tp / 2$, esto hace que el costo promedio de mantener el inventario sea: $(Cua * Tp) / 2$. También se sabe que la longitud del ciclo es Tp/Dd , por lo tanto el costo de almacenaje es $(Cua * Tp^2) / 2 Dd$.

De allí que la ecuación de costo total queda:

$$Ct = Cp + (Cu * Tp) + (Cua * Tp^2) / 2 Dd$$

Al derivar la ecuación anterior respecto al tamaño del pedido que se va a ordenar e igualar a cero, se obtiene el tamaño del pedido óptimo y el tiempo entre pedidos.

$$d Ct / d Tp = - Dd / Tp^2 + Cua / 2$$

De esta ecuación, se despejan los siguientes valores:

$$T_p = \sqrt{((2Dd * C_p) / C_{ua})}$$

$$T_{ep} = T_p / Dd$$

Otros parámetros importantes en una política de inventario son: “stock” máximo, “stock” mínimo y el punto de reorden. Estos se calculan con las siguientes fórmulas:

$$\text{Consumo diario promedio} = C_{dp} = Dd / 30$$

$$\text{Tiempo promedio de entrega} = T_{pe}$$

$$\text{Tiempo mayor de entrega} = T_{me}$$

$$\text{Política de stock mínimo} = P_{sm} = (T_{me} - T_{pe})$$

$$\text{“Stock” mínimo} = S_m = (C_{dp} * P_{sm})$$

$$\text{“Stock” máximo} = S_M = (T_p + S_m)$$

$$\text{Punto de reorden} = Pr = (C_{dp} * T_{pe}) + S_m$$

3.1.4.3.2 Modelos probabilistas

“En este tipo de modelos, se tiene la característica principal de que la demanda es aleatoria y tiene una función de probabilidad conocida. Para este modelo, se asume que el costo de almacenamiento es despreciable y que el nivel de existencias cambia de una manera continua”. (Referencia 10).

Un modelo probabilista es aplicable en aquellas empresas que se dedican a la fabricación o distribución de productos que se consumen en ciertas temporadas del año un ejemplo común de este tipo de productos es la producción de paraguas, su temporada máxima de ventas es en invierno.

En el caso de la bodega central de repuestos de Colgate Palmolive (C.A.), S.A., los modelos probabilistas no son aplicables, debido a que se conoce la demanda de los repuestos, además, las diferentes plantas de la empresa trabajan bajo el régimen de producción continua.

3.1.4.4 Aplicación de los modelos de inventarios

En bodega central de repuestos de Colgate Palmolive (C.A.), S.A., se manejan varios tipos de repuestos, por lo tanto es necesario hacer una clasificación de los mismos antes de aplicar los modelos de inventarios.

3.1.4.4.1 Clasificación de repuestos

Al tomar como base una tabulación que se realiza con una muestra aleatoria de 987 repuestos de todos los departamentos y al utilizar los porcentajes de cantidades correspondientes a la clasificación ABC, se obtienen los diferentes rangos de costos para determinar a que clase pertenece cada repuesto. En la tabla III aparece la clasificación ABC de los repuestos de bodega central.

3.1.4.4.2 Aplicación de los modelos deterministas

Basándose en las características de este tipo de modelo se determina que los diferentes repuestos existentes en bodega central tienen una demanda conocida, lo que permite calcular la política óptima.

Tabla III. Clasificación ABC de los repuestos de bodega central de repuestos

CLASE (ABC)	RANGO (QUETZALES)	% DE VALOR MONETARIO	REPUESTOS
A	561 en adelante	85	Cilindros neumáticos, tarjetas electrónicas, transformadores, bombas, motores, rodillos, ejes, fotoceldas, llantas industriales, moldes, carburadores, etc.
B	126-560	10	Accesorios de acero inoxidable, rodamientos, equipo neumático, electrodos para aluminio, engranajes, sprocket, relays, resistencias, filtros, tubos para llantas, acumuladores, retenedores, etc.
C	0-125	5	Tornillos, accesorios para tubería (galvanizado y PVC), cojinetes pequeños, retenedores, bujías, espigas, bombillas, condensadores, platinos, fusibles, empaques, abrazaderas, mangueras, fajas, seguros para cadenas, resortes, pinturas, electrodos, cierras, lijas, chavetas, seguros para interiores y exteriores, pines cónicos, fricciones, esparragos, buriles, brocas, etc.

Una política óptima de inventario es el cálculo de los diferentes componentes de un modelo de inventario. Para comprender lo anterior se presenta un ejemplo del modelo determinista que se aplica a un repuesto de bodega central:

- **Determinación de la demanda**

La demanda de los cojinetes 6210, se determina por medio de los registros de entradas y salidas de repuestos de bodega central.

- **Determinación del costo unitario de almacenaje**

Para obtener este costo, se utilizan los siguientes datos:

Sueldos del personal de bodega = Q. 4,000.00.

Tasa de interés para obtener el costo de oportunidad = 18% anual.

Consumo de energía eléctrica = Q. 200.00 al mes.

Tasa de depreciación de los repuestos = 3% anual.

Tasa por riesgo de robo o pérdida de repuestos = 1% anual.

Cantidad de repuestos del inventario = 20,000.

Cantidad de repuestos fuera de inventario = 12,000.

Cantidad total de repuestos = 32,000.

Costo del repuesto = Q. 115.00

Tamaño del pedido actual = 22 cojinetes 6210.

Para el cálculo del costo unitario de almacenaje se utiliza la siguiente fórmula:

$$Cua = (\text{sueldos} / \text{cantidad total de repuestos}) + (\text{costo del repuesto} * ((\text{tasa de interés anual} + \text{tasa de depreciación anual} + \text{tasa por riesgos anual}) / 12) / \text{tamaño del pedido actual}).$$

$$\text{Cua} = (\text{Q. } 4,000.00 / 32,000 \text{ unidades}) + (\text{Q. } 115.00 * ((0.18 + 0.03 + 0.01) / 12) / 22 \text{ unidades})$$

$$\text{Cua} = \text{Q. } 0.22 / \text{mes} * \text{unidad}$$

- **Determinación del costo de orden y preparación**

Para la obtención de este costo se toman en cuenta los siguientes aspectos:

Llamadas telefónicas = Q. 0.60.

Papelería y utilización de equipo de computación = Q 4.40.

$$\text{Cp} = \text{Q. } 0.60 + \text{Q. } 4.40$$

$$\text{Cp} = \text{Q. } 5.00$$

- **Determinación del tiempo mayor y tiempo promedio de entrega**

Estos tiempos se determinan al consultar los registros de pedido y recepción de los repuestos en bodega central.

Ejemplo:

La demanda de los cojinetes 6210, es de 5 unidades al mes, el costo unitario de almacenaje es Q. 0.22 por mes, para realizar el pedido de los cojinetes se incurre en un costo de Q. 5.00; además se sabe que el tiempo mayor de entrega es de 6 días y el tiempo promedio de entrega es de 2 días. Con estos datos se determina la política óptima de inventario.

Solución:

Para resolver un problema de este tipo es indispensable que se trabaje en las mismas dimensionales (costo y tiempo).

Dd = demanda = 5 unidades al mes

Cua = costo unitario de almacenaje = Q.0.22

Cp = costo de orden y preparación = Q.5.00

Tme = Tiempo mayor de entrega = 6 días

Tpe = Tiempo promedio de entrega = 2 días

Tamaño de pedido = Tp

Para calcular el tamaño del pedido se utiliza la siguiente fórmula:

$$Tp = \sqrt{(2Dd * Cp) / Cua}$$

$$Tp = \sqrt{(2 * 5 \text{ (unidades / mes)} * 5.00 \text{ (Q.)}) / 0.22 \text{ (Q. / (mes * unidad))}}$$

$$Tp = \sqrt{(50 / 0.22) ((Q. * unidades^2 * mes) / (Q. * mes))}$$

$$Tp = \sqrt{(227.2727) \text{ (unidades}^2\text{)}}$$

$$Tp = 15.0756 \text{ (unidades)} \approx 15 \text{ (unidades).}$$

$$Tp = 15 \text{ (unidades).}$$

Tiempo entre pedidos = Tep

Para calcular el tiempo entre pedido se utiliza la siguiente fórmula:

$$Tep = Tp / Dd$$

$$Tep = 15 \text{ (unidades)} / 5 \text{ (unidades / mes)}$$

$$Tep = 3 \text{ (meses).}$$

Política de "stock" mínimo = Psm

$$Psm = (Tme - Tpe)$$

$$Psm = (6 \text{ (días)} - 2 \text{ (días)})$$

$$Psm = 4 \text{ (días)}$$

Consumo diario promedio = Cdp

$Cdp = Dd / 30$ donde 30 es la constante de conversión de meses a días.

$$Cdp = 5 / 30 = 0.1667 \text{ (unidades diarias)}$$

"Stock" mínimo = Sm

$$Sm = Cdp * Psm$$

$$Sm = 0.1667 \text{ (unidades / día)} * 4 \text{ (días)}$$

$$Sm = 0.6668 \approx 1 \text{ (unidad)}$$

"Stock" máximo = SM

$$SM = Tp + Sm$$

$$SM = 15 \text{ (unidades)} + 1 \text{ (unidad)}$$

$$SM = 16 \text{ (unidades)}$$

Punto de reorden = Pr

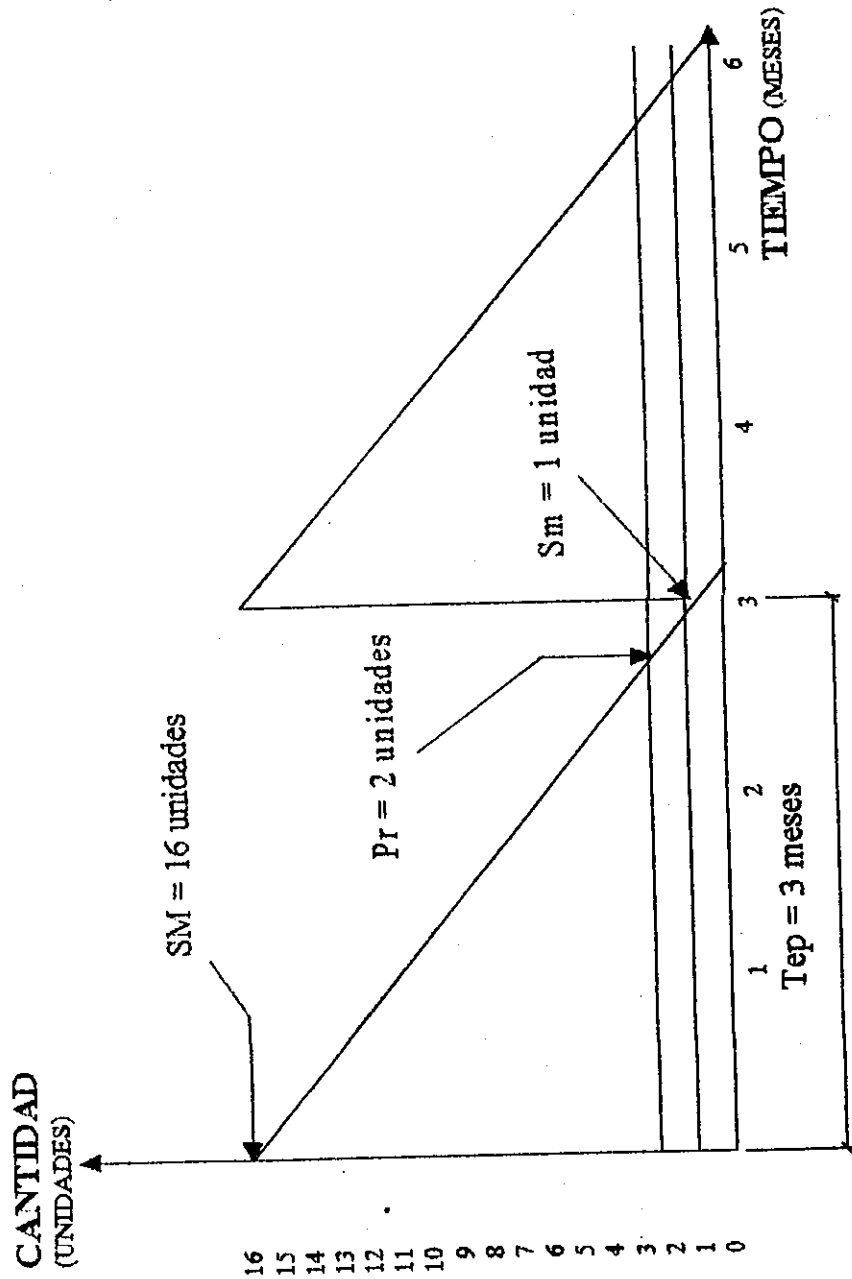
$$Pr = (Cdp * Tpe) + Sm$$

$$Pr = (0.1667 \text{ (unidades / día)} * 2 \text{ (días)}) + 1 \text{ (unidad)}$$

$$Pr = 1.3334 \approx 2 \text{ (unidades)}$$

Los datos calculados se observan en la figura 16.

Figura 16. Cantidad de cojinetes versus tiempo



3.1.4.5 Registro para el control de inventarios

Para un adecuado control de los repuestos existentes en bodega, es importante establecer un registro que garantice el buen funcionamiento en el movimiento del inventario, es decir, que el abastecimiento del "stock" sea el óptimo.

El registro a utilizar consiste en etiquetas de identificación adhesivas que se colocan en cajas de cartón donde se almacenan los repuestos. Un modelo de esta etiqueta se muestra en la figura 17.

Figura 17. Modelo de etiqueta

COLGATE PALMOLIVE			
BODEGA CENTRAL			
Departamento:	_____		
Código:	_____	Máquina:	_____
Descripción:	_____		
Tipo de repuesto:	Stock:		
Mecánico <input type="checkbox"/>	Eléctrico <input type="checkbox"/>	Máximo:	_____
Neumático <input type="checkbox"/>	Electrónico <input type="checkbox"/>	Punto de Reorden:	_____
Hidráulico <input type="checkbox"/>	Otros <input type="checkbox"/>	Mínimo:	_____

3.2 Departamentalización dentro de bodega

Para realizar la propuesta de departamentalización de los dos niveles de la bodega central de repuestos se siguen los pasos siguientes:

- Revisión física del contenido de las estanterías.
- Determinación de cuantos departamentos tienen repuestos dentro de bodega.
- Obtención del espacio que ocupan los repuestos de cada departamento en las estanterías.
- Asignación de la cantidad de estanterías para cada departamento.
- De acuerdo al tamaño, peso y forma de los repuestos de cada departamento determinación de la distribución de los departamentos en primer y segundo nivel.
- Diseño para separar y cerrar los departamentos.
- Diseño de rótulos para la identificación de los departamentos y el contenido de cada estantería.
- Realización de cotizaciones.
- Presentación de la propuesta a la gerencia de mantenimiento.
- Aprobación de la propuesta.
- Contacto con los proveedores asignados para realizar los diferentes trabajos de la departamentalización.
- Revisión de los trabajos realizados.

En las figuras 18 y 19, se presentan los planos para la departamentalización del primer y segundo nivel, respectivamente.

3.3 Almacenaje de repuestos

Después de realizar la departamentalización en bodega central de repuestos, es conveniente un adecuado almacenaje para poder prestar un buen servicio a los usuarios, protección a los repuestos y reducción de costos.

Figura 18. Departamentalización en el primer nivel de bodega central de repuestos

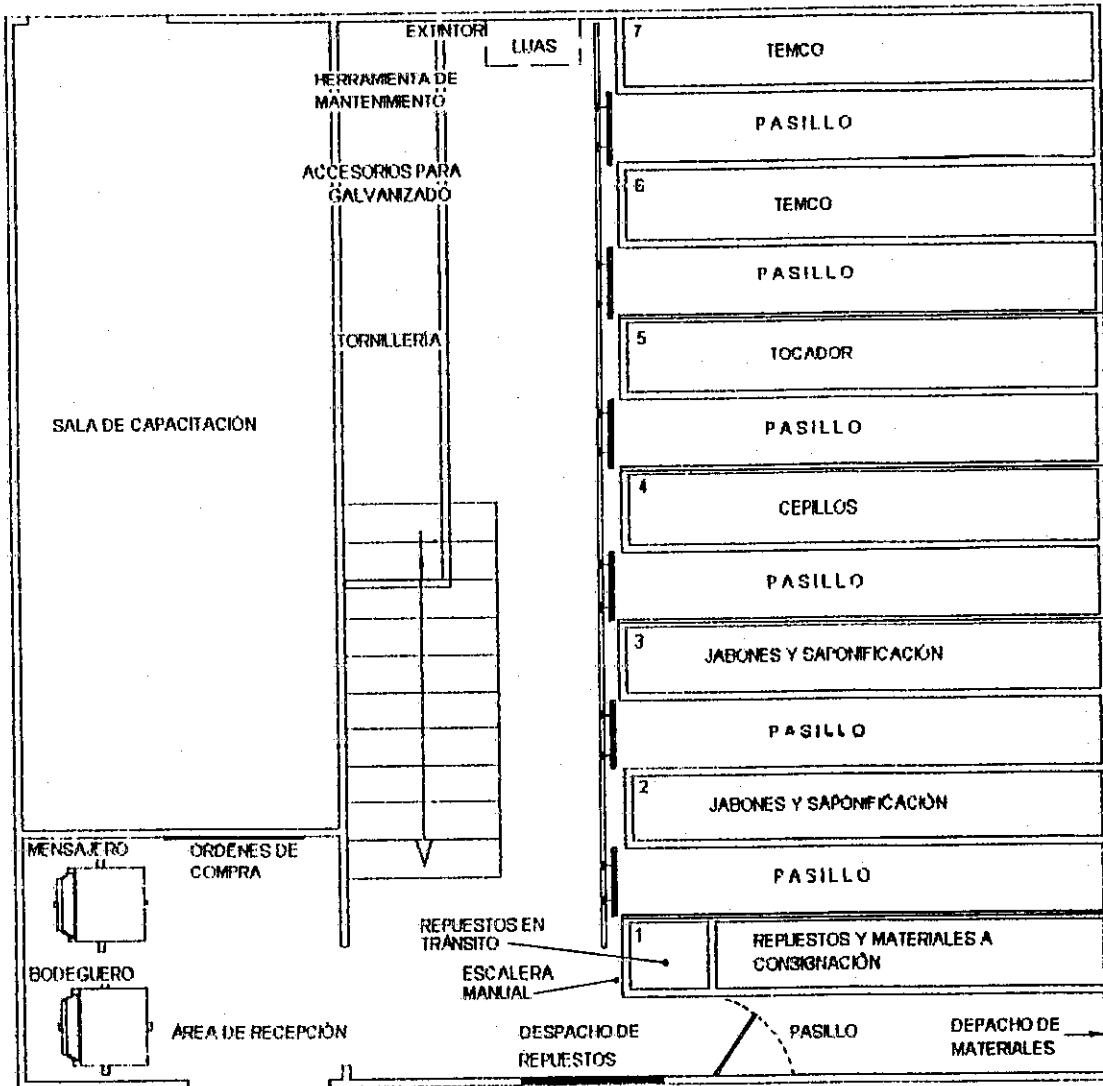
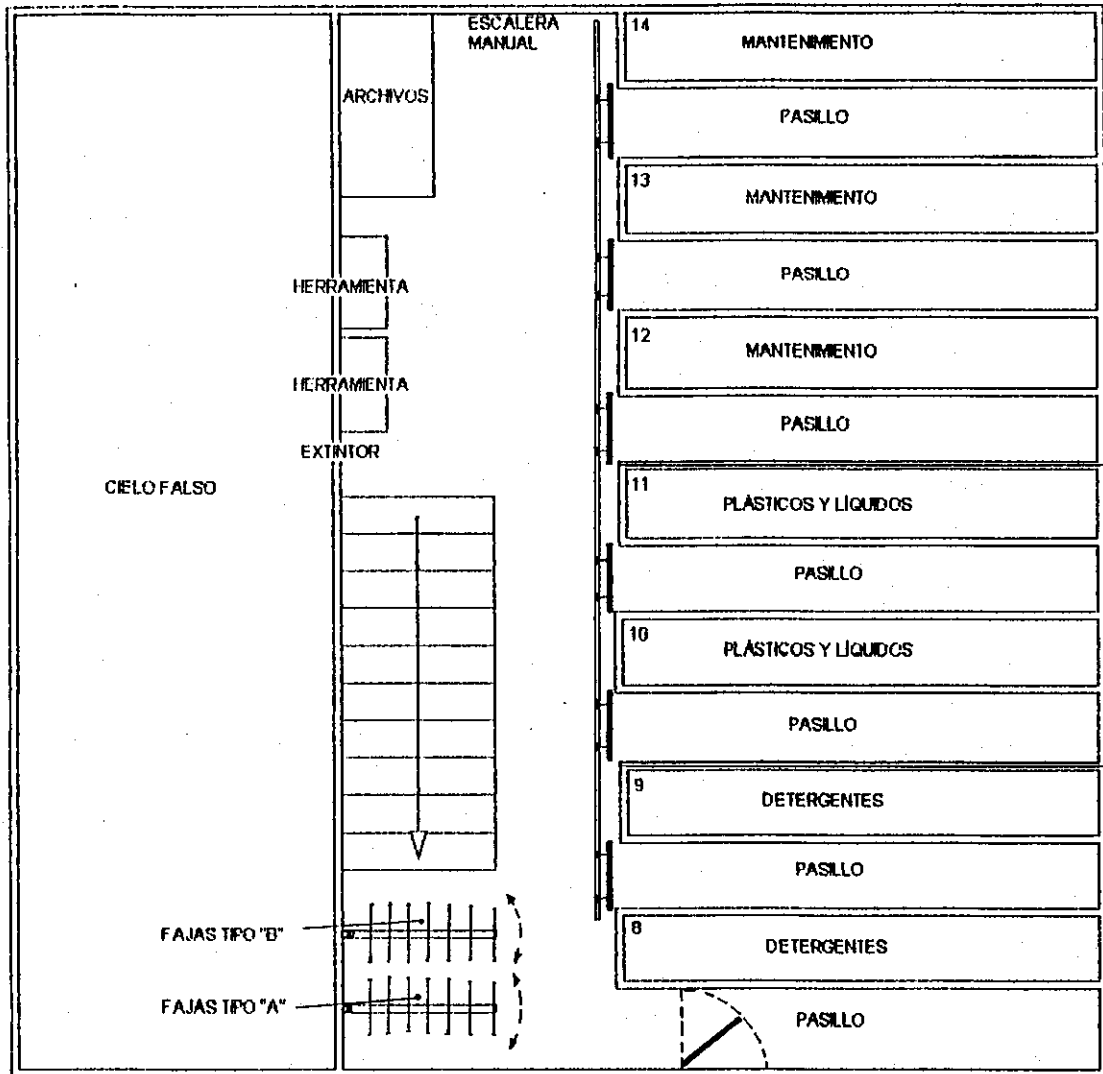


Figura 19. Departamentalización en el segundo nivel de bodega central de repuestos



3.3.1 Técnicas de almacenaje

Las técnicas que se consideran adecuadas para el almacenaje en bodega central de repuestos son las siguientes:

- **Depuración de repuestos obsoletos:** se utiliza para extraer de bodega todos los repuestos que no tienen uso, estos repuestos quedan en desuso debido a que las máquinas donde se utilizan ya no existen en la empresa o se modifican. A través de lo anterior se logra disponibilidad de espacio y reducción de costos de almacenaje. Los repuestos obsoletos se extraen de bodega central de repuestos, se descargan del inventario y se almacenan en una bodega donde se encuentran las máquinas en desuso.
- **Retiro de repuestos deteriorados:** con esta técnica se extraen los repuestos que estén deteriorados, por ejemplo: rodamientos oxidados, repuestos frágiles quebrados, empaques rotos, etc. Las ventajas de esta técnica son similares a las de la técnica anterior.
- **Almacenaje vertical:** esta técnica se utiliza para almacenar repuestos en posición vertical de acuerdo a la forma y tamaño de los mismos, requiere el uso de divisiones para impedir que se caigan. En bodega central de repuestos esta técnica se utiliza para el almacenaje en la sección de papelería.
- **Almacenaje por tamaño y peso:** se refiere al almacenaje de repuestos pesados y de gran tamaño en lugares bajos y accesibles. En bodega central, los departamentos que tienen repuestos de este tipo se distribuyen en el primer nivel y cerca de la puerta de acceso a bodega.

- **Almacenaje horizontal:** esta técnica se utiliza para almacenar piezas de manera horizontal, es recomendable almacenar de esta manera repuestos frágiles, debido a que su área de contacto con la superficie es grande. En bodega central la mayor parte de repuestos se almacenan horizontalmente.
- **Almacenaje en cajas de cartón:** se refiere a la separación de los repuestos de tamaño pequeño por medio de cajas de cartón, con esto se logra un almacenaje ordenado y se proporciona protección a los repuestos. Un modelo de caja de cartón se presenta en la figura 20.
- **Ordenamiento de repuestos de acuerdo al inventario:** esta técnica se utiliza para ordenar los repuestos de acuerdo al inventario general, se colocan los repuestos en orden ascendente según el número de código de los mismos, con esto se facilita su búsqueda al momento que son requeridos y al momento de la realización del inventario general.

3.3.2 Identificación para la búsqueda de repuestos

Para buscar los repuestos en bodega central es necesario que los departamentos, estanterías y repuestos estén correctamente señalizados.

3.3.2.1 Identificación de los departamentos

Los departamentos se identifican por color y número de la estantería, una representación de esto aparece en la tabla IV.

Figura 20. Modelo de una caja de cartón para el almacenaje de repuestos

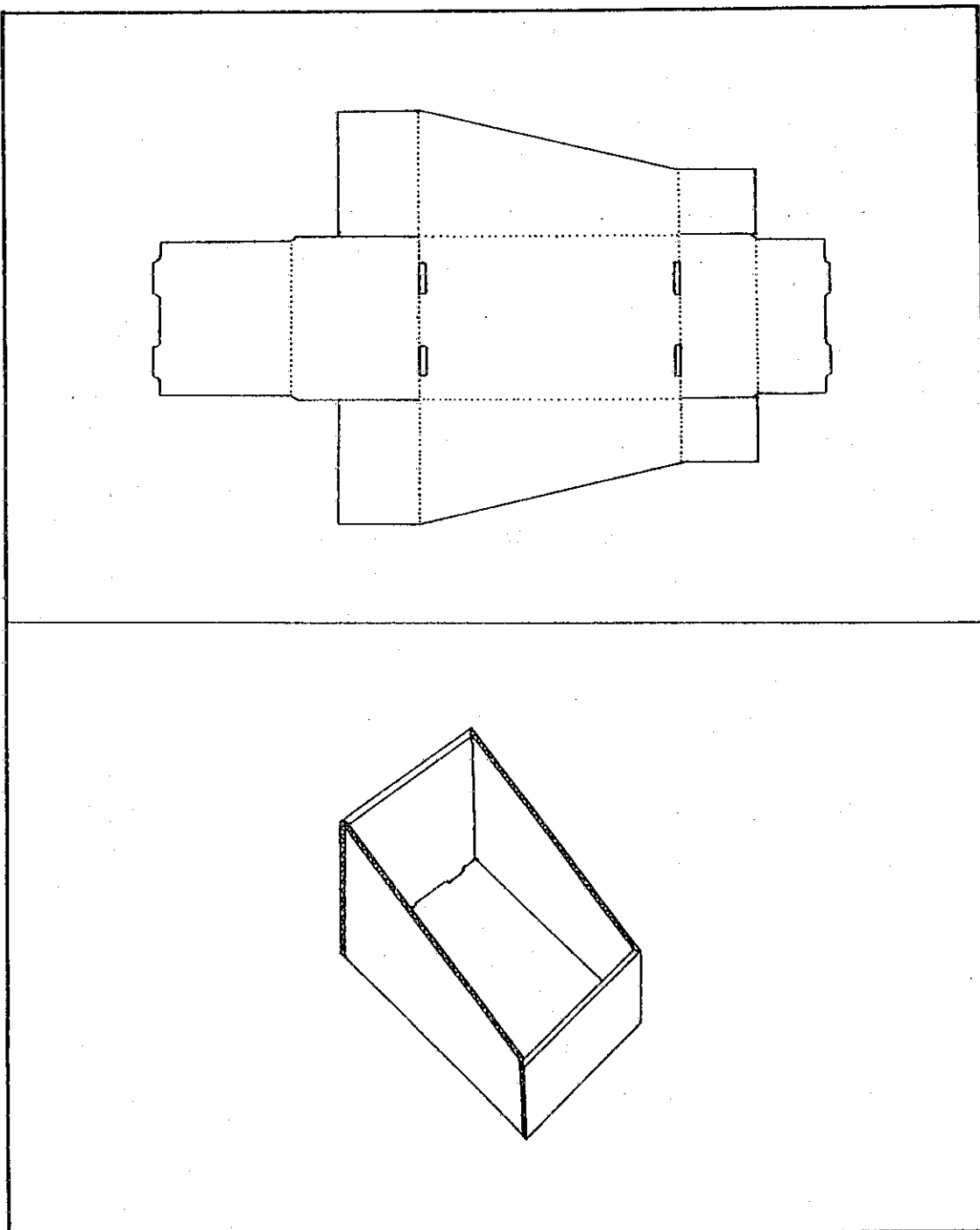


Tabla IV. Identificación de los departamentos en bodega central de repuestos

COLOR	DEPARTAMENTO	No. ESTANTERÍA
Rojo	Repuestos y materiales a consignación	1
Amarillo	Jabones y saponificación	2 y 3
Morado	Cepillos	4
Verde claro	Tocador	5
Naranja	TEMCO	6 y 7
Verde oscuro	Detergentes	8 y 9
Azul	Plásticos y líquidos	10 y 11
Gris	Mantenimiento	12, 13 y 14

En la identificación de los departamentos se utilizan rótulos de acrílico 3mm. de espesor, 400mm. de altura y 300mm. de ancho, de color sólido, con el texto grabado y pintado por el frente.

El contenido de estos rótulos es el número de la estantería, el nombre del departamento y el contenido de la estantería. El contenido del rótulo de entrada a la estantería No. 5 se muestra en la figura 21.

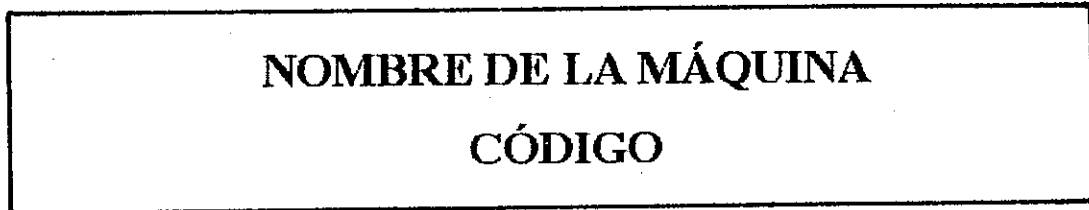
Figura 21. Rótulo del contenido de la estantería No. 5

COLGATE PALMOLIVE (C.A.), S.A. BODEGA CENTRAL DE REPUESTOS ESTANTERÍA No. 5 DEPARTAMENTO DE TOCADOR		
MÁQUINA	CÓDIGO	UBICACIÓN
CORTADORA IWKA	660-008	A, B, C
MEZCLADOR HEBOLT	849-001	D
BOMBA NASH	849-008	E
FILTRO PURULATOR	849-009	E
FILTRO BACTEREOLÓGICO	849-012	F
DEIONIZADOR HB 775	850-010	F
LLENADORA ARENCO	851-003	G, H, I
LLENADORA ARENCO	851-004	J, K
CORTADORA JONES	851-010	L
APLICADOR NORDSON	851-011	M, N
IWKA	851-012	Ñ, O, P
LLENADORA NORDEN	851-017	R, S, T
JONES CONSTANTE	851-019	U, V

3.3.2.2 Identificación de las máquinas dentro de las estanterías

Cada estantería tiene 24 divisiones las cuales se identifican con letras del abecedario. Para la identificación de los repuestos de las diferentes máquinas dentro de la estantería se colocan rótulos que contienen el nombre y código de las máquinas, los rótulos se fabrican en acrílico de 1.5mm. de espesor, 50mm. de altura y 200mm. de largo. Un modelo de estos rótulos se presenta en la figura 22.

Figura 22. Modelo de los rótulos de identificación de las máquinas dentro de las estanterías



3.3.2.3 Identificación de repuestos

Los repuestos, después de ser colocados en cajas de cartón, se identifican con una etiqueta que contiene: departamento, descripción del repuesto, tipo de repuesto, código y “stock” (ver la figura 17), las etiquetas van adheridas a las cajas de cartón.

3.3.3 Búsqueda de repuestos

Es una actividad que realiza el bodeguero cada vez que se le solicita un repuesto en bodega central y para que ésta sea eficiente es necesario seguir un procedimiento.

Para ilustrar el procedimiento de la búsqueda de repuestos se asume que está en servicio de mantenimiento la máquina donde se fabrican tubos laminados en el departamento de Temco y se requiere un cilindro neumático existente en bodega. Los pasos a seguir son:

1. El mecánico presenta a bodega la muestra del cilindro neumático al bodeguero, este pregunta el nombre de la máquina y el departamento al que pertenece.
2. El bodeguero toma la muestra y busca el departamento dentro de bodega.
3. Busca en el rótulo de menú de entrada a la estantería (ver figura 21) el nombre de la máquina y su ubicación en la estantería.

4. El bodeguero busca el cilindro neumático en las cajas de cartón.
5. Al localizar el cilindro neumático, lo extrae y anota el número de código.
6. Llena la boleta de requisición de salida de repuestos (ver figura 7), y la entrega al mecánico para que la firme el Ingeniero de planta.
7. Contra la boleta firmada el bodeguero entrega el repuesto.

3.4 Reglamento para el uso de bodega

Para aprovechar los beneficios de la propuesta de optimización de recursos en bodega central de repuestos, es necesario que se respeten las normas establecidas en el siguiente reglamento:

- **Propósito**

Asegurar que el uso de las instalaciones de bodega central sea adecuado para poder utilizar al máximo las mejoras realizadas.

- **Alcance**

Este reglamento va dirigido a todo el usuario con acceso a las instalaciones de bodega central de repuestos (bodeguero, mensajero, ingenieros de planta y personal de mantenimiento).

- **Responsabilidad**

Es responsabilidad de todos los usuarios de bodega central de repuestos, cumplir con las siguientes normas:

1. **Normas de seguridad e higiene**

- Se debe mantener limpias y ordenadas las instalaciones de acuerdo con su área específica.

- Existe una escalera manual ubicada e identificada en cada nivel para la búsqueda segura de repuestos que están fuera del alcance de las manos y la vista, estas escaleras se deben utilizar de manera obligada cuando no se alcance un repuesto para evitar accidentes, deterioro de cajas y estanterías. Después de su uso, la escalera que se utiliza debe colocarse en el lugar correspondiente.

2. Normas para el acceso a los departamentos

- Ninguna persona debe ingresar a otro departamento sin autorización del responsable del mismo.
- El ingeniero de planta de cada departamento debe colocar candados en las puertas de acceso a su departamento dentro de bodega, también entregarle una copia de la llave de cada candado al bodeguero.

3. Norma para extraer un repuesto inventariado

- Para extraer un repuesto de bodega que esté inventariado, es necesario llenar la boleta de requisición correspondiente, esta debe contener la firma del ingeniero de planta y el número de cuenta a la que se carga el repuesto para que el bodeguero pueda realizar la descarga correspondiente y notificarlo al departamento de contabilidad.

4. Norma para extraer repuestos y materiales a consignación

- Para poder extraer repuestos y materiales a consignación de la primera estantería, es necesario llenar la boleta correspondiente (ver figura 12). Es indispensable que lleve la firma del ingeniero de planta y el número de cuenta a la que se carga el repuesto.

5. Norma para extraer repuestos en tránsito

- En el manejo de los repuestos y materiales en tránsito se tiene el problema que éstos se acumulan en cajas dentro de bodega, se corre el riesgo de extravío por equivocación u otra razón, para evitar esta situación se coloca en la estantería número uno un espacio para los repuestos de cada departamento; debido a que este espacio es un poco reducido, es necesario que cada departamento designe a una persona encargada para extraerlos de bodega, como mínimo una vez al día.

3.5 Mejoras en las instalaciones

Entre las mejoras significativas que se realizan en bodega central de repuestos se mencionan:

- Reparación y pintura de la estantería que se usa para la colocación de tornillos y accesorios galvanizados.
- Colocación de tornillos faltantes en las estanterías del segundo nivel.
- Fabricación e instalación de dos exhibidores metálicos para la colocación de fajas tipos A y B.
- Colocación de malla cuadrada de 2.54cm en respaldos de estantes.
- Montaje de 14 puertas corredizas cada una con portacandado y marcos en ambos lados fabricados de tubo de proceso de 2.54cm.

- Cambio de tubos fluorescentes en iluminación.

3.6 Seguridad

Las mejoras que se realizan en el área de seguridad son las siguientes:

- Prevención de incendios a través de la compra y colocación de dos extintores de polvo químico con capacidad para 20 libras (9.1kg) tipo ABC, uno en cada nivel.
- Eliminación del riesgo en el manejo de materiales pesados, mediante el ordenamiento de los repuestos, al colocar los más pesados en la parte inferior de las estanterías.

3.7 Costos

Los costos incurridos en la propuesta de optimización de recursos en bodega central de repuestos se presentan en el estimado de ingeniería de la tabla V.

Tabla V. Estimado de ingeniería

ESTIMADO DE INGENIERIA		PAGINA 1 DE 1		COLGATE PALMOLIVE (C.A.), S.A.			
OBJETO: BODEGA CENTRAL DE REPUESTOS		PROYECTO: EPS. OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS				FECHA: 1998-1999	
DESCRIPCIÓN: DEPARTAMENTALIZACIÓN, COLOCACIÓN DE REPUESTOS EN CAJAS, SEÑALIZACIÓN PARA LA BÚSQUEDA.		NOTA: TODAS LAS CANTIDADES ESTÁN DADAS EN QUETZALES.					
CODIGO	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO QUE SE REALIZA	COMPRAS INTERNAS	MATERIALES	MANO DE OBRA	GASTOS PROFESIONALES	TOTAL	
A	ALTERACIONES						
A-1	5,000 cajas de cartón corrugado para el ordenamiento de repuestos.	9,423	6,678				
A-2	Etiquetas (6,000) para identificación de repuestos.		675				
A-3	115 rótulos plásticos para señalización dentro de bodega		2,070			9,423	
B	ESTRUCTURA CIVIL						
C	ESTRUCTURA METÁLICA	12,575					
C-1	Fabricación y montaje de 14 puertas corredizas con portacandado.		2,500	3,754			
C-2	Colocación de separadores de malla en el respaldo de las estanterías.		2,469	3,252			
C-3	Fabricación y montaje de 2 exhibidores metálicos para la colocación de fajos.		250	350		12,575	
D	EQUIPO						
E	ELECTRICIDAD						
F	TUBERIAS						
G	INSTRUMENTACION						
H	ALISTAMIENTO						
I	PINTURA						
J	REPUESTOS						
K	SEGURIDAD	1,150					
K-1	2 extinguidores de polvo químico seco 20 Libras (A,B,C)		1,150			1,150	
L	IMPUESTOS						
	SUB TOTAL					23,148	
	10% DE CONTINGENCIA					2,315	
	GRAN - TOTAL					25,463	

4. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA FABRICACIÓN DE REPUESTOS EN GUATEMALA

El estudio de factibilidad es la generación de varias alternativas para la realización de un proyecto de cualquier magnitud, establece una comparación entre las alternativas que se obtienen, para esto se toma como base el estudio de mercado, el estudio técnico y un análisis de costos, con objeto de seleccionar la alternativa más viable.

En Colgate Palmolive (C.A.), S.A., se adquiere una gran cantidad de repuestos fabricados en el extranjero, por lo tanto es necesario realizar un estudio de factibilidad para evaluar la alternativa de producir repuestos en Guatemala.

4.1 Inventario de los posibles repuestos a producirse en Guatemala

Entre los repuestos que se utilizan en Colgate Palmolive (C.A.), S.A., se mencionan: repuestos mecánicos, eléctricos, neumáticos, electrónicos e hidráulicos. Se considera que los repuestos que se pueden fabricar en Guatemala son, en su mayoría, repuestos mecánicos.

Para la realización del estudio de mercado se utilizan los siguientes repuestos: ejes, cufias, cuñeros, poleas, ruedas dentadas, "sprocket", rodillos, brazos (partes de máquinas), pernos, tornillos, tuercas, coronas para cajas reductoras, levas, bujes, platinas, cuchillas para corte en frío, cilindros, matrices para extrusión de aluminio en frío, camisas para cilindros, pines cónicos, pines cilíndricos, sellos, empaques y trinquetes.

4.2 Estudio de mercado

"Es una fase que debe contener todo estudio de factibilidad y su objetivo es determinar con un razonable grado de certeza los bienes y/o servicios provenientes de una nueva unidad productiva que el consumidor está dispuesto a adquirir a determinados precios". (Referencia 11).

El mercado de este proyecto, lo constituye la cantidad de repuestos mecánicos que se importan y el consumidor final es la empresa Colgate Palmolive (C.A.), S.A.

Entre los pasos que se deben seguir para el estudio de mercado se mencionan:

1. Características del producto

- Repuestos mecánicos.
- Mecanizables en Guatemala.
- Diversidad de repuestos.
- Demanda establecida.
- Diseño definido.

2. Características del consumidor (Colgate Palmolive (C.A.), S.A.)

- Empresa con varias plantas de producción donde se requiere una gran cantidad de repuestos mecánicos.
- Empresa con programas de mantenimiento preventivo establecidos en las diferentes plantas.
- Es una empresa de producción continua.

3. Características de la materia prima (acero, bronce, aluminio, hierro fundido, hierro dulce, "teflon", "ertalon", PVC, etc.)

- Existencia en el mercado local.
- Calidad aceptable.
- Varias casas distribuidoras.
- Materiales certificados.
- Diversidad de aleaciones.

4. Demanda actual y potencial

En la actualidad se cuenta con una demanda considerable de repuestos importados, la que tiende a crecer en el futuro debido a que la empresa se encuentra en un proceso de desarrollo continuo.

5. Comercialización

En este caso no es necesario consumir recursos económicos en publicidad para la venta de los repuestos, debido a que la empresa es consumidora de los mismos.

6. Competidores y productos sustitutos

Los principales competidores son los proveedores del extranjero, además existen proveedores en Guatemala que distribuyen repuestos sustitutos.

4.2.1 Fabricación

Para la elaboración de repuestos mecánicos que se utilizan en Colgate Palmolive (C.A.), S.A., se dispone de dos fuentes de fabricación: taller de máquinas herramientas de la empresa y talleres ajenos a esta.

4.2.1.1 Taller de máquinas herramientas de Colgate Palmolive (C.A.), S.A.

Para que en este taller se pueda fabricar repuestos mecánicos que reúnan las características requeridas, se debe de contar con cierta cantidad de máquinas herramientas, equipo, personal calificado e instalaciones adecuadas.

4.2.1.1.1 Máquinas herramientas indispensables

- Torno: es la máquina herramienta más versátil, esencial e importante, debido a que tiene más utilización a escala universal. La mayor cantidad de sus operaciones son destinadas a superficies de revolución circular.
- Fresadora: es una máquina herramienta de movimiento continuo, destinada al mecanizado de materiales y permite realizar operaciones de fresado de superficies de variadas formas: planas, cóncavas, convexas y combinadas.
- Cepillo: es una máquina herramienta de movimiento alternativo, que se utiliza principalmente para conseguir superficies planas de piezas mecánicas.

- **Rectificadora:** esta máquina se utiliza para eliminar las irregularidades de piezas mecánicas, para conseguir piezas redondas o planas de gran exactitud de medida y de elevada calidad superficial.
- **Taladro:** esta máquina herramienta se utiliza para ejecutar agujeros redondos en materiales metálicos y no metálicos.
- **Esmeril:** esta máquina es de gran importancia en un taller debido a que su principal uso es para el afilado de cuchillas de corte.
- **Horno para tratamiento térmico:** se utilizan para calentar materiales a las temperaturas requeridas por cada tratamiento térmico. La fuente de calor está alimentada con energía eléctrica o por combustible.
- **Sierra:** es una máquina herramienta que facilita el corte de materiales de diferentes espesores.

4.2.1.1.2 Equipo indispensable

- **Soldadura eléctrica:** este tipo de soldadura, emplea el calor generado por una corriente eléctrica, para fundir un electrodo y unir dos piezas metálicas.
- **Soldadura oxiacetilénica:** esta soldadura se produce al fundir los metales por medio de una llama que resulta de la combinación de oxígeno y acetileno.
- **Equipo de metalizado:** este equipo, es auxiliado por el equipo de soldadura oxiacetilénica y sirve para formar una capa metálica dura sobre la superficie de un repuesto que sufre desgaste.

- Prensa hidráulica: se utiliza para instalaciones o introducción de bujes, extracción de cojinetes, introducción a presión de ejes o flechas en engranajes o poleas y operaciones de enderezado de piezas.
- Durómetro: aparato que se utiliza para medir la dureza de los materiales, es indispensable en la realización de trabajos de tratamientos térmicos.

4.2.1.1.3 Herramienta indispensable

- Calibrador Vernier: por su versatilidad, es el instrumento más utilizado en la realización de medidas de precisión, con éste se pueden medir interiores, exteriores y profundidades en los repuestos.
- Micrómetro: es esencial en la fabricación e inspección de partes de máquinas, debido a que sirve para realizar medidas de gran precisión.
- Buriles: son herramientas corte indispensables para la fabricación de repuestos, se utilizan en las operaciones de torno, fresadora y cepillo.
- Brocas: son herramientas de corte fabricadas de acero rápido, sirven para perforar agujeros cilíndricos de diferentes diámetros.
- Machuelos y terrajas: se utilizan exclusivamente para la realización de roscas interiores y exteriores en partes para máquinas.
- Escariadores: se utilizan para rectificar agujeros que se realizan con brocas, mejoran el acabado de la superficie y proporcionan una medida exacta al agujero.
- Fresas: herramientas de corte que utiliza una fresadora para la realización de diferentes trabajos.

4.2.1.1.4 Personal calificado

Para determinar si el personal del taller de máquinas herramientas de Colgate Palmolive (C.A.), S.A. es calificado se realiza un estudio al evaluar los siguientes aspectos:

- **Estudios básicos:** el personal, debe poseer como mínimo un título de mecánico de máquinas herramientas y cursos relacionados con la fabricación de repuestos.

- **Habilidades:**
 - Interpretación de dibujos, especificaciones e instrucciones de trabajo.
 - Selección del material y las herramientas de corte apropiadas para los trabajos a efectuarse en máquinas herramientas.
 - Selección adecuada de la velocidad en la máquina y el avance de la herramienta.
 - Realización de trabajos en banco.
 - Torneado de piezas de difícil sujeción, piezas con salientes o agujeros excéntricos, roscas múltiples y cónicas.
 - Soldadura horizontal, vertical y sobre cabeza, con soldadura eléctrica y oxiacetilénica.
 - Realización de tratamientos térmicos.
 - Fresado de engranajes de dientes rectos y helicoidales.
 - Rectificación de superficies planas, escalonadas y cilíndricas.
 - Realización de trabajos de precisión de 0.001mm.

El personal del taller de máquinas herramientas reúne las características anteriores, por lo tanto se dice que se cuenta con personal calificado para la producción de repuestos mecánicos.

4.2.1.1.5 Instalaciones indispensables

Para que en un taller de máquinas herramientas se puedan fabricar repuestos mecánicos, debe contar con las siguientes instalaciones:

- Iluminación adecuada.
- Suficiente ventilación.
- Conexiones eléctricas seguras.
- Espacio para la manipulación de repuestos grandes.
- Maquinaria y equipo anclado y nivelado.

El taller de máquinas herramientas de Colgate Palmolive (C.A.), S.A., cuenta con equipo necesario, personal calificado e instalaciones adecuadas para la fabricación de los posibles repuestos mecánicos.

4.2.1.2 Talleres para subcontrato

Los talleres para subcontrato son aquellos que sirven de apoyo a la empresa para la fabricación de algunos repuestos mecánicos que en la empresa no se pueden fabricar debido a la falta de tiempo.

Las principales características que se deben analizar para seleccionar un taller para subcontrato son las siguientes:

- Instalaciones apropiadas.
- Personal calificado.
- Equipo indispensable.
- Máquinas y herramientas indispensables.
- Rapidez en el servicio.

- Precisión y calidad.
- Confiabilidad.
- Costos aceptables.

En Guatemala se cuenta con talleres que reúnen las características anteriores, por lo tanto, se puede acudir a ellos cuando sean requeridos.

4.2.2 Materiales

Para el estudio de los diferentes materiales existentes en el mercado guatemalteco es necesario conocer las casas que los distribuyen para tener diferentes alternativas de adquisición de los mismos.

4.2.2.1 Proveedores

Entre los proveedores que distribuyen los materiales para la fabricación de los repuestos mecánicos en Guatemala están:

1. Aceros Suecos, S.A.

Algunos materiales que distribuye esta empresa son:

- Aceros para maquinaria.
- Aceros para trabajo en frío.
- Aceros para moldes de plástico.
- Acero para trabajo en caliente.
- Acero plata.
- Bronce fosforado.

2. Alumicentro

El principal material que distribuye esta empresa es el aluminio.

3. Comercializadora OMEGA de Guatemala S.A.

Los materiales que distribuye esta empresa son:

- Aceros al carbono.
- Aceros para herramienta.
- Aceros inoxidable.
- Aceros aleados.
- Metales no ferrosos (bronces).

4. Equipos, Servicio y Sistemas Anticorrosivos S.A. (ESSA)

Esta empresa distribuye toda clase de plásticos para aplicaciones industriales.

5. Metales Industriales de Guatemala S.A.

Entre los productos que distribuye esta empresa se mencionan los siguientes materiales:

- Cold Roll
- Aceros especiales de alta aleación.
- Bronces.
- Duraluminio.
- Hierro fundido.
- "Ertalon".
- "Ertacetal".
- "Teflon".

4.2.2.2 Equivalencias entre los aceros de los diferentes proveedores en Guatemala

En Guatemala se cuenta con la posibilidad de conseguir aceros de diferentes marcas por lo tanto es necesario saber que aceros pueden sustituir a otros, para esto se presenta en el anexo I la tabla de equivalencias entre los aceros disponibles en Guatemala de diferentes casas distribuidoras. Además, es importante conocer las aplicaciones que tienen los diferentes aceros, por lo que se presenta en el anexo II la tabla de aplicaciones de los mismos.

4.3 Estudio técnico

“Es el estudio de ingeniería que engloba los aspectos técnicos del proyecto, relacionados con determinar la mejor manera de llevarlo a cabo”. (Referencia 12).

4.3.1 Estudio de capacidad

Colgate Palmolive (C.A.), S.A., requiere de una gran variedad de repuestos mecánicos, en la actualidad estos se importan, sin embargo, en Guatemala existe la capacidad de producirlos.

La empresa, cuenta con un taller de máquinas herramientas con maquinaria y equipo adecuados para la fabricación de repuestos mecánicos. Para determinar si la cantidad de personal de este taller es adecuada se realiza un estudio para evaluar el tiempo muerto de las máquinas (es el tiempo que las máquinas no están en operación), para esto se toma en cuenta la cantidad de máquinas operables (máquinas que requieren que los trabajadores permanezcan en ellas todo el tiempo de operación) y la cantidad de operarios que laboran en las diferentes jornadas de trabajo.

Las máquinas que se consideran operables en el taller de máquinas herramientas son: seis tornos y tres fresadoras.

Las máquinas que no se consideran operables o que no es necesario asignarles un operador son las siguientes: esmeriles, hornos para temple, taladros, rectificadoras (planas y cilíndricas) y cepillos.

Los resultados del estudio del tiempo muerto de las máquinas se presentan en la tabla VI.

Tabla VI. Tiempo muerto de las máquinas operables

Cantidad de Máquinas operables 6 tornos y 3 fresadoras	Cantidad de operarios		
	Jornada 1 6:00 a 14:00 horas	Jornada 2 14:00 a 22:00 horas	Jornada 3 22:00 a 6:00 horas
9	4	2	1
Tiempo muerto de las máquinas (%)	55.56	77.78	88.89

Para el cálculo de los porcentajes del tiempo muerto de las máquinas operables se utilizan las 8 horas de cada jornada, la cantidad de operarios por jornada y el número de máquinas.

$$\% \text{ de tiempo trabajado} = ((\text{Número de operarios} * 100) / \text{Número de máquinas operables}).$$

$$\% \text{ de tiempo muerto} = (100 - \% \text{ de tiempo trabajado}).$$

Ejemplo:

Jornada 1.

$$\% \text{ de tiempo trabajado} = (4 * 100) / 9$$

$$\% \text{ de tiempo trabajado} = 44.44$$

$$\% \text{ de tiempo muerto} = 100 - 44.44$$

$$\% \text{ de tiempo muerto} = 55.56$$

Además se tiene el apoyo de talleres para subcontrato con capacidad de producción elevada para la fabricación de los repuestos que, por algún motivo, no se pueden elaborar en la empresa.

4.3.2 Estudio de inversiones

Se refiere al estudio del capital necesario para realizar el proyecto, las inversiones que se toman en cuenta son: físicas, equipamiento y materia prima.

4.3.2.1 Inversiones físicas

El taller de máquinas herramientas tiene las instalaciones físicas que se requieren para la realización del proyecto, por lo que no se necesita realizar ninguna inversión de este tipo.

4.3.2.2 Inversiones en equipamiento

El taller de máquinas herramientas cuenta con máquinas y equipo necesarios para la producción de repuestos mecánicos, por lo tanto no es necesario realizar inversiones en más equipamiento.

4.3.2.3 Inversiones en materia prima

En bodega central de repuestos se tiene una modalidad de materiales a consignación, donde se tiene un adecuado "stock", por esto no es necesario realizar inversiones extras en materia prima para la ejecución del proyecto.

4.3.3 Estudio de calidad

Calidad es el aseguramiento de estándares requeridos para la fabricación de un determinado producto. En el caso de la fabricación de repuestos mecánicos, los estándares requeridos son: precisión, acabado, materiales y manejo.

El estudio de calidad establece comparaciones entre los repuestos producidos en Guatemala y los repuestos importados. Además compara los materiales distribuidos en Guatemala y los materiales de los repuestos importados.

4.3.3.1 Fabricación de repuestos mecánicos en Guatemala

Los repuestos mecánicos para Colgate Palmolive (C.A.), S.A., que se fabrican en Guatemala tienen dos alternativas de elaboración, éstas son: fabricación en el taller de máquinas herramientas de la empresa y fabricación en talleres para subcontrato.

Basándose en los estándares de calidad (precisión, acabado, materiales y manejo), se realiza una comparación entre las alternativas de producción de repuestos mecánicos en Guatemala para obtener lineamientos de selección.

4.3.3.1.1 Fabricación de repuestos mecánicos en Colgate Palmolive (C.A.), S.A.

Ventajas

- Personal calificado para el aseguramiento de calidad.
- Maquinaria y equipo con ajustes adecuados.
- Equipo de medición en buen estado.
- Uso de materiales certificados.
- Correcto manejo de los materiales y repuestos.
- Mejor conocimiento de las máquinas que requieren repuestos.
- Confiabilidad en la fabricación de repuestos.

Desventajas

- Falta de especialización en áreas específicas.
- Los repuestos importados son de mayor calidad que los repuestos fabricados en la empresa.

4.3.3.1.2 Fabricación de repuestos mecánicos en talleres para subcontrato

Ventajas

- Especialización en áreas específicas de fabricación de repuestos, por ejemplo, un taller realiza tratamientos térmicos, otro taller fabrica moldes para plásticos y un tercero se dedica a la fabricación de repuestos de acero inoxidable.
- Personal calificado.
- Maquinaria y equipo adecuados.
- Confiabilidad.

Desventajas

- En el manejo de materiales y repuestos.
- Los repuestos que se elaboran en la empresa son de mayor calidad que los repuestos que se fabrican en los talleres para subcontrato.
- Diferencia entre las condiciones laborales establecidas en los talleres para subcontrato y Colgate Palmolive (C.A.), S.A.

4.3.3.2 Materiales

Mediante entrevistas con varios productores de repuestos mecánicos en Guatemala y con distribuidores de materiales, se obtiene información suficiente para afirmar que en el mercado guatemalteco no se distribuyen todos los materiales existentes en el mercado extranjero. De esto se deriva que la calidad de los repuestos mecánicos fabricados en este país es inferior a la de los repuestos importados.

4.3.3.3 Repuestos mecánicos importados

Ventajas

- Calidad certificada.
- Confiabilidad.
- Durabilidad establecida.

Desventajas

- Daños debido al manejo en la importación.

4.4 Análisis de costos

Se analizan los costos incurridos en la fabricación de repuestos en Guatemala y los repuestos de importación, para obtener bases sólidas en la elección de la alternativa factible.

4.4.1 Costos de producir repuestos en Guatemala

Se analizan los costos que intervienen en la producción de repuestos en el taller de máquinas herramientas de Colgate Palmolive (C.A.), S.A. y los costos que asimila la empresa al requerir los servicios de los talleres para subcontrato.

4.4.1.1 Costos para producir repuestos en Colgate Palmolive (C.A.), S.A.

- **Costo en la compra de materiales**

Es el costo relacionado con la compra de la materia prima para la producción de los diferentes repuestos mecánicos.

- **Costo de mano de obra**

Incluye el costo de mano de obra de los operarios y supervisión.

- **Costos indirectos**

Se toman en cuenta los costos de: electricidad, depreciación de maquinaria y equipo, así como, materiales para: corte, soldadura y tratamientos térmicos.

- **Costo de contingencia**

Es el 10% de la suma del costo de materiales, mano de obra y los costos indirectos. Este costo se utiliza para cubrir cualquier eventualidad en la fabricación de repuestos.

- **Costo total**

Es la suma de los costos anteriores.

4.4.1.2 Costos de los repuestos que se fabrican en talleres para subcontrato

- **Costo de pedido**

Este costo incluye el costo de pedir los repuestos a los talleres para subcontrato.

- **Costo de fabricación y entrega**

Es el costo que absorbe la empresa por la elaboración de los repuestos y entrega de los repuestos, este costo es asignado por el taller para subcontrato.

- **Costo total**

Es la suma del costo de pedido, el costo de fabricación y entrega y el costo de manejo.

4.4.2 Costos de importar repuestos

- **Costo de pedido**

Son los gastos que se realizan al momento de hacer un pedido de repuestos al extranjero (gastos de papelería, llamadas telefónicas y correo electrónico).

- **Costo del repuesto**

Es el costo que le asigna el proveedor en el extranjero a cada uno de los repuestos.

- **Costo de importación**

Es el costo que se origina por enviar los repuestos a Guatemala (costo que depende directamente del peso del repuesto, en la actualidad el pago aproximado es de Q.232.00 / kilogramo), además incluye el costo aduanal de aranceles que generalmente es el Impuesto al Valor Agregado (IVA) igual a 10%. En la actualidad existe una empresa de transporte que cobra a Colgate Palmolive el costo de transportar del repuesto a Guatemala, el costo aduanal de aranceles y el costo de transportar el repuesto a la empresa.

- **Costo total**

Es la suma de todos los costos incurridos en la importación de repuestos.

4.4.3 Costos por mala calidad en los repuestos

Tanto los repuestos fabricados en Guatemala como los importados algunas veces presentan defectos en su fabricación, lo que a la empresa le representa costos debido a que se pierde tiempo en la reparación de los mismos, tiempo por máquinas paradas en los diferentes procesos de producción, pérdida de materiales y el costo de oportunidad.

Este tipo de costos se relaciona con una serie de factores, por lo que resulta difícil calcularlo de manera específica y tiende a ser significativo cuando se trata de repuestos importados defectuosos debido al tiempo que se utiliza para reponer un repuesto.

4.4.4 Resultados del análisis de costos

En la realización del análisis de costos intervienen tres alternativas, éstas son: repuestos que se importan, repuestos que se fabrican en talleres para subcontrato y repuestos que se fabrican en el taller de máquinas herramientas de Colgate Palmolive (C.A.), S.A.

Para la realización de un estudio de costos significativo, se toman en cuenta las siguientes clases de repuestos mecánicos: ejes, levas, tornillos, poleas, engranes, cuchillas, tuercas, cilindros, brazos y bujes. De cada clase, se toman cinco repuestos, se realiza un promedio de sus costos y se tabulan para la determinación de la alternativa que resulta más económica. Las clases de repuestos, materiales y el costo total promedio de cada alternativa, se presentan en la tabla VII.

Para una mejor interpretación del análisis de costos, se presenta el desglose de los diferentes costos que intervienen en la importación y fabricación de cinco diferentes tipos de engranes. Los resultados se observan en la tabla VIII.

4.5 Resultados del estudio de factibilidad

El estudio de factibilidad proporciona los datos necesarios para visualizar las ventajas y desventajas entre la fabricación de repuestos en Guatemala y la importación de los mismos.

Tabla VII. Resultados del análisis de costos

Repuesto	Materiales	Costo total promedio de repuestos (Quetzales)		
		Importados	Talleres para subcontrato	Taller Colgate Palmolive (C.A.), S.A.
Ejes	Acero aleado tratado,	1,109.00	1,020.00	854.00
	Acero de bonificación,			
	Acero de cementación.			
Levas	Hierro fundido,	855.00	770.00	700.00
	Aceros de cementación.			
Tornillos	Acero aleado de temple parejo,	282.00	248.00	211.00
	Acero de cementación.			
Poleas	Duraluminio,	455.00	410.00	350.00
	Hierro fundido.			
Engranajes	Aceros de cementación.	2,680.00	2,466.00	1,876.00
	Acero aleado de temple parejo,	650.00	578.00	520.00
Cuchillas	Aceros de alto contenido de carbono.			
	Acero aleado de temple parejo,	139.00	120.00	97.00
Tuercas	Acero de cementación.			
	Acero de alto contenido de carbono,	2,197.00	2,043.00	1,670.00
Cilindros	Aceros al 12% de cromo.			
	Acero de alta tenacidad,	725.00	653.00	559.00
Brazos	Acero de temple parejo.			
	Bronce fosforado,	429.00	394.00	322.00
Bujes	Bronce grafitado.			
	TOTALES	9,521.00	8,702.00	7,159.00
	DIFERENCIAS		819.00	2,362.00
	PORCENTAJES	0%	8.6%	24.8%

4.5.1 Ventajas y desventajas en la fabricación de repuestos en Colgate Palmolive (C.A.), S.A.

Ventajas

- Calidad requerida.
- Minimización de costos.
- Especialización en el personal.
- Mayor fuente de trabajo.
- Repuestos en buenas condiciones debido a que no se tienen que trasladar.
- Menor tiempo para aprovisionamiento.

Desventajas

- Los repuestos que se fabrican en la empresa, registran menor vida útil que los repuestos importados.

4.5.2 Ventajas y desventajas en la fabricación de repuestos en talleres para subcontrato.

Ventajas

- Calidad requerida.
- Costos aceptables.
- Especialización en áreas específicas.
- Mayor fuente de trabajo.
- Menor tiempo para aprovisionamiento.

Desventajas

- Los repuestos que se fabrican en los talleres para subcontrato, registran menor vida útil que los repuestos importados.

4.5.3 Ventajas y desventajas en la importación de repuestos

Ventajas

- Calidad certificada.

Desventajas

- Costos elevados.
- Posibles daños en los repuestos por el traslado y en algunos casos extravío de los mismos.
- Mayor tiempo en el aprovisionamiento de los repuestos.

5. PROPUESTA PARA LA FABRICACIÓN DE REPUESTOS EN GUATEMALA

Al comparar las ventajas y desventajas de la fabricación de repuestos en Guatemala con la importación de repuestos, se visualiza que la primera alternativa es factible de implementar, por lo tanto se presenta la siguiente propuesta.

5.1 Lista de materiales

Entre los materiales que se distribuyen en Guatemala para la producción de repuestos mecánicos se encuentran:

- **Aceros**

1. Aceros para trabajo en frío.
2. Aceros para trabajo en caliente.
3. Aceros para moldes de plástico.
4. Aceros de bonificación.
5. Aceros de cementación.

Las diferentes clases de aceros, composiciones y equivalencias entre las marcas que se consiguen en Guatemala se observan en el anexo I y las aplicaciones de los mismos en el anexo II.

- **Aceros inoxidables**

6. Aceros inoxidables templables.
7. Aceros inoxidables austeníticos.

- **Bronces**

8. Bronce grafitado.
9. Bronce fosforado.
10. Bronce PB1.

- **Aluminios**

11. Aluminio EC.
12. Aluminio 6061.
13. Aluminio 6063.
14. Duraluminio.

Las composiciones y aplicaciones de aceros inoxidables, bronce y aluminios se presentan en la tabla IX.

- **Plásticos**

15. "Ertalon".
16. "Ertacetal".
17. "Ertalyte".
18. "Erta PC".
19. "Erta HPM".
20. "Teflon".

Tabla IX. Composición y aplicaciones de aceros inoxidables, bronce y
aluminios disponibles en Guatemala

NOMBRE	COMPOSICIÓN (%)							APLICACIONES
	C	Cr	Ni	Mn	Si	Mo		
ACEROS INOXIDABLES								
Antinit KWB (templable)	0.19	15.90	1.60	0.40	0.25	0.00		Acero especial, es recomendable para elementos de maquinaria de la industria alimenticia y de papel, elementos expuestos al agua dulce y vapor tales como bielas, válvulas, instrumentos navales, etc.
Antinit 316 L (austenítico)	0.03	17.00	11.50	1.40	0.50	2.20		Para aparatos, tanques, tubos en la industria química, industria fotográfica, instrumentos de medicina y cirugía, fabricación de jugos de frutas y donde no debe haber influencia en el sabor.
Antinit 304 L (austenítico)	0.03	18.50	9.50	1.40	0.50	0.00		En las industrias alimenticias tales como la cervecera, lechera, azucarera. Fábricas de jabones, ceras y grasas comestibles, utensilios domésticos y de hotelería; cubiertos, industria farmacéutica y de la técnica dental.
BRONCES								
Bronce fosforado								
Bronce PB1								
ALUMINIOS								
Aluminio EC	0.00	99.45	0.00	0.00				Tiene varias aplicaciones en la industria de manufactura.
Aluminio 6061	0.60	0.27	1.00	0.20				Poleas, acoples, brazos, etc.
Aluminio 6063	0.40	0.00	0.70	0.00				Tiene una gran variedad de aplicaciones en la industria.

5.1.1 Propiedades de los materiales

Entre las propiedades más importantes que tienen los materiales que se utilizan en la fabricación de repuestos están: mecánicas, térmicas, químicas y físicas.

En la industria, se utiliza una gran variedad de repuestos mecánicos que tienen diferentes aplicaciones, debido a esto, es importante que el fabricante de repuestos mecánicos, conozca las propiedades de los materiales para elaborar repuestos con mayor vida útil.

5.1.1.1 Propiedades mecánicas

Entre las propiedades mecánicas que tienen los materiales utilizados en la fabricación de repuestos están: maquinabilidad, dureza, resistencia al desgaste, tenacidad, rectificabilidad, elasticidad, ductilidad, resistencia a la tracción, resistencia a la torsión, resistencia a la fatiga, deslizamiento y rigidez.

5.1.1.2 Propiedades térmicas

Las propiedades térmicas de los materiales son las que están relacionadas en forma directa con los cambios de temperatura y las modificaciones estructurales que éstos experimentan. Entre estas propiedades térmicas se mencionan: temple, recocido, forjado, revenido, apagado, punto de fusión, temperatura de ablandamiento bajo carga de flexión, temperatura máxima y mínima de servicio.

5.1.1.3 Propiedades químicas

Estas propiedades permiten a los materiales resistir el contacto con compuestos químicos sin deteriorarse. Estas propiedades son: resistencia a los ácidos, bases y sales, resistencia a la corrosión e hidrólisis.

5.1.1.4 Propiedades físicas

Entre las propiedades físicas que tienen los materiales utilizados en la fabricación de repuestos mecánicos están: estabilidad dimensional, isotropía (propiedades físicas idénticas en todas las direcciones), porosidad, pureza, dilatación térmica, conductividad térmica, resistencia eléctrica, resistencia a rayos de alta energía y translucidez.

Las propiedades mecánicas, térmicas, químicas y físicas de los materiales propuestos para la fabricación de repuestos en Guatemala, se presentan en las tablas X, XI, XII, XIII, XIV y XV.

En la tabla X, se encuentran las propiedades de los aceros para trabajo en frío. En la tabla XI, se visualizan las propiedades de los aceros para trabajo en caliente, aceros para molde de plástico y aceros de bonificación.

En la tabla XII, aparecen las propiedades de los aceros de cementación y aceros inoxidable. En la tabla XIII, se muestran las propiedades de los aceros inoxidables, bronce y aluminios. En las tablas XIV y XV, se encuentran las propiedades de los plásticos.

5.2 Repuestos factibles de producirse en Colgate Palmolive (C.A.), S.A.

Los repuestos factibles de producirse en el taller de máquinas herramientas de la empresa son específicamente mecánicos, debido a la maquinaria y equipo con que se cuenta, materiales disponibles en Guatemala, mano de obra calificada y a la demanda que se tiene de este tipo de repuestos.

Tabla X. Propiedades de los aceros para trabajos en frío

NOMBRE DEL MATERIAL		PROPIEDADES			
		MECÁNICAS	TÉRMICAS	QUÍMICAS	FÍSICAS
ACEROS PARA TRABAJO EN FRÍO					
Extra tenaz, X-990, W1, C105W1, 1.1545.		Maquinabilidad, dureza superficial, tenacidad en empuje.	Temple 770 - 800 °C, recocido 750 °C, el medio de enfriamiento es agua.	Baja resistencia a la corrosión.	Estabilidad dimensional, indeformable en frío.
Armbr S, K-460, O1 100 Mn C-W4, 1.2510, Ame, DFZ		Maquinabilidad, resistencia al desgaste, magnífica tenacidad.	Forjado 1050 - 850 °C, recocido 710 - 750 °C, temple 780 - 820 °C, el medio de enfriamiento es aceite.	Baja resistencia a la corrosión.	Estabilidad dimensional.
Special KMV, K-110, D2, X 155Cr V Mo 12*, 1.2379, Sverker 21, XW41.		Dureza, rectificabilidad, tenaz, poca elasticidad.	Temple 990-1050 °C, Recocido 650°C, medio de enfriamiento en aceite o al aire.	Considerable resistencia a la corrosión.	Indeformable.
MY Extra, K-450, S1, 45 W Cr V7, 1.2542, Regin 3, M4		Alta tenacidad, resistencia al impacto y desgaste, poca elasticidad.	Forjado 1050-850 °C, recocido 710-750 °C, temple 870-950 °C, medio de enfriamiento aceite, revenido 150-450 °C en 1 hora.	Baja resistencia a la corrosión.	Estabilidad dimensional media.
Especial K, K-100, D3, X 210 Cr 12, 1.2060.		Dureza, poca mecanibilidad, rectificabilidad y tenacidad, deformación plástica.	Forjado 1050-850 °C, recocido 800-850 °C, temple 840-970 °C, medio de enfriamiento aceite.	Considerable resistencia a la corrosión.	Estabilidad dimensional media.
Calmex		Tenacidad, rectificabilidad, dureza, mecanizabilidad.	Recocido 860 °C, temple 950-970 °C, medio de enfriamiento aceite o al aire.	Baja resistencia a la corrosión.	Estabilidad dimensional.

Tabla XI. Propiedades de los aceros para trabajo en caliente, molde de plástico y de bonificación.

PROPIEDADES			
NOMBRE DEL MATERIAL	MECÁNICAS	TÉRMICAS	FÍSICAS
ACEROS PARA TRABAJO EN CALIENTE Us Ultra 2, W 302, H 13, X 40 Cr Mo V 51, 1.2344 Crvar 2, 8407, Suprame.	Buena tenacidad resistencia al desgaste. resistencia a las fisuras	Forjado 1100-900 °C, recocido 750 a 800 °C temple 1020 a 1080 °C, medio de enfriamiento aceite o aire, revenido 500-620 °C.	Capacidad de nitrado isótropo
ACEROS PARA MOLDE DE PLÁSTICO M20 L, P20, 40 cr Mo Ni 7, 1.2311, Impax, 718	Buena tenacidad resistencia al desgaste. resistencia a las fisuras	Forjado 1100-900 °C, recocido 750 a 800 °C temple 1020 a 1080 °C, medio de enfriamiento aceite o aire, revenido 500-620 °C.	Capacidad de nitrado isótropo
Calimax	Maquinabilidad suave uniforme	Recocido 700 °C no requiere ningún otro tratamiento térmico.	Resistencia media para la corrosión. Elevada pureza, buenas propiedades de pulido
ACEROS DE BONIFICACIÓN VON 150, V-155, 4340, 34 Cr Ni Mo 6, 1.6562, 735.	Tenacidad, rectificabilidad, dureza, mecanizabilidad	Recocido 860 °C, temple 950-970 °C, medio de enfriamiento aceite o aire	Resistencia media para la corrosión. Estabilidad dimensional.
EH, V-945, 1.1191, urb-11, H	Resistente a la tracción, resistente a la torsión, resistente a los cambios de flexión.	Forjado 1050-850 °C, recocido 650-700 °C, temple 830-860, medio de enfriamiento aceite, revenido 540-680 °C.	Capacidad de nitración Elevada pureza
	Resistente a la tracción, resistente a la torsión, resistente a los cambios de flexión.	Forjado 1100-850 °C, recocido 650-700 °C, temple 820-850 °C, medio de enfriamiento agua revenido 100-300 °C.	Capacidad de nitración. Elevada pureza

Tabla XII. Propiedades de aceros de cementación y aceros inoxidables

PROPIEDADES			
NOMBRE DEL MATERIAL	MECÁNICAS	TÉRMICAS	QUÍMICAS
ACEROS DE CEMENTACIÓN EON 150, E-230, 7210 15 Cr Ni 6, 1 5519	Dureza superficial, insuperficie tenacidad, y resistencia en el núcleo.	Forjado 1150-850 °C, recocido 650-700 °C, temple del núcleo 830-870 °C, revenido 150-200 °C cementado 900 a 950 °C enfriamiento en aceite	Permite cementación Capa exterior cementada relativamente soldable
E-920, 1015, 1016, C15, 1.1141, cold rolled, 150	Resistencia a la tensión, alta resistencia al desgaste de la capa cementada y buena tenacidad en el núcleo	Forjado 1150-850 °C, recocido 650 a 700 °C, temple del núcleo 340-370 °C temple de la capa cementada 800 a 830 °C, enfriamiento en aceite, cementado 900-950 °C, revenido 170-210 °C	La capa cementada no es soldable.
ACEROS INOXIDABLES			
Arsnit KWE (templable)	Dureza, resistencia a la tracción.	Forjado 1100-800 °C, recocido 650-750 °C, temple 980-1030 °C, medio de enfriamiento en aceite, revenido 620-720 °C.	Resistencia a la corrosión de agua marina, soluciones alcalinas y ácidos con fuerte efecto oxidante. Superficie rectificada y pulida al espejo, relativamente soldable
Anbit 315 L (austenítico)	Maquinabilidad, resistencia a la tracción, elástico	Forjado 1150-750 °C, apagado 1020-1100 °C, al agua	Resistencia a la corrosión intercrystalina, resistente a ácidos con efectos reductores. Dilatación térmica, conductividad térmica, resistencia eléctrica fácilmente soldable.

Tabla XIII. Propiedades de aceros inoxidables, bronce y aluminios

PROPIEDADES				
NOMBRE DEL MATERIAL	MECÁNICAS	TÉRMICAS	QUÍMICAS	FÍSICAS
ACEROS INOXIDABLES				
Abrinit 304 L	Maquinable, resistente a tracción, elástico.	Ferido 1150-750 °C, enfriamiento al aire, apagado al agua 1000-1000 °C	Resistente a la corrosión intergranular, ataques químicos del medio ambiente, resistencia a la acción corrosiva de agua, ácidos y soluciones alcalinas.	Tiende a endurecer durante el maquinado
BRONCES				
Bronce fosforado	Buena maquinabilidad, ductilidad, deslizamiento.	No es templable.	Cierta resistencia a la corrosión.	Fácil deformabilidad
Bronce PB1	Dureza, regular maquinabilidad.	No es templable.	Cierta resistencia a la corrosión.	
ALUMINIOS				
Aluminio EC	No es duro, excelente maquinabilidad y no tiene resistencia a la fatiga.	No es templable.	Resistente al ácido muriático	Conductividad térmica, poco peso, soldable
Aluminio 6061	Dureza considerable, buena maquinabilidad, poca resistencia a la fatiga.	No es templable.	Resistente al ácido muriático.	Conductividad térmica, poco peso, soldable.
Aluminio 6063	Regular dureza, buena maquinabilidad, poca resistencia a la fatiga.	No es templable.	Resistente al ácido muriático.	Conductividad térmica, poco peso, soldable.

Tabla XIV. Propiedades de plásticos (Ertalon, Ertacetal y Ertalyte)

PROPIEDADES				
NOMBRE DEL MATERIAL	MECÁNICAS	TÉRMICAS	QUÍMICAS	FÍSICAS
<p>Ertalon</p> <p>Ertalon 6 SA, Ertalon 4 S,</p> <p>Ertalon 66 SA, Ertalon LF X,</p> <p>Ertalon 66 SA-C, Ertalon</p> <p>66 GF 30, Ertalon 6 XAL-1,</p> <p>Ertalon 6 P-A</p>	<p>Alta rigidez, dureza y tenacidad, buena resistencia a la fatiga, alto poder amortiguador, buenas propiedades de deslizamiento, resistencia al desgaste, maquinabilidad</p>	<p>Punto de fusión: 220-295 °C, temperatura de ablandamiento bajo carga de flexión: 80-160 °C, temperatura máxima de servicio: 160-240 °C, temperatura mínima de servicio: (-40) a (-20) °C.</p>	<p>Resistencia a los ácidos, bases y sales en soluciones puras, resistencia a la corrosión</p>	<p>Resistencia eléctrica, peso reducido, conductividad térmica.</p>
<p>Ertacetal</p> <p>Ertacetal C, Ertacetal H,</p> <p>Ertacetal H-TF</p>	<p>Alta rigidez, dureza, muelle elástico elevado, resistencia a la fluencia, resistencia a los choques, buenas propiedades de deslizamiento, gran facilidad de mecanización, resistencia al desgaste.</p>	<p>Punto de fusión: 165-175 °C, temperatura de ablandamiento bajo carga de flexión: 110-135 °C, temperatura máxima de servicio: 140-150 °C, temperatura mínima de servicio: (-50) a (-20) °C.</p>	<p>Resistencia al hidrólisis, ácidos, bases fuertes y a la degradación oxido-térmica, resistencia a la corrosión.</p>	<p>Estabilidad dimensional, conductividad térmica, resistencia eléctrica, inercia fisiológica.</p>
<p>Ertalyte</p> <p>Ertalyte, Ertalyte TX</p>	<p>Alta rigidez, dureza, elevada resistencia a la fluencia, resistencia sobresaliente al desgaste, coeficiente de fricción débil y constante.</p>	<p>Punto de fusión: 255 °C, temperatura de ablandamiento bajo carga de flexión: 80 °C, temperatura máxima de servicio: 160 °C, temperatura mínima de servicio: -20 °C.</p>	<p>Resistencia a los ácidos, bases y sales en soluciones puras, resistencia a la corrosión.</p>	<p>Estabilidad dimensional, inercia fisiológica, resistencia eléctrica, conductividad térmica.</p>

Tabla XV. Propiedades de plásticos (Ertac PC y Ertac HPM)

NOMBRE DEL MATERIAL		PROPIEDADES			
PLÁSTICOS		MECÁNICAS	TÉRMICAS	QUÍMICAS	FÍSICAS
Ertac PC Policarbonato PC		Buena resistencia a la fluencia, alta resistencia a los choques.	Temperatura de transición vítrea 650 °C, temperatura de ablandamiento bajo carga de flexión 135 °C, temperatura máxima de servicio 135 °C, temperatura mínima de servicio -60 °C	Resistente a sales, agua y ácidos, resistente a la corrosión	Buena estabilidad dimensional, inercia fisiológica, material translúcido, conductividad térmica
Ertac HPM Ertac PEEK, Ertac PEEK-BG, Ertac PEEK-GF30, Ertac PEEK-CA30, Ertac Xel, Ertac PEI, Ertac PSU, Ertac PVDf, Ertac Vespel SP		Alta rigidez y dureza, buena resistencia a la fluencia, alta tenacidad, buena resistencia al desgaste, bajo coeficiente de fricción.	Resistencia intrínseca a la llama, punto de fusión 175 a 340 °C, temperatura de ablandamiento bajo carga de flexión 105-350 °C, temperatura máxima de servicio 160-480 °C, temperatura mínima de servicio (-273) a (-20) °C.	Resistencia sobresaliente a la corrosión química y al hidrólisis, resistencia a las sales, ácidos y bases	Estabilidad dimensional, buenas propiedades dieléctricas y aislamiento térmico, resistencia excepcional a los rayos de alta energía, inercia fisiológica.

Los repuestos mecánicos factibles de producirse en la empresa son: ejes, cuñas, cufferos, poleas, ruedas dentadas, "sprocket", rodillos, brazos (partes de máquinas), pernos, tornillos, tuercas, coronas para cajas reductoras, levas, bujes, platinas, cuchillas para corte en frío, cilindros, matrices para extrusión de aluminio en frío, camisas para cilindros, pines cónicos, pines cilindricos, sellos, empaques y trinquetes.

- **Capacidad instalada en el taller de máquinas herramientas**

El taller de máquinas herramientas de Colgate Palmolive (C.A.), S.A., cuenta con maquinaria y equipo moderno e instalado adecuadamente, para la producción de repuestos mecánicos. Su capacidad instalada se presenta en la tabla XVI.

- **Cantidad óptima de operarios**

Con relación a la mano de obra calificada y la capacidad instalada para la fabricación de repuestos mecánicos, se observa (tabla VI), que la cantidad actual de operarios no es suficiente, por lo tanto el porcentaje de tiempo muerto de las máquinas es grande.

Los principales factores que se toman en cuenta para la determinación de la cantidad óptima de operarios son:

- En la primera jornada de trabajo, el tiempo muerto de las máquinas operables debe ser menor al 24%. Este porcentaje se deriva de: 12% por desperfectos en máquinas, 12% por elevación de costos en mano de obra.
- En la segunda jornada de trabajo, el tiempo muerto de las máquinas operables debe ser menor al 48%. Este porcentaje se deriva de: 12% por desperfectos en máquinas, 12% por elevación de costos en mano de obra y 24% por que la supervisión es parcial en esta jornada.

Tabla XVI. Capacidad instalada en el taller de máquinas herramientas de Colgate Palmolive (C.A.), S.A.

MÁQUINAS Y EQUIPO	DESCRIPCIÓN
1 TORNO 1640 PGH	1.30 metros de bancada, 0.30 metros de volteo, 0.90 metros de distancia entre puntos, motor de 6 HP.
1 TORNO LE BLONA REGAL	2.50 metros de bancada, 0.15 metros de volteo, 2 metros de distancia entre puntos, motor de 10 HP.
1 TORNO HARRISON M300	0.30 metros de volteo, 0.90 metros de distancia entre puntos, motor de 3 HP.
1 TORNO HARRISON M400	0.40 metros de volteo, 2 metros de distancia entre puntos, motor de 10 HP.
1 TORNO DASHING PRINCE	0.30 metro de volteo, 0.90 metros de distancia entre puntos, motor de 7.5 HP.
1 TORNO DE CONTROL NUMÉRICO BRIDGEPORT	0.28 metros de diámetro máximo de torneado, 0.54 metros de distancia entre puntos, motor de 15 HP.
1 FRESADORA MORTAJADORA	Motores de 3/4 y 3 HP
1 FRESADORA UNIVERSAL VARNAMO	1 metro de avance longitudinal, 0.30 metros de avance transversal.
1 FRESADORA VERTICAL CINCINATI	0.61 metros de avance longitudinal, 0.25 metros de avance transversal, motor de 2HP.
1 LIMADORA JOCHNICK Y NORMANS	0.53 metros de avance longitudinal, 0.46 metros de avance transversal.
1 RECTIFICADORA PLANA DOALL	0.30 metros de mesa magnética.
1 RECTIFICADORA CILÍNDRICA ELITE	Afiladora de herramientas, motor de 7.5 HP.
1 RECTIFICADORA PLANA	1 metro de mesa magnética.
1 TALADRO FRESADOR ARBOGA MASKINER	Motores de 1.5 y 2.2 HP.
1 TALADRO VERTICAL ARBOGA MASKINER	0.12 metros de carrera vertical, de 0.001 a 0.0254 metros de diámetro de brocas.
1 ESMERIL	Motor de 3/4 HP.
1 ESMERIL PARA AFILAR BURILES DE COBALTO Y TUNGSTENO	Motor de 1/2 HP.
1 SIERRA DE BAI VEN UNIZ	Motor de 2 HP.
1 PRENSA HIDRÁULICA STENHO	800 Kilo newton máximo, 0.85 metros de graduación.
1 DURÓMETRO SKODA	Realiza mediciones en Rockwell.
1 HORNO ELÉCTRICO TKF	0.30 * 0.60 * 0.30 metros de dimensiones internas, 1200 °C de temperatura máxima.
1 HORNO ELÉCTRICO FERRO	0.46 * 0.76 * 0.43 metros de dimensiones internas, 1200 °C de temperatura máxima.
1 HORNO DE GAS PROPANO	0.40 * 0.60 * 0.28 metros de dimensiones internas, 1200 °C de temperatura máxima.
3 SOLDADURAS	Eléctricas.
1 EQUIPO DE SOLDADURA	Autógena.
5 PRENSAS	Para banco.

La cantidad óptima de operarios para cada jornada de trabajo se presenta en la tabla XVII.

Tabla XVII. Propuesta para la reducción de tiempo muerto de las máquinas operables

Cantidad de Maquinas operables 6 tornos y 3 fresadoras	Cantidad de operarios		
	Jornada 1 6:00 a 14:00 horas	Jornada 2 14:00 a 22:00 horas	Jornada 3 22:00 a 6:00 horas
9	7	5	1
Tiempo muerto de las máquinas (%)	22.22	44.44	88.89

En esta tabla, se observa que el porcentaje de tiempo muerto de las máquinas se reduce para la primera y segunda jornada de trabajo, la tercera jornada se queda con la misma cantidad de operarios, porque es específica para emergencias y servicio.

Las ventajas y desventajas, que ofrece la propuesta de cantidad óptima de operarios, al tomar como base la reducción del tiempo muerto de las máquinas herramientas operables, son las siguientes:

Ventajas

- Reducción en el porcentaje de tiempo muerto de las máquinas operables.
- Mayor producción de repuestos.
- Mejor servicio interno.
- Motivación del personal.

Desventajas

- Incremento de costos por mano de obra.
- Incremento de costos por mantenimiento de la maquinaria y equipo.

5.3 Talleres propuestos para subcontrato

Los talleres para subcontrato, que reúnen los requisitos indispensables para trabajar como apoyo a Colgate Palmolive (C.A.), S.A., en la fabricación de repuestos mecánicos son los siguientes:

- SER-MIP.
- TORNOS QUINTANILLA.
- ALRESA.
- INDUSTRIAS BERLIN.
- INDUSTRIAS MYCENTER.
- TÉCNICA INDUSTRIAL FIGUEROA.

5.3.1 Capacidad instalada en los talleres para subcontrato

La capacidad instalada en los talleres propuestos para subcontrato se presenta en las tablas XVIII, XIX, XX, XXI, XXII y XXIII.

5.3.2 Calidad en el servicio

Las principales características que un taller para subcontrato debe tener para prestar un servicio con calidad son las siguientes:

Tabla XVIII. Capacidad instalada en el taller para subcontrato "SER-MIP"

MÁQUINAS Y EQUIPO	DESCRIPCIÓN
1 TORNO EUROPEO	3 metros de bancada, 0.81 metros de volteo, 0.51 metros de diámetro del husillo.
1 TORNO EUROPEO	1.50 metros de bancada, 0.50 metros de volteo, 0.40 metros de diámetro del husillo.
2 TORNOS EUROPEOS	1 metro de bancada, 0.36 metros de volteo, 0.40 metros de diámetro del husillo.
1 TORNO AMERICANO	1 metro de bancada, 0.25 metros de volteo, 0.40 metros de diámetro del husillo.
1 TORNO CNC EUROPEO	1.25 metros de bancada, 0.20 metros de volteo, 0.40 metros de diámetro del husillo.
1 TORNO CNC AMERICANO	1 metro de bancada, 0.4 metros de volteo, 0.40 metros de diámetro del husillo.
2 FRESADORAS VERTICALES MAXIMART	1 metro de bancada longitudinal, 0.40 metros de bancada trasversal.
2 FRESADORAS UNIVERSALES	1 metro de bancada longitudinal, 0.40 metros de bancada trasversal, hidráulica de 2 cabezas.
1 CEPILLO	0.75 metros de bancada longitudinal, 0.50 metros de bancada trasversal, hidráulico.
1 MORTAJADORA	Con mesa divisora, 0.5 metros máxima longitud de cuñeros.
1 RECTIFICADORA PLANA	0.40 metros de mesa longitudinal, 0.18 metros de mesa trasversal, con adaptación para rectificadora vertical.
1 RECTIFICADORA CILÍNDRICA	Portátil.
1 SIERRA BAI VEN	0.30 metros máximo diámetro de corte.
1 PRENSA HIDRÁULICA	2500 kilo newton de presión.
1 DURÓMETRO MARLFRANK	Realiza mediciones en rockwell.
1 HORNO DE TEMPLE	0.31 * 0.31 * 0.36 metros de dimensiones internas.
1 PANTÓGRAFO TRIDIMENSIONAL DECKEL	0.38 metros de bancada longitudinal, 0.20 metros de bancada trasversal.
1 EQUIPO DE SOLDADURA MÚLTIPLE	AC - DC, Tig, Supertig europea.
1 EQUIPO DE SOLDADURA AUTÓGENA	Completo.

Tabla XIX. Capacidad instalada en el taller para subcontrato "TORNOS QUINTANILLA"

MÁQUINAS Y EQUIPO	DESCRIPCIÓN
1 TORNO ESPAÑOL	1.50 metros de bancada, 0.51 metros de volteo, 0.05 metros de diámetro del husillo.
1 TORNO LG 1340 JAPONÉS	1 metro de bancada, 0.33 metros de volteo, 0.04 metros de diámetro del husillo.
1 FRESADORA HORIZONTAL MILWAUKEE	1.27 metros de bancada longitudinal, 0.30 metros de bancada transversal.
1 FRESADORA VERTICAL MASHON	1 metro de bancada longitudinal, 0.23 metros de bancada transversal.
1 RECTIFICADORA CILÍNDRICA KWIF-WAY	0.56 metros de bancada, 0.15 metros de volteo.
1 RECTIFICADORA PLANA NORTEAMERICANA	0.75 metros de mesa longitudinal, 0.25 metros de mesa transversal.
1 CEPILLO STRIGON ALEMÁN	1 metro de longitud de bancada, 0.61 metros de bancada transversal.
1 TALADRO RADIAL	0.40 metros de bancada longitudinal, 0.40 metros de bancada transversal.
1 PRESNA HIDRÁULICA	0.76 metros de bancada longitudinal, 0.20 metros de bancada transversal, 3000 kilo newton máximo.
1 GUILLOTINA HIDRÁULICA PECK, STOW Y WILLOX C.O.	0.91 metros de bancada longitudinal, máximo corte 0.001 metros.
1 COPIADORA TRIDIMENSIONAL	1.50 metros de bancada longitudinal, 0.23 metros de bancada transversal, hidráulica de 2 cabezas.
1 PANTÓGRAFO TRIDIMENSIONAL ITALIANO	0.38 metros de bancada longitudinal, 0.20 metros de bancada transversal.
1 PANTÓGRAFO BIDIMENSIONAL WORTON	0.90 metros de bancada longitudinal, 0.25 metros de bancada transversal.
1 TROQUELADORA DE PEDAL	0.36 metros de bancada longitudinal, 0.25 metros de bancada transversal, 0.17 metros de altura, 18000 kilo newton de presión.
1 MÁQUINA DE SOLDADURA ELÉCTRICA	AC - DC, motor de 10 HP, especial para soldar aluminio, hierro fundido, bronce, acero inoxidable etc.

Tabla XX. Capacidad instalada en el taller para subcontrato "ALRESA"

MÁQUINAS Y EQUIPO	DESCRIPCIÓN
2 TORNOS ITALIANOS	1.50 metros de bancada, 0.60 metros de volteo, 0.40 metros diámetro del husillo.
2 TORNOS ITALIANOS	1 metro de bancada, 0.36 metros de volteo, 0.40 metros diámetro del husillo.
2 FRESADORAS VERTICALES AMERICANAS	1 metro de bancada longitudinal, 0.30 metros de bancada transversal.
1 FRESADORA UNIVERSAL ITALIANA	1.50 metros de bancada longitudinal, 0.40 metros de bancada transversal.
1 RECTIFICADORA PLANA AMERICANA	0.45 metros de mesa longitudinal, 0.31 metros de mesa transversal.
1 RECTIFICADORA CILÍNDRICA	Portátil.
1 TALADRO DE PEDESTAL	0.03 metros diámetro de brocas.
1 EQUIPO DE SOLDADURA OXIACETILÉNICO	Completo.
1 MÁQUINA DE SOLDADURA ELÉCTRICA	AC - DC.

Tabla XXI. Capacidad instalada en el taller para subcontrato "INDUSTRIAS BERLIN"

MÁQUINAS Y EQUIPO	DESCRIPCIÓN
2 TORNOS MASTERCRAFT	1 metro de bancada, 0.30 metros de volteo, 0.04 metros diámetro del husillo.
1 TORNO ALEMAN	1.50 metros de bancada, 0.25 metros de volteo, 0.04 metros diámetro del husillo.
1 TORNO DE MESA	0.70 metros de bancada, 0.10 metros de volteo, 0.01 metros diámetro del husillo.
1 FRESADORA HERRAMENTAL SUPERMILL-J	1.10 metros de bancada longitudinal, 0.30 metros de bancada transversal.
1 TALADRO FRESADOR	1 metro de bancada longitudinal, 0.30 metros de bancada transversal.
EQUIPO AUXILIAR	Mesa giratoria y cabezal divisor.
1 EQUIPO DE SOLDADURA OXIACETILÉNICO	Completo.
1 MÁQUINA DE SOLDADURA ELÉCTRICA	AC - DC.
1 EQUIPO DE SOLDADURA	Gas argón (varilla).
1 EQUIPO DE SOLDADURA	Gas argón (carrete) especial para soldaduras corridas.

Tabla XXII. Capacidad instalada en el taller para subcontrato "INDUSTRIAS MYCENTER"

MÁQUINAS Y EQUIPO	DESCRIPCIÓN
1 TORNO SOUTHBEND	1.25 metros de bancada, 0.40 metros de volteo, 0.04 metros de diámetro del husillo.
1 TORNO CLAUSING	1 metro de bancada, 0.32 metros de volteo, 0.04 metros de diámetro del husillo.
1 TORNO ESPECIAL PARA PIEZAS GRUESAS.	1.70 metros de bancada, 0.05 metros de volteo, 0.19 metros de diámetro del husillo, 0.20 metros de escote.
1 FRESADORA VERTICAL HURT	0.50 metros de bancada longitudinal, 0.30 metros de bancada transversal.
1 FRESADORA BRIDGEPORT CON LECTOR	0.80 metros de bancada longitudinal, 0.40 metros de bancada transversal.
1 FRESADORA UNIVERSAL TIGER	1.60 metros de bancada longitudinal, 0.50 metros de bancada transversal.
2 RECTIFICADORAS PLANAS	0.30 metros de bancada longitudinal, 0.20 metros de bancada transversal.
3 TALADROS	0.70 metros de distancia entre cabezal y bancada.
3 ESMERILES	Motor de 1/2 HP.
1 SIERRA DE CINTA	0.30 metros de diámetro máximo de corte.
2 EQUIPOS DE OXIACETILENO	Equipos completos.
1 EQUIPO PARA SOLDADURA	TIG.
2 MÁQUINAS DE SOLDADURA	AC - DC.
1 EQUIPO MODERNO DE COMPUTACIÓN	AUTOCAD Y OTROS PAQUETES.

Tabla XXIII. Capacidad instalada en el taller para subcontrato "TÉCNICA INDUSTRIAL FIGUEROA"

MÁQUINAS Y EQUIPO	DESCRIPCIÓN
1 TORNO TOS	1.50 metros de bancada, 0.60 metros de volteo, 0.06 metros de diámetro del husillo.
1 TORNO TOS	1 metro de bancada, 0.60 metros de volteo, 0.06 metros de diámetro del husillo.
1 TORNO TOS	1 metro de bancada, 0.04 metros de volteo, 0.04 metros de diámetro del husillo.
2 FRESADORAS UNIVERSALES	1.06 metros de bancada longitudinal, 0.40 metros de bancada transversal.
2 FRESADORAS UNIVERSALES CON PANTALLA DIGITAL	1.06 metros de bancada longitudinal, 0.40 metros de bancada transversal.
1 RECTIFICADORA PLANA SINSINATI	0.05 metros de mesa longitudinal, 0.03 metros de mesa transversal.
1 CEPILLO	0.43 metros de carrera.
1 SIERRA DE CINTA	0.18 metros de diámetro máximo de corte.
1 HORNO PARA TEMPLE	0.16 * 0.20 * 0.35 metros de dimensiones internas.

5.3.2.1 Rapidez en le servicio

Se refiere a la entrega de los repuestos mecánicos por parte de los talleres para subcontrato en el tiempo establecido.

5.3.2.2 Precisión

Para la fabricación de repuestos mecánicos es básico tomar en consideración la precisión debido a que esta involucra la exactitud en las medidas y realización adecuada del tratamiento térmico, de esto depende que un repuesto sea útil o no.

5.3.2.3 Confiabilidad

En la medida que el taller para subcontrato trabaje con rapidez y precisión se convierte en un apoyo confiable para Colgate Palmolive (C.A.), S.A.

5.4 Control de calidad de los repuestos fabricados en Guatemala

Tanto en el taller de maquinas herramientas de Colgate Palmolive (C.A.), S.A., como en los talleres para subcontrato, es necesario llevar un control sobre la calidad de los diferentes repuestos mecánicos que se fabrican, para el aseguramiento de un buen servicio.

Los aspectos que se deben evaluar para el control de calidad son: rapidez en el servicio, precisión y confiabilidad. Para evaluar estos aspectos se utiliza la hoja de control de calidad presentada en la figura 23.

Figura 23. Hoja para el control de calidad de los repuestos fabricados en Guatemala

COLGATE PALMOLIVE (C.A.), S.A.					HOJA No.
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y SERVICIOS					
DEPARTAMENTO:			MÁQUINA:		
DESCRIPCIÓN:				FECHA:	
FABRICACIÓN:	COLGATE PALMOLIVE	<input type="checkbox"/>			
TALLER PARA SUBCONTRATO:					
CALIDAD					
	BUENA	MALA	REPARABLE	NO REPARABLE	
PRECISIÓN:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
ACABADOS:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
TIEMPO DE ENTREGA DEL REPUESTO					
ANTES DE TIEMPO		<input type="checkbox"/>	A TIEMPO		<input type="checkbox"/>
				FUERA DE TIEMPO	
OBSERVACIONES					
DEPARTAMENTO:			MÁQUINA:		
DESCRIPCIÓN:				FECHA:	
FABRICACIÓN:	COLGATE PALMOLIVE	<input type="checkbox"/>			
TALLER PARA SUBCONTRATO:					
CALIDAD					
	BUENA	MALA	REPARABLE	NO REPARABLE	
PRECISIÓN:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
ACABADOS:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
TIEMPO DE ENTREGA DEL REPUESTO					
ANTES DE TIEMPO		<input type="checkbox"/>	A TIEMPO		<input type="checkbox"/>
				FUERA DE TIEMPO	
OBSERVACIONES					
DEPARTAMENTO:			MÁQUINA:		
DESCRIPCIÓN:				FECHA:	
FABRICACIÓN:	COLGATE PALMOLIVE	<input type="checkbox"/>			
TALLER PARA SUBCONTRATO:					
CALIDAD					
	BUENA	MALA	REPARABLE	NO REPARABLE	
PRECISIÓN:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
ACABADOS:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
TIEMPO DE ENTREGA DEL REPUESTO					
ANTES DE TIEMPO		<input type="checkbox"/>	A TIEMPO		<input type="checkbox"/>
				FUERA DE TIEMPO	
OBSERVACIONES					
f. _____			f. _____		
SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO			GERENTE DE MANTENIMIENTO		

5.5 Planificación para la fabricación de repuestos mecánicos en Guatemala

La producción de repuestos mecánicos en Guatemala se clasifica como producción intermitente debido a que tiene las siguientes características: repuestos de diferente clase y pedidos de diferente tamaño.

5.5.1 Guía para la planificación de la producción de repuestos mecánicos

En la planificación de producción de repuestos es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Descripción general del producto.
2. Materiales requeridos.
3. Plan de trabajo.
4. Especificaciones técnicas.
5. Orden de trabajo.

Para ilustrar los pasos de la planificación, se toma como ejemplo, la fabricación de un eje de sujeción que se utiliza en la máquina Llenadora Arencó, que pertenece al Departamento de Tocador.

5.5.1.1 Descripción general del producto

Eje macizo, con rosca en ambos extremos, un tope con cuatro agujeros, un cuñero y una parte rectificadas.

5.5.1.2 Materiales requeridos

En la determinación de los materiales requeridos para la fabricación de repuestos, es recomendable conocer el funcionamiento de los mismos, para conocer los esfuerzos a los que están sometidos.

El acero que se utiliza para elaborar el eje de sujeción, es un acero de bonificación revenido al vacío y se puede encontrar en diferentes marcas y nombres.

Nombre del material	Fabricante
1.6582	Werkstof
34 Cr Ni Mo 6	Europa Din
4340	USA SAE/AISI
VCN 150	Böhler
V-155	VEW
705	ASSAB

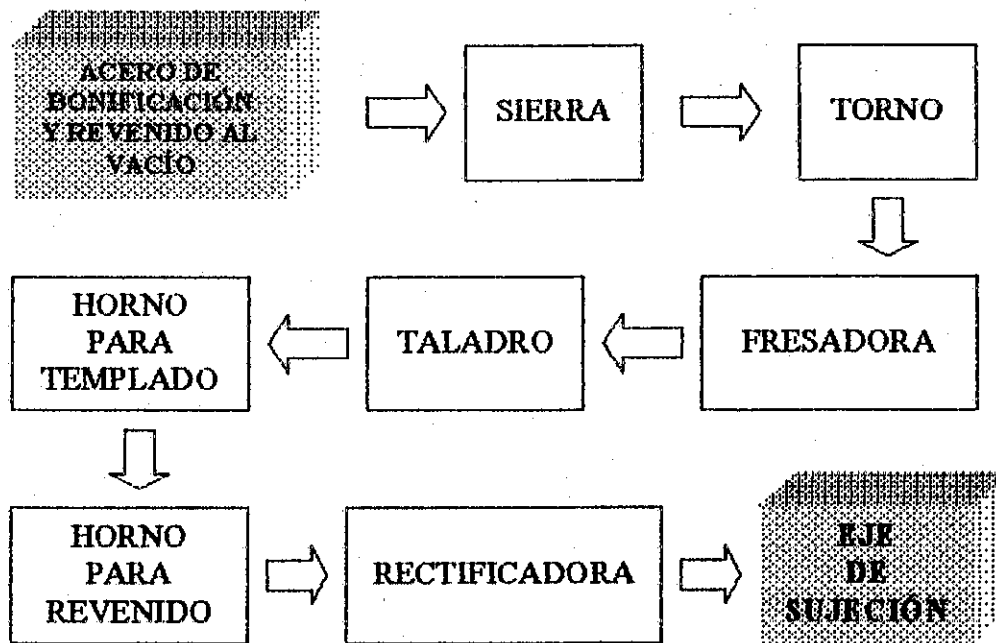
Las dimensiones del material son: 55mm de diámetro por 100mm de largo.

5.5.1.3 Plan de trabajo

Consiste en establecer el recorrido que debe seguirse en la fabricación del repuesto, a través de las diferentes máquinas herramientas, además, asignar el tiempo que le corresponde a cada actividad y la cantidad de operarios. En este plan se deben fijar las fechas de inicio de la fabricación del repuesto y de finalización.

El recorrido del proceso, que se utiliza, en la fabricación del eje de sujeción, se presenta en la figura 24.

Figura 24. Recorrido del proceso, en la fabricación de un eje de sujeción



En la determinación de los tiempos estándar que se utilizan en la fabricación del eje de sujeción se toma en cuenta el tiempo cronometrado, el porcentaje de calificación de la máquina u operación, el porcentaje de concesiones y el tiempo normal.

- Tiempo cronometrado (T_c): este tiempo resulta del promedio de tiempos obtenidos mediante la lectura de un cronómetro.
- Porcentaje de calificación de la máquina u operación (% Cal): este porcentaje se deduce directamente de la eficiencia de la máquina y la eficiencia del operador.

- Porcentaje de concesiones (% Con): se obtiene al dividir el tiempo por desayuno, almuerzo o cena y refacciones entre el tiempo total de la jornada de trabajo.

$$\% \text{ Con} = (60\text{min} / 480\text{min}) * 100 = 12.5$$

- Tiempo normal (Tn): se obtiene al multiplicar el tiempo cronometrado por el porcentaje de calificación.
- Tiempo estándar (Ts): se calcula con la siguiente fórmula:

$$T_s = T_n * (1 + \% \text{ Con})$$

Los cálculos de tiempos estándar para las diferentes operaciones en la fabricación del eje de sujeción se presentan en la tabla XXIV.

Tabla XXIV. Tiempos estándar en la fabricación de un eje de sujeción

ACTIVIDAD	OPERACION	% Cal.	Tc (min)	Tn (min)	% Con.	Ts (min)
Cortado	Automática	100	30	30	12.5	34
Torneado	Semi-automática	85	240	204	12.5	230
Fresado	Semi-automática	85	45	38	12.5	43
Taladrado	Semi-automática	85	30	26	12.5	29
Templado	Automática	100	50	50	12.5	56
Revenido	Automática	100	180	180	12.5	203
Rectificado	Semi-automática	85	30	26	12.5	29
Total =						622

En la fabricación de repuestos se tiene el inconveniente que no se puede trabajar con producción en línea, debido que el recorrido del proceso es diferente para cada clase de repuestos, por lo tanto, se asigna un operario para que realice todas las operaciones del proceso.

5.5.1.4 Especificaciones técnicas

Las especificaciones técnicas, son indispensables, debido a que proporcionan al operario de las máquinas herramientas la información técnica necesaria para la elaboración de los repuestos mecánicos. Entre la información técnica se encuentra: identificación del repuesto, máquinas requeridas en la fabricación, datos sobre tratamientos térmicos y el plano del repuesto.

Las especificaciones técnicas para la fabricación del eje de sujeción aparecen en la en la figura 25.

5.5.1.5 Orden de trabajo

Es el último paso de la planificación, que permite, el inicio de las actividades de ejecución. La orden de trabajo debe ser emitida y firmada por el supervisor de taller, quien la hace llegar al operario que interviene en la fabricación del repuesto mecánico.


Una orden de trabajo, es funcional si contiene la siguiente información: identificación del repuesto, número de orden de fabricación, cantidad de repuestos a fabricar y datos de fabricación.

La orden de trabajo, que se utiliza en la fabricación del eje de sujeción, aparece en la figura 26.

Figura 25. Hoja de registro de especificaciones para la fabricación de repuestos mecánicos

COLGATE PALMOLIVE (C.A.), S.A.			
TALLER DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS			
DEPARTAMENTO: Tocador		MÁQUINA: Lienadora Aranco	
DESCRIPCIÓN: Eje de sujeción		FECHA:	
MÁQUINAS REQUERIDAS EN LA FABRICACIÓN DEL REPUESTO			
TORNO	<input checked="" type="checkbox"/>	FRESADORA	<input checked="" type="checkbox"/>
RECTIFICADORA	<input checked="" type="checkbox"/>	CEPILLO	<input type="checkbox"/>
MATERIALES: Acero bonificado y revenido al vacío. (1.6582, 34CrNiMo6, 4340, VCN180, V-165 ó 706)			
TRATAMIENTO TÉRMICO			
TIPO	TEMPERATURA	MEDIO DE ENFRIAMIENTO	DURACIÓN
RECOCIDO:			
TEMPLADO:	<input checked="" type="checkbox"/>	830 - 860 °C	Acetato
REVENIDO:	<input checked="" type="checkbox"/>	640 - 680 °C	Dentro del horno
TIEMPO TOTAL EN LA FABRICACIÓN DEL REPUESTO:		626 min (10.43 horas)	
ESCALA: 1 : 1.25			

Figura 26. Orden de trabajo

COLGATE PALMOLIVE (C.A.), S.A.		No. 1
TALLER DE MÁQUINAS HERRAMIENTAS		
ORDEN DE TRABAJO		
DEPARTAMENTO: Tocador	MÁQUINA: Llenadora Arencó	
DESCRIPCIÓN: Eje de sujeción		
CÓDIGO: 851 - 003 - 024	CANTIDAD REQUERIDA: Una pieza	
FECHA DE INICIO: 15 de Nov.	HORA: 6:00 A.M.	
FECHA DE FINALIZACIÓN: 16 de Nov.	HORA: 8:30 A.M.	
MATERIALES: Acero bonificado y revenido al vacío. (1.6582, 34CrNiMo6, 4340, VCN 150, V-155 ó 705.		
OPERACIONES: Corte del material, torneado, fresado, taladrado, templado, revenido y rectificado.		
OBSERVACIONES:		
EMITIDA POR: Ing. Hugo Hidalgo		FIRMA: 

6. CAPACITACIÓN

Capacitar, es el proceso inmediato a la formación, pues a través de éste, se logra ampliar los conocimientos, mejorar las habilidades y destrezas, también regular las actitudes, para el enriquecimiento del repertorio básico que posee una persona.

La capacitación del personal es una actividad importante que toda empresa debe tomar en cuenta, de acuerdo a las operaciones que desarrolle, para obtener mejoras en los diferentes puestos de trabajo. Para la obtención de resultados satisfactorios en la capacitación, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Determinación de las necesidades de capacitación

Las necesidades de capacitación, se visualizan cuando: se realiza una instalación nueva, se contrata nuevo personal, cuando ocurre un cambio tecnológico de importancia y cuando se necesita reforzar áreas débiles en los puestos de trabajo.

2. ¿Quién debe seleccionar al personal que necesita la capacitación?

El supervisor, es la persona indicada para seleccionar al personal que necesita capacitación, debido a que éste conoce las cualidades, aptitudes y el desarrollo de subalternos.

3. ¿A quién debe capacitarse?

Para seleccionar al personal que requiere capacitación es necesario conocer: la definición de la ocupación, entrenamiento, experiencia y otras características especiales (aptitudes, interés, temperamento y actividad física).

4. ¿Quién debe dar la capacitación?

Antes de buscar un medio externo de capacitación, se debe analizar el recurso económico con que se cuenta y la capacidad del personal interno. Los ingenieros de planta, administradores, técnicos, etc., son una fuente bastante eficaz ya que al utilizarlos se reduce el costo de capacitación.

5. Plan de capacitación

Es una herramienta, que se utiliza como guía para el desarrollo de las diferentes actividades en la capacitación del personal. La información que debe contener un plan de capacitación es la siguiente:

- Nombre del curso.
- Objetivos.
- Cantidad de personal que se capacita.
- Institución que imparte el curso.
- Lugar destinado para la capacitación.
- Calendarización.
- Material didáctico.
- Evaluación final.

Colgate Palmolive (C.A.), S.A., cuenta con un buen programa de capacitación al personal, sin embargo es necesario reforzar los conocimientos, de algunas áreas específicas.

6.1 Área técnica

La capacitación en el área técnica, es específica para el personal del taller de máquinas herramientas, debido a que el proyecto de fabricación de repuestos mecánicos en Guatemala involucra personal con diversidad de conocimientos técnicos, por lo tanto, es importante realizar un estudio para identificar las áreas donde es necesario realizar una capacitación.

1. Determinación de las necesidades de capacitación

Las necesidades de capacitación para el personal del taller de máquinas herramientas se determinan por medio de:

- Observación directa del proceso de producción: mediante esta observación se detecta que existen problemas (deformaciones en el templado de repuestos y dureza no requerida de los mismos) en la realización de tratamientos térmicos.
- Consultas con el encargado del programa de capacitación del taller de mantenimiento: para la obtención de información sobre los últimos cursos impartidos al personal del taller de máquinas herramientas.
- Entrevistas con el supervisor y los operarios: se determina que los conocimientos de los operarios, no son suficientes en el área de tratamientos térmicos.

2. Personal que se capacita

El personal que se capacita en tratamientos térmicos, es el personal operativo de las máquinas herramientas, debido a que es el personal involucrado en el proyecto de fabricación de repuestos mecánicos en Guatemala.

3. Personal que proporciona la capacitación

Para la capacitación en el área de tratamientos térmicos se necesita un instructor especializado. En la búsqueda de la persona indicada se realizan las siguientes actividades.

1. Se busca entre el personal técnico e ingenieros de la empresa la persona que tenga los conocimientos requeridos.
2. En la empresa no se encuentra la persona que pueda proporcionar esta capacitación, por lo que se recurre a la búsqueda en instituciones que puedan dar este tipo de capacitación. Entre las empresas que se dedican a este tipo de capacitación están: el Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (INTECAP) y El Centro Educativo Técnico Laboral (KINAL).
3. Se selecciona INTECAP, ya que esta institución tiene un programa completo para capacitación en tratamientos térmicos, además, recibe un importe patronal por parte de las empresas privadas, por lo tanto, la capacitación no es remunerada.
4. Se envía una carta de solicitud del curso a INTECAP. Un representante de esta institución, visita las instalaciones de Colgate Palmolive (C.A.), S.A., con objeto de evaluar la posibilidad de impartir el curso en dicha empresa y establecer la calendarización del curso.
5. Se autoriza la capacitación por parte de Colgate Palmolive (C.A.), S.A. e INTECAP.

4. Plan de capacitación

Curso: Tratamientos térmicos.

Objetivos: Proporcionar al personal operativo del taller de máquinas herramientas, los conocimientos básicos sobre tratamientos térmicos en los repuestos mecánicos y eliminar los problemas existentes en esta área.

Cantidad de personal que se capacita: siete operarios de máquinas herramientas.

Institución que imparte el curso: Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (INTECAP).

Lugar destinado para la capacitación: salón de capacitación del taller de mecánico de Colgate Palmolive (C.A.), S.A.

Duración: el curso se imparte, tiene una duración total de 32 horas, las cuales se distribuyen de la siguiente manera.

<i>Tema</i>	<i>Duración (horas)</i>
Estructura cristalina de los materiales	02
Diagrama de hierro carbono	02
Temperaturas críticas	01
Endurecimiento superficial	03
Recocido	02
Templado	02
Revenido	02
Medios de enfriamiento	02
Ensayos de dureza	04
Práctica	12

Material didáctico: televisor, videgrabadora, proyector de acetatos, pizarrón y marcadores.

Equipo y herramienta para la práctica: horno para templado, horno para revenido, materiales, durómetro, equipo de seguridad, tenazas y medios de enfriamiento.

Evaluación: al final del curso, se evalúan de manera teórica los conocimientos que se adquieren y se entrega un diploma de reconocimiento al personal que apruebe el examen.

6.1.1 Temas técnicos importantes

Para la fabricación de repuestos mecánicos, es necesario adquirir conocimientos técnicos importantes para la realización de tratamientos térmicos.

6.1.1.1 Tratamientos térmicos

Es un proceso que se realiza a un material con el objeto de obtener las propiedades deseadas a través de modificaciones en su estructura mediante cambios bruscos de temperatura.

Los tratamientos térmicos más utilizados en la fabricación de repuestos mecánicos son: recocido, normalizado, templado, revenido, cementado y pavonado.

- **Recocido**

“Estado en que se encuentra el metal que se calienta por encima de una determinada temperatura según sea su composición y se enfría a continuación en el propio horno, al enterrarlo en cenizas o cal. Este proceso de recocido hace al metal muy suave y dúctil. El recocido precede a las operaciones de flujo tales como el prensado del metal, estirado de alambres y tubos”. (Referencia 13).

El recocido se usa para ablandar por completo el acero templado y en general para facilitar el maquinado de los aceros que contienen más del 0.8 % de carbono.

- **Normalizado**

“Es semejante al recocido pero se efectúa para varios fines diferentes. A menudo se normalizan los aceros de contenido medio de carbono para darles mejores características para el maquinado. El acero de contenido medio de carbono (0.3 a 0.6% de carbono) puede ser gomoso cuando se le maquina después de un recocido completo y en cambio, puede hacerse lo suficiente blando para el maquinado mediante el normalizado. La microestructura más fina, pero más dura, que produce el normalizado da a la pieza un mejor acabado de superficie. La pieza se calienta a determinada temperatura según su composición y luego se deja enfriar al aire libre”. (Referencia 14).

- **Endurecimiento por temple**

“Estado de un metal que se calienta por encima de una determinada temperatura, de acuerdo a su composición y enfriado a continuación muy rápidamente por inmersión en agua fría o en aceite frío. El enfriamiento rápido se denomina temple y el agua o el aceite que se utiliza se denomina baño por templado. Este enfriamiento rápido al partir de temperaturas elevadas da gran dureza al metal. Solo los aceros de alto y medio contenido de carbono se endurecen de esta manera”. (Referencia 15).

El grado de dureza que se logra en el material templado depende de manera directa del contenido de carbono y la velocidad de enfriamiento.

- **Revenido**

“Los aceros endurecidos por temple son frágiles, a la vez que duros. Para hacerlos adecuados para su uso en herramientas de corte tienen que volver a calentarse hasta una determinada temperatura entre 200 y 300 °C y enfriarse de nuevo. Esto los hace ligeramente menos duros, pero mucho más rígidos”. (Referencia 16).

- **Cementado**

Se denomina cementación, a la carburación de piezas con un tratamiento térmico ulterior al que produce su endurecimiento. Las capas exteriores, se enriquecen con carbono (carburación) poco en carbono y nitrógeno (carbonitruración), esto se consigue a temperaturas entre 860°C y 930°C con agentes de carburación sólidos como el carbón vegetal o el negro de humo, con agentes líquidos como los cianuros potásico y sódico, o con gases como el propano y metano.

La profundidad de cementación varía entre 0.01 y 5mm. por medio de un enfriamiento brusco ulterior, se consigue el temple de la capa exterior carburada. Se considera la penetración del carbono en 0.1mm. por cada hora de permanencia a la temperatura de cementación. Al cementar varias piezas a la vez, la separación entre ellas debe ser como mínimo 30mm.

- **Pavonado**

Es un recubrimiento químico contra la corrosión, el cual les da a las piezas de acero una protección superficial negra por combustión repetida con aceite a 400°C. Este procedimiento no proporciona ninguna protección permanente.

- **Medios de enfriamiento**

Los medios de enfriamiento más comunes que se utilizan en los tratamientos térmicos son:

- Agua y sal (salmuera).
- Agua pura.
- Sales fundidas o líquidas.
- Aceite soluble y agua.
- Aceite.
- Aire.

Cuando se utilice un aceite especial mezclado para enfriamiento deben adoptarse ciertas precauciones:

- El depósito para enfriamiento debe estar equipado con una capa metálica que pueda colocarse a distancia sobre el depósito, en caso de que se produzca un incendio para poder apagarlo.

- Se debe contar con un equipo contra incendio adecuado.
 - Se debe adaptar al depósito una campana de humos provista de extractor.
 - La masa de aceite en el depósito debe ser grande, si se le compara con la masa de las piezas que se enfrían.
- **Problemas que presentan los tratamientos térmicos**

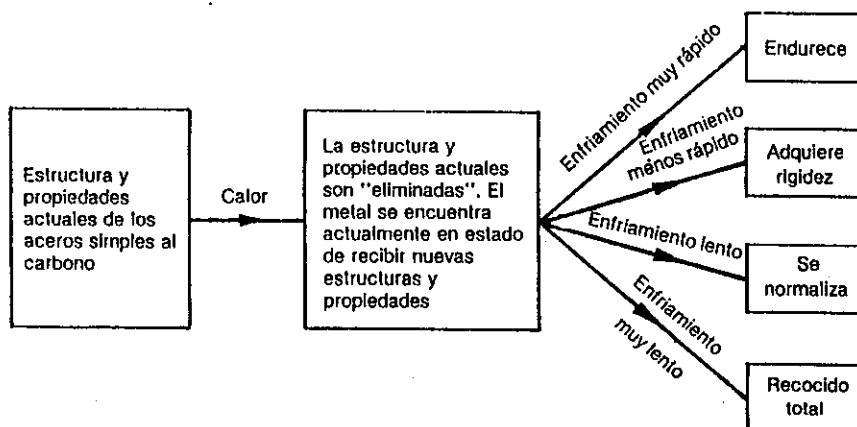
Hasta donde es posible, debe evitarse el sobrecalentamiento de los aceros debido a que el resultado es calidad pobre, agrietamiento, daños en los contornos de los cristales y daños permanentes en la estructura interna del material, estas fallas no se pueden corregir con otro tratamiento térmico.

Algunas de las causas más comunes de las grietas por enfriamiento son:

- Sobrecalentamiento en el tratamiento térmico.
- Selección inapropiada del medio de enfriamiento.
- Selección incorrecta del acero.
- Retrasos entre el enfriamiento rápido y el revenido.
- Diseño inapropiado, cambios bruscos de sección transversal tales como agujeros y cuñeros.
- Ángulo incorrecto de introducción del repuesto en el baño de enfriamiento.
- Falla en cuanto a la especificación del tamaño correcto del material.

Para una mejor comprensión de un tratamiento térmico, se presenta el proceso correspondiente en la figura 27.

Figura 27. Tratamiento térmico de los aceros al carbono



6.1.1.2 Ensayo de materiales

Son las pruebas físicas y químicas que se realizan a un material para determinar su composición, características, propiedades y tipos de fallas. Entre los ensayos más importantes se tienen los ensayos destructivos y no destructivos.

En Colgate Palmolive (C.A.), S.A., no se cuenta con el equipo para la realización de ensayos destructivos, por lo tanto, se presentan sólo las técnicas para realizar ensayos no destructivos.

6.1.1.2.1 Ensayos no destructivos

Estos ensayos son de gran utilidad debido a que se pueden realizar en repuestos mecánicos sin destruirlos. Entre estos ensayos se mencionan los siguientes:

6.1.1.2.1.1 Determinación de fallas

Es un estudio que se realiza en repuestos mecánicos para detectar si tienen algún tipo de fisura, desgaste, ruptura interna, deformación, etc. Antes de hacer cualquier tipo de ensayo no destructivo en un repuesto se debe efectuar una limpieza total del mismo. Entre las técnicas que se deben seguir para realizar este tipo de ensayos se tienen:

- **Análisis visual:** se realiza en un lugar donde exista luz suficiente para detectar las fallas visibles que pueda tener el repuesto, se puede utilizar como equipo auxiliar una lupa y un microscopio de bajo poder.
- **Técnica de réplica:** se colocan unas gotas de acetona (generalmente no corrosiva) sobre la superficie y se proporciona una cinta de plástico de acetato o celulosa contra la superficie, después de unos pocos segundos, se retira la película que contiene una copia exacta de la fractura, luego se analiza en un microscopio.
- **Técnica de líquidos penetrantes:** se sumerge el repuesto en un líquido que tenga propiedades de penetración, al extraerlo se seca con un paño, luego se le aplica a la superficie polvos absorbentes. Después de cinco minutos se detecta la falla en donde haya polvo húmedo. Esta técnica se utiliza en repuestos no magnéticos.
- **Técnica de flujo magnético seco:** para aplicar esta técnica el repuesto debe ser ferromagnético, el repuesto se magnetiza y un polvo coloreado magnético se coloca sobre la superficie, las altas propiedades de concentración del polvo son atraídas hacia las grietas como cuando las limaduras de hierro son atraídas por un imán en forma de herradura. La pieza, se debe magnetizar en diferentes direcciones para suministrar las condiciones favorables para revelar toda la grieta.

6.1.1.2.1.2 Ensayo de dureza

Para determinar la dureza de los repuestos mecánicos, se dispone de tres técnicas importantes las cuales son:

- **Número de dureza Brinell (BHN):** Se coloca el repuesto a analizar en una prensa y se presiona con una esfera de acero o de carburo de tungsteno con una carga de 500 ó de 3,000 N. La carga más liviana, se utiliza para los repuestos de materiales no ferrosos como el cobre y aluminio. La carga más grande, se utiliza en los repuestos de materiales ferrosos como hierro, aceros y aleaciones duras. La carga, se aplica durante 30 segundos y luego se retira, la lectura de número de dureza Brinell, se obtiene de manera directa de la máquina.
- **Número de dureza Vickers (VHN):** una pirámide de diamante de cuatro caras laterales, las que forman un ángulo de 136° , se presiona contra el repuesto bajo cargas más livianas que las utilizadas en el ensayo Brinell (10 y 1176 N.), la ventaja de este ensayo es que se obtienen medidas de dureza en niveles altos y en zonas pequeñas. Esta técnica, es apropiada para aceros cementados en su capa externa así como para piezas de paredes delgadas de acero o de metales no ferrosos.
- **Número de dureza Rockwell (R_A , R_B , etc.):** la ventaja principal del ensayo Rockwell radica en que la dureza se lee directamente en una escala. El indentador para el ensayo R_C , es un cono de diamante montado en un soporte. El observador acciona una palanca que presiona el cono de diamante a una pequeña distancia establecida contra el repuesto, esto se conoce como la precarga, enseguida, se deja actuar la carga R_C normalizada de 150 N. que presiona aún más al diamante contra el repuesto, luego con la misma palanca se retira la carga, en este punto se lee la dureza R_C en la escala y luego se descarga el repuesto.

Los principales datos que se utilizan para realizar un ensayo de dureza (Brinell, Vickers y Rockwell), se presentan en el anexo III.

6.2 Área social

La meta de toda empresa, es el crecimiento a través del tiempo, esto hace que las empresas cambien tanto en la estructura administrativa, como en la estructura física, lo que hace que su tecnología cambie de manera radical, por lo tanto, la capacitación del personal en su mayoría es técnica y la capacitación social queda relegada a un plano menor.

La capacitación social, es indispensable en toda empresa, ya que proporciona los lineamientos al trabajador para una correcta convivencia social, tanto en el interior de la empresa, como en actividades fuera de la misma.

1. Determinación de las necesidades de capacitación

Al consultar el programa de capacitación del taller de mantenimiento, se observa que no existe programación sobre capacitación en normas de convivencia social.

2. Personal que se capacita

El personal operativo del taller de máquinas herramientas, el bodeguero y el auxiliar de bodega, son los designados para recibir la conferencia sobre normas de convivencia social.

3. Personal que proporciona capacitación

El encargado de impartir esta conferencia es la persona que realiza la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC).

4. Plan de capacitación

Nombre de la conferencia: normas de convivencia social.

Objetivo: mejoramiento de las relaciones humanas del personal, dentro y fuera de la empresa.

Cantidad del Personal a capacitar: nueve personas.

Lugar destinado para la capacitación: salón de capacitación del taller de mecánico de Colgate Palmolive (C.A.), S.A.

Duración: la conferencia tiene una duración de 3 horas, las cuales se distribuyen de la siguiente manera.

<i>Tema</i>	<i>Duración (horas)</i>
Conducta en el trabajo	0.5
Aseo personal	0.5
Comunicación en la calle	0.5
Conversación	0.5
Presentaciones	0.5
Conducta al conducir un vehículo	0.5

Material didáctico: proyector de acetatos, pizarrón y marcadores.

6.2.1 Normas de convivencia social

Éstas son importantes para mejorar la convivencia entre los trabajadores tanto dentro como fuera de la empresa.

6.2.1.1 Conducta en el trabajo

El trabajo acapara una buena parte del tiempo y los trabajadores mantienen una lucha casi constante con su medio, el trabajador debe luchar contra sí mismo para vencer el desánimo, la rutina y la adversidad que le proporciona un trabajo mal ejecutado. Algunas normas útiles para los trabajadores son:

- Cumplimiento de las obligaciones del trabajo.
- Mostrarse cordial, atento y deseoso de servir.
- Defenderse y defender el trabajo propio sin recurrir al engaño.
- Debe tenerse presente que la amistad termina donde empiezan las obligaciones.
- Se debe evitar pérdidas de tiempo, no temer a ser nombrado el mejor por la atención y dedicación al trabajo.
- Si hay que reconvenir a un subalterno hacerlo en privado.
- Se debe atender a los visitantes con amabilidad y cortesía.

6.2.1.2 Aseo personal

Favorece a la aceptación social que se tenga en la comunidad, además, es importante para el mantenimiento de una buena salud. El aseo personal incluye limpieza corporal y arreglo del vestuario.

6.2.1.3 Comunicación en la calle

Es conveniente, conducirse en la calle con cuidado y si es posible dar la debida atención a las personas que en ella se encuentran.

6.2.1.4 Conversación

La conversación, está condicionada por la confianza que existe entre las personas que la sostienen, sin embargo puede seguirse las reglas siguientes:

- El uso de un lenguaje adecuado a las circunstancias.
- Uso adecuado y discreto del derecho de hablar y demostrar atención a los que hablan.
- El tono de voz y los ademanes deben ser siempre correctos.
- No emplear sobrenombres al dirigirse a las personas.

6.2.1.5 Presentaciones

Cuando se presenta a alguien, es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- En el momento de presentar a dos personas, se deben mencionar con claridad los nombres.
- Es conveniente incluir los títulos que los presentados poseen.
- Debe presentar dos personas solamente aquella que conoce bien a ambas.
- Una persona puede presentarse sola al decir para ello, a quien corresponda, el nombre, condición social, asunto a tratar, etc.

6.2.1.6 Conducta al conducir un vehículo

Es necesario recordar algunas reglas sencillas cuando se conduce un vehículo, las principales son:

- El respeto a las señales de tránsito.
- El uso adecuado de las luces del vehículo.
- Se detiene el vehículo sólo cuando es necesario y aun lado del camino, calle o carretera.
- La ayuda a los accidentados cuando es posible.
- La realización de las señales correspondientes de los desvíos o cruces.

6.2.1.7 Modo conducirse en los talleres

Cualquier acción que distraiga la atención de una persona e interrumpa su concentración como: un empujón, gritos, lanzar cosas o participar en bromas de mal gusto puede ocasionar accidentes graves.

6.3 Área de seguridad e higiene

La seguridad e higiene industrial, es el conjunto de conocimientos y técnicas que se emplean en una empresa con el objeto de evitar accidentes, conservar y mejorar la salud en el trabajo.

En Colgate Palmolive (C.A.), S.A., existe un amplio programa de seguridad e higiene industrial. Al momento de la determinación de las necesidades de capacitación, se observa que están contemplados en la programación varios cursos de seguridad e higiene, entre estos están: bloqueo de corriente eléctrica, equipo de protección personal, extintores, etc., sin embargo, es importante darle seguimiento a dicho programa al reforzar periódicamente las áreas de: orden y limpieza, primeros auxilios, prevención de incendios y prevención de accidentes.

6.4 Beneficios de la capacitación

La capacitación del personal trae consigo beneficios para la empresa, trabajadores y sociedad, entre los beneficios están:

6.4.1 Beneficios para Colgate Palmolive (C.A.), S.A.

- Aprovechamiento de recursos.
- Uso adecuado de maquinaria y equipo.
- Mejor ambiente de trabajo.
- Mayor eficiencia en la fabricación de repuestos mecánicos.
- Disponibilidad de mano de obra calificada.
- Reducción de costos.

6.4.2 Beneficios para el personal

- Motivación en la realización del trabajo.
- Superación personal.
- Mayores ingresos económicos.

6.4.3 Beneficios para la sociedad

- Un mejor aporte económico y moral para la sociedad.

6.5 Motivación para la adopción del proyecto

En el desarrollo de un nuevo proyecto, existe la dificultad que el personal involucrado demuestra cierta resistencia al cambio, por lo tanto es conveniente tomar una serie de medidas para disminuir de manera considerable esta resistencia. Entre estas medidas se encuentran las siguientes:

- Capacitación en los aspectos del proyecto.
- Identificación con las actividades que deben desarrollarse en el proyecto.
- Información adecuada.
- Presentación de los alcances del proyecto.
- Oportunidad de participación del personal al tomar en cuenta y evaluar las sugerencias que este propone.

CONCLUSIONES

1. Para la búsqueda de un repuesto dentro de bodega central, se utiliza un tiempo promedio de 15 minutos. Con la departamentalización y la aplicación de modelos de inventarios, se logran mejoras de un ochenta por ciento en el ordenamiento de repuestos y se evita el extravío de estos en un ciento por ciento, lo que da como resultados: reducción del tiempo promedio de búsqueda a seis minutos, buen funcionamiento interno de bodega y una adecuada atención a los usuarios.
2. En bodega central existe un "stock" inadecuado de repuestos, lo que origina atrasos en máquinas por falta de repuestos, elevación de costos y falta de controles en el pedido de repuestos en cuanto a la cantidad y el tiempo de pedido. Con la aplicación de los modelos de inventarios se determina la demanda mensual, "stock" máximo, "stock" mínimo y punto de reorden de los repuestos, esto permite realizar el pedido de repuestos en la cantidad y tiempo correspondientes.
3. Al retirar 1,600 repuestos obsoletos y deteriorados de bodega central de repuestos, aumenta el espacio disponible para el almacenaje en un 5%, con lo que se logra: mejor acondicionamiento de los repuestos existentes, reducción en el tiempo de almacenaje y reducción de los costos de manejo de repuestos.
4. En Guatemala es factible la fabricación de repuestos mecánicos, debido a que se obtiene una disminución de costos del 24.8 % al fabricarlos en Colgate Palmolive (C.A.), S.A. y un 8.6% si se fabrican en talleres para subcontrato comparados con los costos de importación, además, se tiene la infraestructura adecuada y se dispone de un suficiente surtido de materiales.

5. La vida útil de los repuestos mecánicos fabricados en el taller de máquinas herramientas de Colgate Palmolive (C.A.), S.A., disminuye por las deformaciones y las propiedades mecánicas no deseadas que resultan al realizar un tratamiento térmico inadecuado. Se imparte una capacitación al personal en el área de tratamientos térmicos, con lo que se eliminan los errores de operación en la realización del recocido, templado y revenido de los repuestos, con esto aumenta la calidad de los mismos.

RECOMENDACIONES

Al gerente de mantenimiento:

- 1. Sistematizar el inventario general de repuestos a través de una red de computación que comunique la bodega central de repuestos, el Departamento de Contabilidad y las plantas de producción, para tener acceso directo a los datos de: "stock" máximo, punto de reorden, "stock" mínimo y la ubicación de los repuestos en las estanterías; con lo cual se tecnifican las actividades de bodega y se logra un adecuado control de las existencias de los repuestos por parte de los ingenieros de planta.**
- 2. Incrementar la cantidad de operarios que trabajan en el taller de máquinas herramientas, de 7 a 13 para reducir el tiempo muerto de las máquinas operables y aumentar la producción de repuestos mecánicos.**

Al personal de bodega central de repuestos:

- 3. Actualizar una vez al año el contenido de los rótulos de señalización colocados en la parte frontal de las estanterías, debido al ingreso de nuevas máquinas al inventario general.**
- 4. Actualizar las cantidades de "stock" máximo, "stock" mínimo y punto de reorden, al resultar cambios significativos en la demanda de los repuestos por parte del Departamento de Mantenimiento y las plantas de producción.**

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Victor Hugo Gómez Rivas. **Reglamento de localización industrial.** (Municipalidad de Guatemala), p. 55.
2. Ibid., p. 14.
3. Harold Koontz. **Administración.** (8ª. ed. Estados Unidos: Editorial McGraw-Hill, 1985), p. 70.
4. Carlos Pérez. **Folleto de seguridad e higiene industrial.** (Guatemala: Facultad de Ingeniería, USAC, 1996), p. 3.
5. Juan Carlos Pérez Santizo. **Normas de higiene y seguridad del Ingenio Madre Tierra.** (Guatemala: Tesis, Facultad de Ingeniería, USAC, 1991), p. 56.
6. Hamdy A. Taha. **Investigación de operaciones.** (Colombia: Editorial Alfaomega, 1995), pp. 562-563.
7. Ibid., p. 561.
8. Carlos Estuardo Alvarado Cano. **Manual para el laboratorio de investigación de operaciones 2.** (Guatemala: Tesis, Facultad de Ingeniería, USAC, 1996), p. 63.
9. Hamdy A. Taha. **Investigación de operaciones.** (Colombia: Editorial Alfaomega, 1995), pp. 566.
10. Carlos Estuardo Alvarado Cano. **Manual para el laboratorio de investigación de operaciones 2.** (Guatemala: Tesis, Facultad de Ingeniería, USAC, 1996), pp. 71-72.
11. Sydney Alexander Samuels. **Apuntes sobre preparación y evaluación de proyectos 1.** (Guatemala: 1994), p. 26.
12. Ibid., p. 31.

13. R. L. Timings. **Tecnología mecánica.** (2ª. ed. México: Editorial Representaciones y Servicios de Ingeniería S. A., 1990), p. 35.
14. Richard R. Kibbe. "Manual de máquinas herramientas" **Enciclopedia Limusa.** (México: Editorial Limusa, 1989), p. 267.
15. *Ibid.*, p.35.
16. *Loc. cit.*

BIBLIOGRAFÍA

1. FLIN, Richard A. y Paul K. Trojan. **Materiales de ingeniería y sus aplicaciones.** 3ª. ed. México: Editorial McGraw-Hill, 1991.
2. KIBBE, Richard R. y otros. **Manual de máquinas herramientas. Enciclopedia Limusa.** Volúmenes 1º, 2º, 3º y 4º. México: Editorial Limusa, 1989.
3. SAMUELS, Sydney Alexander. **Apuntes sobre preparación y evaluación de proyectos 1.** Guatemala: 1994.
4. TAHA, Hamdy A. **Investigación de operaciones.** 5ª. ed. Colombia: Editorial Alfaomega, 1995.
5. TIMINGS, R. L. **Tecnología mecánica.** 2ª. ed. México: Editorial Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A., 1990.
6. WINSTON, L. Wayne. **Investigación de operaciones.** 2ª. ed. México: Editorial Grupo Editorial Iberoamérica, S.A. de C.V., 1994.

ANEXOS

Anexo	Descripción
I	EQUIVALENCIAS ENTRE LOS ACEROS DISPONIBLES EN GUATEMALA DE LAS DIFERENTES CASAS DISTRIBUIDORAS.
II	APLICACIONES.
III	ENSAYOS DE DUREZA.

ANEXO I

EQUIVALENCIAS ENTRE LOS ACEROS DISPONIBLES EN GUATEMALA DE LAS DIFERENTES CASAS DISTRIBUIDORAS

No.	Werkstoff No	Europa Din	USA SAE/AISI	Composición										DÖHLER	VLW	UODEHOLM	ASSAB	Otros	Recocido Brinell (max)	Templado Hrc (max)
				C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W									
ACEROS P/ TRABAJO EN FRIJO																				
1	1.1545	C 105 W1	W1	1.05	0.2	0.2								Extra Tenaz	K-990	-	-	-	210	65
2	1.2510	100 Mn Cr W4	O1	0.95		1.1	0.5			0.1	0.5			Amulit S	K-460	Arne	DF2	16/Stora/Styria	225	63-65
3	1.2379	X155CrV Mo121	D2	1.55	0.25	0.3	11.5	0.7		1.0				Special Kw	K-110	SVERKER 21	XW 41	364	250	63-65
4	1.2542	45 W Cr V7	S1	0.48	0.9	0.3	1			0.2	2			MY Extra	K-450	Regin 3	M4	Tenit W	225	55-59
5	1.2080	X210 Cr 12	D3	2.1	0.25	0.3	11.5							Special K	K-100	-	-	-	250	63-65
6	1.2210	115 Cr V3	L2	1.18	0.2	0.3	0.7			0.1				ssc	K-510	-	-	Plata	220	64-66
7	-	-	-	0.6	0.35	0.8	4.5	0.5			2			-	-	Calmax	-	-	200	64-65
ACEROS P/ TRABAJO EN CALIENTE																				
8	1.2344	X40 Cr Mo V51	H13	0.4	1.0	0.4	5.15	1.35	1.0					Us Ultra 2	W 302	Orvar 2	8407	Supreme	235	55
ACEROS P/ MOLDE DE PLASTICO																				
9	1.2311	40 Cr Mn Mo 7	P20	0.4	0.3	1.5	2.0	0.2						-	M201	Impax	718	-	Bonificado 300	55
10				0.6	0.35	0.8	4.5	0.5			2			-	-	Calmax	-	-	200	64-65
ACEROS DE BONIFICACION																				
11	1.6582	34 Cr Ni Mo 6	4340	0.34	0.4	0.5	1.5	0.25	1.5					Vcn 150	V-155	-	705	-	Bonificado 300-350	56
12	1.1191			0.45	0.3	0.7								EH	V-945	uhb-11	-	H	190	60
ACEROS DE CEMENTACION																				
13	1.5919	15 Cr Ni 6	-	0.15	0.25	0.5	1.5		1.5					ECN 150	E-230	-	7210	-	215	Cementado 64
14	1.1141	-C 15	1015 1018	0.2	0.4	0.6								-	-E-920	-	-	Cold Rolled	160	Cementado 64

A U S T E N I T S. A.

ANEXO II

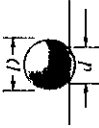




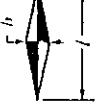
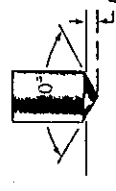



APLICACIONES

No.	ACEROS P/ TRABAJO EN FRÍO
1	Acero para herramientas no aleado. Gran dureza superficial y tenacidad en el núcleo. Herramientas para filetear roscas, martillar en frío, punzones, herramientas para embutición profunda, extrusión en frío, estampado y troquelado. Bloques calibradores.
2	Acero aleado de temple parejo y seguro con poca variación de medidas. Excelente maquinabilidad. Para muchas aplicaciones en la industria: herramientas de corte y elementos de matricería general, útiles de roscas, cuchillas industriales para madera, papel y metal, herramientas de medición, moldes...
3	Acero de alto contenido de carbón y cromo para herramientas que exigen tenacidad elevada y gran rendimiento; herramientas de corte (matrices y punzones), herramientas para trabajar madera, para embutición profunda y extrusión en frío. Cilindros para laminar en frío, cizallas, moldes pequeños para plástico. Herramientas para las industrias farmacéutica y cerámica.
4	Acero de alta tenacidad y buena resistencia al desgaste para trabajos de choques y compresión: talachos neumáticos, cincelos, herramientas de corte de fuerte espesor. Herramientas para trabajo en caliente a temperaturas bajas.
5	Marca estándar de los aceros ledeburíticos al 12% de cromo. Herramientas de corte (matrices y punzones), herramientas para trabajar madera, para embutición profunda y extrusión en frío. Cilindros para laminar en frío, cizallas, moldes pequeños para plástico. Herramientas para las industrias farmacéuticas y cerámica.
6	Acero de alta resistencia al desgaste aleado con cromo y vanadio, entregado pulido y rectificado a medidas precisas. Para fabricación de brocas helicoidales, machucos, escariadores, guías, expulsores, punzones...
7	Acero de alta tenacidad y buena resistencia al desgaste. Adecuado para aplicaciones de plástico (molde de inyección, moldeado por compresión...) y trabajo en frío (corte y conformado en general, embutición profunda, rodillos, cizallas...)
ACEROS P/ TRABAJO EN CALIENTE	
8	Acero especial para herramientas de trabajos en caliente sometidos a esfuerzos elevados. Herramientas, cilindros para la extrusión de barras y tubos metálicos, herramientas de extrusión por impacto en caliente, para la fabricación de tuercas, tornillos, remaches, herramientas para fundición a presión, cuchillas para cortar en caliente.
ACEROS P/ MOLDE DE PLÁSTICO	
9	Acero aleado tratado (templado y revenido) a 1/ 300 HB; alto grado de pureza, buenas propiedades de pulido, dureza uniforme, buena aptitud a la electro-erosión, a la nitruación, la cementación. Especialmente para moldes de plástico, industria del plástico y de la fundición a presión. Componentes para la construcción mecánica en general.
10	Acero de alta tenacidad y buena resistencia al desgaste. Adecuado para aplicaciones de plástico (molde de inyección, moldeado por compresión...) y trabajo en frío (corte y conformado en general, embutición profunda, rodillos, cizallas...)
ACEROS DE BONIFICACIÓN	
11	Acero bonificado y revenido al vacío, aleado al Cr-Ni con Mo. Diseñado para ejes de transmisión sujetos a altos esfuerzos de tracción y torsión. Partes de maquinaria industrial y automotriz sometidos a altos esfuerzos dinámicos (cigüeñales, ejes para bombas, árboles de transmisión). Admite temple si se desea templar.
12	Acero al carbono sin alea. Elementos de construcción para esfuerzos medianos y piezas forjadas pesadas al estado normalizado para la mecánica en general. Ejes, pernos, árboles, pasadores, chavetas.
ACEROS DE CEMENTACIÓN	
13	Acero especial de cementación: carbonitración (enriquecimiento de la superficie en carbono o cianuro) - formación de una capa superficial que admite temple dejando un núcleo tenaz. Engranajes, sinfines, piñonera, ejes, ejes de leva, palancas...
14	Acero de bajo carbono templado en frío. De uso general para la construcción mecánica. Excelente dureza superficial después de la cementación.

A U S T E N I T S. A.

ANEXO III

ENSAYOS DE DUREZA

Ensayo	Indentador	Forma de la indentación		Carga	Fórmula de número de dureza
		Vista lateral	Vista superior		
Brinell	Esfera de acero o carburo de tungsteno de 10 mm de diámetro			P	$BHN = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$
Vickers	Pirámide de diamante			P	$VHN = 1.72 P/d^2$
Microdureza de Knoop	Pirámide de diamante			P	$KHN = 14.2 P/l^2$
Rockwell	Cono de diamante			60 kg 150 kg 100 kg	$R_A = 100 - 500t$ $R_C =$ $R_D =$
	Esfera de acero de 1/16 pulgadas de diámetro			100 kg 60 kg 150 kg	$R_B = 130 - 500t$ $R_F =$ $R_G =$
	Esfera de acero de 1/8 pulgadas de diámetro			100 kg	$R_E =$

Métodos para ensayos de dureza
Materiales de Ingeniería y sus aplicaciones