



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

**ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA PANELES DE TETRABRIK EN EL ÁREA
DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD
DE INGENIERÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Jaime Francisco del Cid Chávez

Asesorado por el Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí

Guatemala, febrero de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA PANELES DE TETRABRIK EN EL ÁREA
DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD
DE INGENIERÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JAIME FRANCISCO DEL CID CHÁVEZ
ASESORADO POR EL ING. EDGAR DARÍO ÁLVAREZ COTÍ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian De León
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

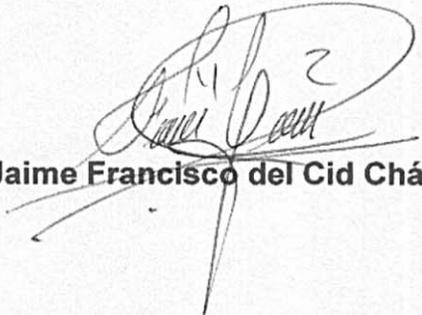
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Erwing Danilo González Trejo
EXAMINADORA	Inga. María Martha Wolford E. de Hernández
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA PANELES DE TETRABRIK EN EL ÁREA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 28 de julio de 2014.



Jaime Francisco del Cid Chávez

Guatemala, 06 de noviembre de 2015

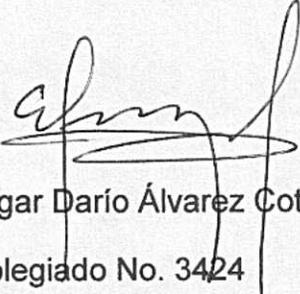
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado ing. Urquizú:

Por este medio me permito informarle que he procedido a revisar el trabajo de graduación titulado **"ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA PANELES DE TETRABRIK EN EL ÁREA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA"**, elaborado por el estudiante Jaime Francisco del Cid Chávez con carné 201021116, a mi criterio, el mismo cumple con los objetivos propuestos, por lo tanto el asesor y yo nos hacemos responsables del contenido del mismo y se aprueba su publicación junto con los trámites correspondientes.

Sin otro particular.

Atentamente:


Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Colegiado No. 3424

Asesor

Edgar Darío Álvarez Cotí
Ing. Mecánico Industrial
Colegiado No. 3424

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.003.016

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA PANELES DE TETRABRIK EN EL AREA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Jaime Francisco del Cid Chávez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Una firma manuscrita en tinta que parece decir 'Oswin'.

Oswin Antonio Melgar II
INGENIERO INDUSTRIAL
CUI 8412

Ing. Oswin Antonio Melgar
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, enero de 2016.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.016.016

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, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA PANELES DE TETRABRIK EN EL ÁREA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Jaime Francisco del Cid Chávez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Juan José Peralta Dardón
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, febrero de 2016.

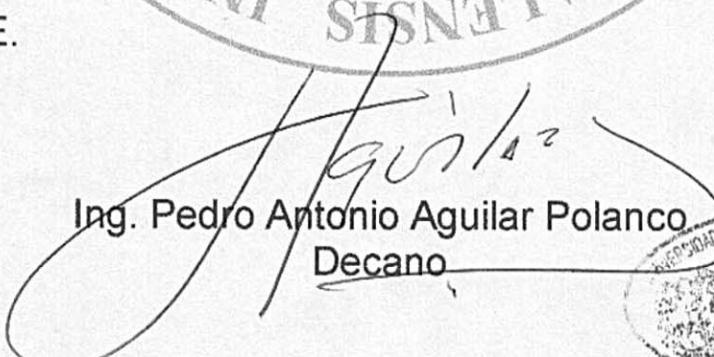
/mgp



Ref. DTG.070-2016

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 graduación titulado: **ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA PANELES DE TETRABRIK EN EL ÁREA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Jaime Francisco del Cid Chávez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, febrero de 2016

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por estar siempre a mi lado en todas las facetas de mi vida, dándome fuerza para continuar y superar los obstáculos que se me presentan cada día, por iluminar mi mente y mi corazón en este proceso de aprendizaje.

Mi madre

Llanira Del Cid, por ser la persona que Dios utilizó para brindarme amor, fuerza y aliento para que pudiera continuar y así llegar hasta en donde me encuentro en este momento, siendo esto un premio para los sacrificios que ella ha realizado para ayudarme en todo momento.

Mi hermano menor

Luis Del Cid, por ser una persona que me ha brindado su apoyo incondicional en todo momento y me motiva a seguir adelante.

Mi padrino

José Álvarez, por haberse convertido en una persona que confió en mí y financió la mayor parte de mi carrera, muchas gracias ¡Qué Dios lo bendiga!

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme sus puertas y por permitir que sus catedráticos contribuyeran con mi formación profesional.
Departamento de Física de la Facultad de Ingeniería	Por darme la oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos en esa rama de la ingeniería y así contribuir con la formación de los estudiantes de dicha Facultad.
Centro de Investigaciones de Ingeniería	Específicamente al Área de Gestión de la Calidad, por haberme dado la oportunidad de realizar mi trabajo de graduación y brindarme todas las herramientas para realizarlo.
Mis amigos	Por confiar en mí en todo momento y brindarme su ayuda incondicional en las buenas y en las malas, apoyándome para seguir adelante y así culminar esta etapa de mi vida.
Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí	Por el tiempo que empleó para asesorarme en la elaboración de este trabajo de graduación.

A aquellas personas que no he mencionado y que de una u otra manera, contribuyeron con este logro, quiero darles un agradecimiento especial.

2.4.	Factores que intervienen en un análisis de costos.....	19
2.4.1.	Costos fijos.....	20
2.4.2.	Costos variables.....	21
2.4.3.	Costos medios.....	22
2.4.4.	Costo unitario	23
2.5.	Herramientas estadísticas para el análisis de costos.....	24
3.	ANÁLISIS DE COSTOS.....	27
3.1.	Descripción del trabajo a realizar	27
3.2.	Descripción del proceso de elaboración.....	27
3.2.1.	Diagramas de flujo	31
3.2.2.	Diagramas de proceso	44
3.2.3.	Diagrama de recorrido.....	53
3.3.	Determinación de los costos fijos.....	55
3.3.1.	Costos de inversión.....	55
3.3.1.1.	Financiamiento	55
3.3.1.2.	Depreciación de los equipos	58
3.3.1.3.	Impuestos.....	64
3.3.2.	Materia prima	67
3.3.3.	Mano de obra indirecta.....	79
3.3.4.	Almacenamiento de materia prima y producto terminado	85
3.3.5.	Materiales de oficina	88
3.3.6.	Suministros.....	92
3.3.7.	Otros gastos	96
3.4.	Determinación de los costos variables.....	100
3.4.1.	Mantenimiento del equipo	100
3.4.2.	Consumo de materia prima	108
3.4.3.	Mano de obra directa	114

3.4.4.	Otros gastos	120
3.5.	Resultados de los costos unitarios	121
3.5.1.	Cálculo del costo de producción.....	122
3.5.1.1.	Panel	122
3.5.1.2.	Sillas	125
3.5.1.3.	Tableros.....	126
4.	ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO.....	129
4.1.	Etapa de evaluación	129
4.1.1.	Determinación del punto de equilibrio.....	129
4.1.2.	Flujo de fondos	137
4.1.3.	Valor actual neto.....	138
4.1.3.1.	Tasa de rendimiento mínima aceptada (TMAR)	138
4.1.4.	Relación beneficio costo.....	140
4.1.5.	Establecer la Tasa interna de retorno (TIR) del proyecto.....	141
4.1.6.	Análisis de sensibilidad del proyecto	142
5.	DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO	147
5.1.	Descripción de los equipos.....	147
5.1.1.	Horno.....	147
5.1.2.	Sierras	148
5.1.3.	Balanzas.....	151
5.1.4.	Prensa hidráulica	152
5.1.5.	Lavadora.....	154
5.1.6.	Trituradora o molino Crusher	155
5.2.	Elaboración de fichas técnicas de los equipos	156
5.3.	Determinación de la criticidad de los equipos.....	172

5.4.	Codificación de los equipos.....	181
5.5.	Plan de mantenimiento para los equipos	183
5.6.	Lubricantes utilizados en los equipos.....	188
5.6.1.	Proveedores.....	188
5.6.2.	Especificaciones.....	189
5.7.	Procedimientos específicos de cada equipo	190
5.8.	Personal necesario para el mantenimiento	191
5.9.	Documentación del programa de mantenimiento	192
5.9.1.	Órdenes de trabajo.....	192
5.9.2.	Solicitudes de repuestos a coordinación	194
5.9.3.	Hojas de control de mantenimientos preventivos ..	195
5.9.4.	Hojas de supervisión	196
5.9.5.	Informes a coordinación sobre mantenimiento.....	197
5.10.	Costo del plan de mantenimiento	197
CONCLUSIONES.....		201
RECOMENDACIONES.....		203
BIBLIOGRAFÍA.....		205
APÉNDICES.....		207
ANEXOS.....		209

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama general parte I	3
2.	Organigrama de la Fiusac	8
3.	Organigrama del CII	12
4.	Organigrama del área de Gestión de la Calidad del CII	16
5.	Gráfica de costos	22
6.	Diagrama de flujo de producción de sillas.....	32
7.	Diagrama de flujo de producción de tableros	38
8.	Diagrama de proceso de producción de sillas.....	44
9.	Diagrama de proceso de producción de tableros.....	49
10.	Diagrama de recorrido sillas.....	53
11.	Diagrama de recorrido tableros.....	54
12.	Panel terminado de tetrabrik	69
13.	Silla fabricada con paneles de tetrabrik.....	70
14.	Gráfica del punto de equilibrio de sillas.....	132
15.	Gráfico de punto de equilibrio de tableros.....	133
16.	Gráfico del nuevo punto de equilibrio	135
17.	Gráfico del nuevo punto de equilibrio	136
18.	Diagrama de flujo de efectivo.....	139
19.	Horno de convección forzada.....	148
20.	Sierra de cinta vertical.....	149
21.	Sierra de mesa	150
22.	Balanza de precisión	151
23.	Prensa neumática	152

24.	Compresor	153
25.	Lavadora.....	155
26.	Molino para plásticos	156
27.	Ficha técnica del horno.....	157
28.	Ficha técnica de la sierra vertical.....	159
29.	Ficha técnica de la sierra de mesa	161
30.	Ficha técnica de la balanza	163
31.	Ficha técnica de la prensa	165
32.	Ficha técnica del compresor	167
33.	Ficha técnica de la lavadora	169
34.	Ficha técnica del molino	170
35.	Matriz de criticidad PEP	175
36.	Formato de tabla de utilización de equipos.....	188
37.	Modelo de orden de trabajo	193
38.	Modelo de solicitud de repuestos.....	194
39.	Modelo de control de mantenimientos	195
40.	Modelo de hoja de supervisión	196

TABLAS

I.	Valores del coeficiente de correlación	25
II.	Costos de inversión	56
III.	Depreciaciones	60
IV.	Precio del tetrabrik.....	71
V.	Precios de los elementos del tetrabrik	72
VI.	Sueldos del supervisor de Producción en el primer año	83
VII.	Datos técnicos de los equipos eléctricos	93
VIII.	Costos de instalación.....	98
IX.	Costos de los insumos adquiridos	103

X.	Resultado de la producción de tableros	106
XI.	Composición de un panel de tetrabrik	109
XII.	Sueldos del Supervisor de Producción en el primer año.....	118
XIII.	Mantenimientos de vehículo.....	120
XIV.	Costos anuales de producción	121
XV.	Prestaciones	124
XVI.	Flujo de los fondos	137
XVII.	Variaciones de la tasa de descuento.....	143
XVIII.	Variaciones de los beneficios.....	143
XIX.	Datos del producto	144
XX.	Variación de ganancias	145
XXI.	Categorías de frecuencias	173
XXII.	Costos respecto criticidad	174
XXIII.	Códigos de los equipos de la línea de producción	183
XXIV.	Actividades de mantenimiento del horno.....	184
XXV.	Actividades de mantenimiento de la sierra vertical	184
XXVI.	Actividades de mantenimiento de la sierra de mesa	185
XXVII.	Actividades de mantenimiento de la prensa.....	185
XXVIII.	Actividades de mantenimiento del compresor.....	186
XXIX.	Actividades de mantenimiento del molino	186
XXX.	Actividades de mantenimiento de la balanza	187
XXXI.	Actividades de mantenimiento de la lavadora	187
XXXII.	Tabla de los costos de los equipos industriales	197
XXXIII.	Cotización de precios de los repuestos.....	199

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperios
hp	Caballos de fuerza
cm	Centímetros
Cts	Centistokes
°C	Grados centígrados
g	Gramos
Hz	Hertz
h	Horas
hh	Horas hombre
kg	Kilogramos
km	Kilómetros
kwh	Kilowatts hora
lb	Libras
PSI	Libras por pulgadas cuadradas
lit	Litros
m	Metros
min	Minutos
ml	Mililitros
mm	Milímetros
oz	Onzas
ft	Pies
CFM	Pies cúbicos por minuto
fpm	Pies por minuto

in	Pulgadas
plg	Pulgadas
Q	Quetzales
T	Toneladas
V	Voltios
VAC	Voltios de corriente alterna
W	Watts

GLOSARIO

Activos fijos	Son bienes que no pueden convertirse rápidamente en líquido, pero que son necesarios para el funcionamiento de la empresa.
Administración Tributaria	Conformada por la Dirección General de Impuestos Internos y la Dirección General de Aduanas, con los fines de administrar los tributos establecidos por el Código Tributario y otras leyes que establecen los impuestos.
Aglomerado	Panel construido con base de viruta de tetrabrik.
Agrimensor	Es una persona que se especializa en medir la superficie de terreno y realiza los planos correspondientes.
Aguinaldo	Prestación laboral que un patrono debe dar a sus trabajadores equivalente a un sueldo anual.
Autonomía	Es una capacidad que se tiene de actuar bajo un propio criterio, es decir ser independiente.
Avería	Es un daño que afecta el funcionamiento de una máquina.

Bono 14	Prestación laboral equivalente a un salario mensual por un año de servicio continuo o bien una parte proporcional, la cual se paga en el mes de julio.
Bula	Es un documento pontificio el cual contiene temas administrativos, judiciales o de fe, autorizado por el papa mediante su sello.
CIF	Costos indirectos de fabricación.
CII	Centro de Investigaciones de Ingeniería.
Concyt	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
Contrapartida	Es un acuerdo al que llegan dos partes de un proyecto con el fin de poner la misma cantidad de recursos, una parte lo hace en especie y la otra económicamente.
Costo	Es un desembolso monetario que se realiza, pero que se puede recuperar a través del tiempo.
CSU	Consejo Superior Universitario.
Depreciación	Es la pérdida de valor de un bien, a través del tiempo.
Empagua	Empresa Municipal de Agua.

Fiusac	Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
FMECA	<i>Failure Mode Effects and Criticality Analysis</i> . Es una herramienta utilizada en un análisis de criticidad.
Gasto	Es un desembolso monetario que se realiza, pero que no se puede recuperar a través del tiempo.
Inflación	Disminución del poder adquisitivo, es decir, es cuando se genera un incremento en los precios y se adquieren menos bienes, con determinado número de quetzales.
ISR	Impuesto sobre la renta.
IVA	Impuesto del valor agregado.
Norma AISI 304L	Clasifica a los aceros con base en su estructura cristalina, los cuales son aceros que no se han sometido a tratamientos térmicos y que son utilizados para recubrimientos.
Obsolescencia	Representa a un objeto que se está volviendo y por lo tanto se deja de utilizar.

Prestaciones laborales	Son beneficios adicionales al sueldo, que la ley ha establecido que un patrono debe pagar a sus trabajadores.
Producción	Es la cantidad de productos que se elaboran mediante un determinado número de recursos.
Productividad	Representa el grado de rendimiento mediante el cual se emplean los recursos de una empresa con el fin de alcanzar los objetivos trazados.
Proyecto social	Es un proyecto que no tiene fines de lucro, sino de satisfacer una necesidad de un grupo de personas de una comunidad. Este es financiado por un sector privado o bien, por el Estado.
Purga	Consiste en eliminar lo innecesario para el funcionamiento adecuado de un equipo.
Sueldo	Es la remuneración que suele ser económica que una persona recibe a cambio de realizar un trabajo, se puede pagar quincenal o mensualmente.
Tetrabrik	Es un material que sirve para envasar líquidos, el cual está compuesto por 75 % de cartón, 20 % de polietileno y un 5 % de aluminio.

Viscosidad

Es una propiedad de los líquidos, la cual indica el grado de resistencia que tienen para fluir, pero varía en función de la temperatura.

RESUMEN

En el Centro de Investigaciones (CII) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Fiusac), se está trabajando en la fabricación de sillas y tableros elaborados con paneles de tetrabrik. Esta es la razón por la cual, en el Área de Gestión de la Calidad, se realizó un análisis de costos de producción que se incurren para la fabricación de estos productos. Teniendo como fin principal evidenciar los aspectos que se deben analizar para proponer mejoras futuras y así mantener la rentabilidad de este proceso, tanto para el inversionista como para el CII.

Para determinar la rentabilidad del proceso productivo se utilizaron herramientas que tienen como fin dar a conocer si un proyecto es rentable o no, para las partes involucradas. Estas herramientas evidenciaron que el proyecto es rentable, por lo tanto se están cumpliendo con las expectativas esperadas. Por ello se debe continuar con la ejecución de estos procesos, que a la larga contribuyen a la fabricación de productos amigables con el medio ambiente.

Finalmente se elaboró un plan de mantenimiento para los equipos de la línea de producción, debido a que los costos del mismo son muy elevados. Con esto pretende reducir el valor del importe actual y así cumplir con uno de los objetivos de este estudio. Posteriormente se informó a la coordinación del área de la Gestión de la Calidad, las actividades de mantenimiento recomendadas para la reducción de los costos de fabricación. Se consideran otros beneficios que se obtienen al realizar estas actividades en los equipos de la línea de producción del CII.

OBJETIVOS

General

Analizar los costos de producción en la fabricación de sillas y tableros de paneles de tetrabrik, en el área de Gestión de la Calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Específicos

1. Determinar cuál es el costo de la materia prima necesaria para la fabricación de los tableros y sillas de tetrabrik.
2. Calcular el costo que representa en el proceso de producción la mano de obra directa.
3. Establecer cuáles son los costos variables en el proceso de la fabricación de sillas y tableros de paneles de tetrabrik.
4. Encontrar el punto de equilibrio del proceso de fabricación de sillas y tableros y análisis de rentabilidad mediante la tasa interna de retorno.
5. Diseñar un plan de mantenimiento para los equipos que se utilizan en el proceso de producción de los paneles de tetrabrik.

INTRODUCCIÓN

El CII es una institución que se dedica a la investigación científica para resolver problemas de distintos campos de la ingeniería. Para ello está dividido en diferentes departamentos que se encargan de desarrollar proyectos clasificados como proyectos de desarrollo experimental tecnológico, en la disciplina de ingeniería y tecnología. Actualmente, en el área de Gestión de la Calidad se está trabajando en la fabricación de paneles de tetrabrik. Estos son utilizados para la producción de sillas y tableros, cumpliendo con poner en práctica herramientas de ingeniería y a la vez, creando un producto amigable con el medio ambiente. Esto debido a que en la mayoría de instituciones buscan contribuir para mejorar el medio ambiente.

Como toda empresa, uno de sus objetivos es tener la producción con el menor costo posible, para generar utilidades con el fin de convertir en auto sostenible el área de gestión de la calidad. Con esto se logrará no depender de financiamientos de otras instituciones para futuros proyectos. Sin embargo no cuentan con un método o alguna estrategia para conocer los costos que representa la fabricación de estos productos. Únicamente se trabaja y se trata de no sobrepasar el presupuesto establecido por el inversionista.

La ausencia de un control estricto, en el área de Producción, fundamentó la realización de un estudio para conocer los costos de producción de los productos que se fabrican en el CII. Con esto se conoció cómo se utilizan los recursos humanos, materiales y financieros que están a disposición del proceso productivo. El papel fundamental es alcanzar los volúmenes de producción

deseados con el mínimo de gastos. Además se determinó el costo unitario de cada producto y se analizó la rentabilidad del proceso.

Finalmente se diseñó un plan de mantenimiento en el cual, se crearon fichas técnicas de los equipos, órdenes de trabajos, entre otros modelos de documentación. Esto para darle seguimiento a las actividades de mantenimiento realizadas a los equipos. Se demostró, entonces que el mantenimiento es de suma importancia para los equipos industriales de la línea de producción.

1. GENERALIDADES

1.1. La Universidad de San Carlos de Guatemala

La Universidad de San Carlos de Guatemala fue fundada el 31 de enero de 1676, por el monarca español Carlos II. La licencia fue dada para que las instalaciones estuvieran en la Ciudad de Santiago de Guatemala, específicamente en el Colegio de Santo Tomás de Aquino, fundado por el Obispo Don Francisco Marroquín. Las primeras cátedras que se impartían en la Universidad fueron: Teología Escolástica, Teología Moral, Cánones, Leyes, Medicina y Dos de Lenguas. La Universidad abrió sus puertas por primera vez el 7 de enero de 1681 a sesenta estudiantes que estaban inscritos.

El primer rector de la Universidad fue el doctor José de Baños y Sotomayor quien asumió el cargo desde octubre de 1686. El nombre de Universidad de San Carlos le fue dado en honor a San Carlos Borromeo, santo que dedicó su vida a realizar labores sociales. La Universidad fue elevada al nombre de Real y Pontificia Universidad de San Carlos, gracias a la Bula emitida por el papa Inocencio XI el 18 de julio de 1687. La primera reforma educativa fue impulsada por el Fraile Franciscano doctor José Antonio de Liendo y Goicochea, comenzando con estudios de Derecho Civil, Romano y de Gente, así como también a finales del siglo XVIII se impulsó el estudio de la matemática.

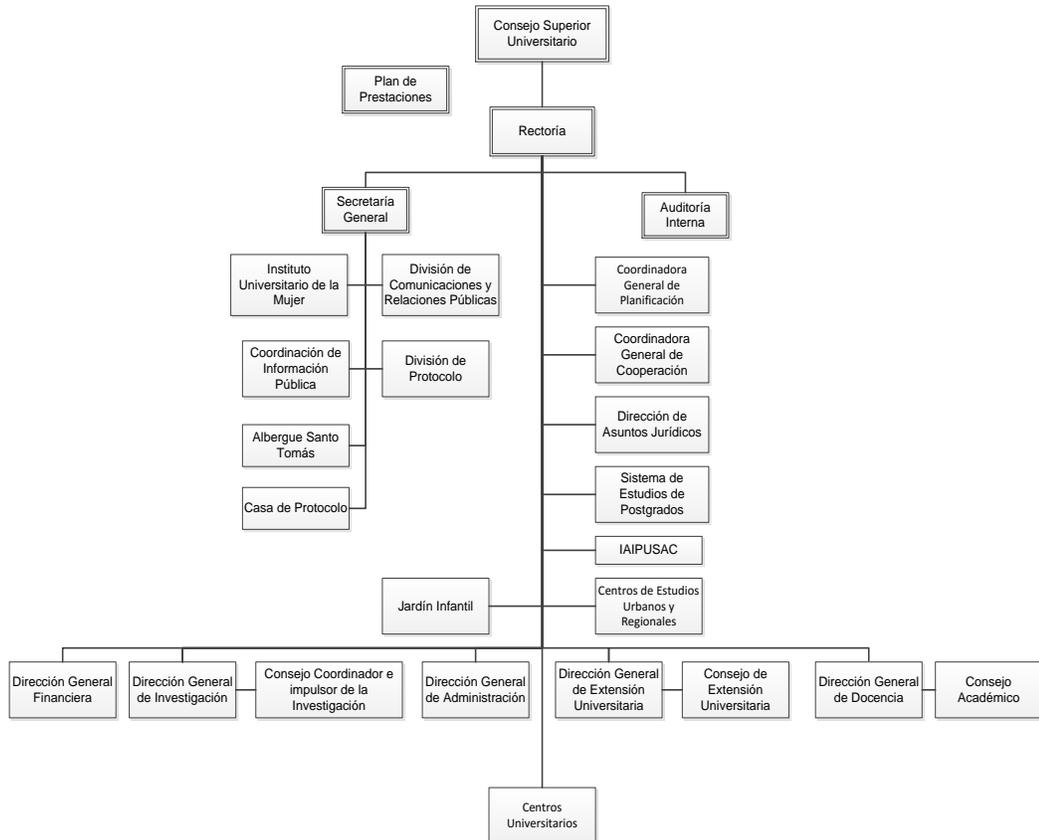
El 29 de junio de 1773 la ciudad de Santiago de Guatemala fue destruida y ahí se decidió el traslado de la Capital del Reino a donde se encuentra actualmente. El traslado de la Universidad de San Carlos a la nueva capital se

realizó en 1777, así entre desacuerdos de personas que estaban a favor y en contra del traslado de la Universidad, esta cumplió cien años de existencia. Años más tarde la Universidad de San Carlos fue una institución que incentivó intelectualmente la independencia de Centro América, la cual se dio el 15 de septiembre de 1821. En 1875 fue creado el CSU (Consejo Superior Universitario) el cual estaba compuesto por el rector, vicerrector y los decanos de cada Facultad de la Universidad, también en este año Justo Rufino Barrios, decretó una ley: “Ley Orgánica de la Instrucción Superior”. Con ella se eliminó la pontificia Universidad de San Carlos de Guatemala y se creó la Universidad de Guatemala, con facultades nuevas como Jurisprudencia, Ciencias Políticas y Sociales, Medicina y Farmacia, Ciencias Eclesiásticas.

Se formó una Junta Revolucionaria de Gobierno, el 9 de noviembre de 1944 esta Junta estableció la autonomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, y entró en vigencia a partir del 1 de diciembre de 1944. Las autoridades universitarias que iniciaron con el período autónomo fueron: Rector Carlos Federico Mora, Secretario, Licenciado Vicente Díaz Samayoa, y los decanos de las facultades, hecho que había suprimido el expresidente Jorge Ubico. Con esta autonomía la universidad volvió a tener el derecho de elegir libremente a sus autoridades, personal docente sin necesidad de la intervención del gobierno en esto.

- Organigrama de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Figura 1. Organigrama general parte I



Fuente: elaboración propia.

1.2. Facultad de Ingeniería

La Universidad de San Carlos graduaba teólogos y abogados; posteriormente, a médicos. En 1769 se crearon cursos de física y geometría, lo que marcó el inicio de la enseñanza de las ciencias exactas en Guatemala. En 1834, se creó la Academia de Ciencias, sucesora de la Universidad de San

Carlos de Guatemala y se implantó la enseñanza de álgebra, geometría, trigonometría y física, además, se otorgaron títulos de agrimensores.

La Academia de Ciencias funcionó hasta 1840, en el gobierno de Rafael Carrera volvió a transformarla en universidad. Después de una asamblea exigieron que para obtener el título de agrimensor era necesario tener el título de bachiller en filosofía, tener un año de práctica y aprobar el examen correspondiente. Tres años más tarde se creó la Escuela Politécnica, fue creada para formar ingenieros militares, topógrafos y de telégrafos, además de oficiales militares. En 1875 se establecieron decretos, los cuales fueron el punto de partida para considerar la creación formal de las carreras de ingeniería en la Escuela Politécnica; carreras después de un período de tiempo se incorporaron a la Universidad.

En 1879 se fundó la Escuela de Ingeniería en la Universidad de San Carlos de Guatemala, por decreto del Gobierno, pero en 1882, se tituló como Facultad dentro de la Universidad y se separó de la Escuela Politécnica. El primer decano de la Facultad fue el ingeniero Cayetano Batres del Castillo, pero su gestión duró dos años. Posteriormente el decano fue el ingeniero José E. Irungaray. Durante su administración se reformó el programa de estudios, y esto conllevó a la reducción del tiempo de estudio de la carrera de ingeniería de ocho a seis años.

Luego en 1894, la Facultad de Ingeniería pasó a formar parte nuevamente a la Escuela Politécnica. Esto por razones económicas de la Universidad, y se inició un período de inestabilidad, que pasó varias veces de la Politécnica a la Universidad y viceversa. En 1895 se reanudaron los estudios en el área de ingeniería en la Escuela Politécnica, se estudiaban las carreras de: ingeniero topógrafo, ingeniero civil e ingeniero militar.

De 1908 al 1918 la Facultad tuvo otro nombre, debido a que Manuel Estrada Cabrera reabrió la Universidad, a la Facultad de Ingeniería se le denominó Facultad de Matemáticas.

En 1920 la Facultad reinició sus labores en el edificio que ocupó durante muchos años, frente al parque Morazán, hasta 1930 únicamente se impartía la carrera de ingeniero topógrafo. En 1930 se comenzó a impartir nuevamente la carrera de ingeniería civil. Este hecho marcó el inicio de la modernización de la Facultad.

Luego 1935 con la ayuda de los alumnos y catedráticos se crearon reformas que aumentaron el nivel académico, es decir, conocimientos de física, termodinámica, química, mecánica y electricidad. Esto era fundamental en ese tiempo para fomentar el desarrollo del país a la industria moderna. Más adelante en 1944 fueron establecidos los recursos necesarios para el funcionamiento de la Facultad en la Constitución Política y a partir de ese año la Facultad de Ingeniería se independizó del gobierno y pasó a formar parte de la Universidad Autónoma de San Carlos.

En 1947, solo se contaba con la carrera de Ingeniería Civil, y como la población estudiantil estaba en aumento, las autoridades decidieron modificar el pénsum de estudios de seis años a doce semestres. Cuatro años más tarde se fundó la Escuela Técnica de la Facultad de Ingeniería, dicha escuela tenía como objetivo capacitar y ampliar los conocimientos de los trabajadores de la construcción. En 1953 en la Facultad de Ingeniería se creó la carrera de ingeniero arquitecto, este hecho fue el que marcó la fundación de la Facultad de Arquitectura. En 1959 se creó el Centro de Investigaciones de Ingeniería, para fomentar y coordinar la investigación científica con participación de varias instituciones públicas y privadas.

Para 1965 comenzó a funcionar el Centro de Cálculo Electrónico, equipado de computadoras y del equipo periférico para prestar servicio a catedráticos, investigadores y alumnos. Ellos dispusieron de instrumentos para el estudio y aplicación de los métodos modernos de procesamiento de la información. Esto constituyó un logro importante a escala nacional y regional.

La Escuela de Ingeniería Química, que desde 1939 funcionaba en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, en 1967 se integró a la Facultad de Ingeniería. En ese año también se creó la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial que tuvo a su cargo las carreras de ingeniería industrial, ingeniería mecánica y la combinada de ingeniería mecánica industrial. La Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica se creó en 1968, a cargo de esta Escuela quedaron las carreras de ingeniería eléctrica y la combinada de ingeniería mecánica eléctrica. En 1970 se creó la carrera de ingeniería en ciencias y sistemas con grado de licenciatura.

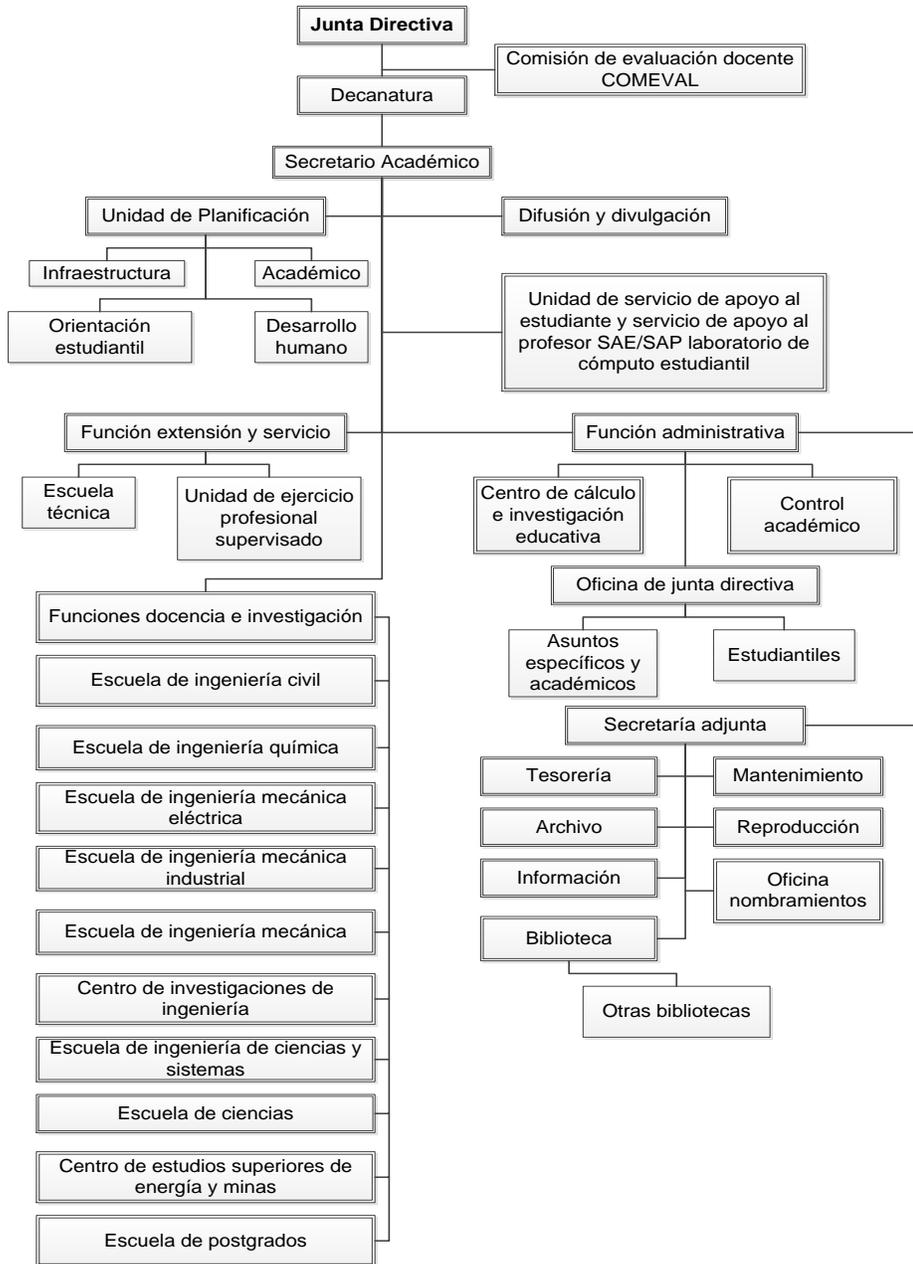
En 1974 se fundó la Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado para todas las carreras de la Facultad de Ingeniería. En 1975 se crearon los estudios de posgrado en ingeniería de recursos hidráulicos, con tres opciones: calidad del agua, hidrología e hidráulica. Las licenciaturas en matemática aplicada y física aplicada se crearon en el periodo de 1976 a 1980, cuando se creó la Escuela de Ciencias, que se encarga del área básica para las diferentes carreras de ingeniería.

Con el fin de mejorar la administración docente, en 1986, la carrera de Ingeniería Mecánica se separó de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial. Tres años más tarde se creó la carrera de Ingeniería Electrónica, la cual se encuentra a cargo de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

En 2014 la Facultad de Ingeniería cuenta con seis escuelas facultativas en las cuales tienen a su cargo doce carreras, una escuela de posgrados con carácter regional centroamericano. En el Centro de Investigaciones de Ingeniería se busca ampliar las proyecciones de la Facultad a diferentes actividades económicas y sociales de Guatemala, a través de la formación de profesionales prestigiosos. Sus conocimientos ayudarán a contribuir con el desarrollo científico, tecnológico, industrial, entre otros, de Guatemala.

- Organigrama de la Facultad de Ingeniería

Figura 2. Organigrama de la Fiusac



Fuente: Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Humanidades Departamento de Pedagogía. *Normativo disciplinario de estudiantes personal administrativo y Docentes de la facultad de Ingeniería USAC.* http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/07/07_2313.pdf.

Consulta: febrero de 2014.

1.3. Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Se creó en 1967 y tuvo a su cargo las carreras de Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica y la combinada de Ingeniería Mecánica Industrial. Desde ese año la Escuela se ha dedicado a fomentar conocimientos a los estudiantes en las áreas de diseño y localización de plantas industriales, planificación de producción, modernización de plantas industriales. Esto con el fin de preparar a los profesionales de la Ingeniería para los cambios frecuentes que se producen en la industria, específicamente, en el mercado laboral.

1.4. Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII)

La Facultad de Ingeniería es una de las 10 facultades que conforman la Universidad de San Carlos de Guatemala. Fundada en 1880 es la Facultad de Ingeniería más grande de Guatemala. Atiende a una población estudiantil de más de 12 000 estudiantes de pregrado siendo por ende una de las unidades académicas más pobladas de la Universidad.

1.4.1. Historia

El CII fue creado el Consejo Superior Universitario el 27 de julio de 1963 y está integrado por todos los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Cuando se decidió construir el CII, se tomó en cuenta la idea de unificación de los laboratorios de Materiales de Construcción de la Facultad de Ingeniería y de la Dirección General de Obras Públicas en 1959 y posteriormente se le adhirieron los laboratorios de Química y Microbiología Sanitaria de las entidades ya mencionadas. En 1965 se agregó al CII, el

Laboratorio de Análisis de Aguas de la Municipalidad de Guatemala. En 1967 se incorporaron los laboratorios del Departamento de Ingeniería Química, que pasó a formar parte de la Facultad de Ingeniería como Escuela de Ingeniería Química, y posteriormente los laboratorios de Mecánica e Ingeniería Eléctrica, al formarse las respectivas escuelas.

El CII presta sus servicios a entidades públicas y privadas, gubernamentales y no gubernamentales así como a personas individuales. Ellos buscan la solución a sus problemas técnicos específicos, en las áreas de la Construcción, Ingeniería Sanitaria, Metrología Industrial y Química Industrial.

1.4.2. Misión

Investigar alternativas de solución científica y tecnológica para la resolución de la problemática científico-tecnológica del país en las áreas de ingeniería. Las mismas están orientadas a dar respuesta a los problemas nacionales; realizar análisis y ensayos de caracterización y control de calidad de materiales, estructuras y productos terminados de diversa índole; desarrollar programas docentes orientados a la formación de profesionales, técnicos de laboratorio y operarios calificados; realizar inspecciones, evaluaciones, expertajes y prestar servicios de asesoría técnica y consultoría en áreas de la ingeniería; actualizar, procesar y divulgar información técnica y documental en las materias relacionadas con la ingeniería.

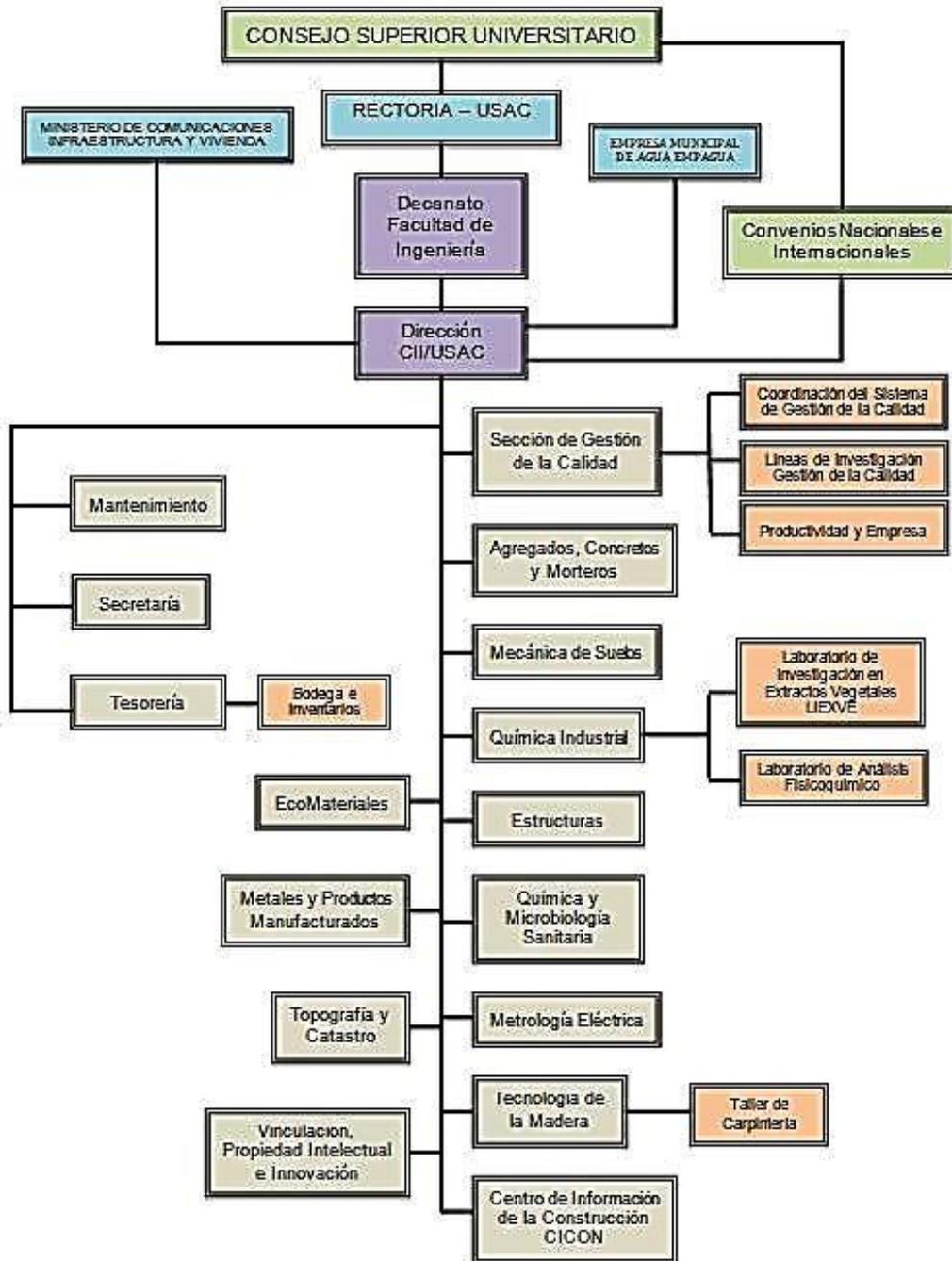
1.4.3. Visión

Desarrollar investigación científica como el instrumento para la resolución de problemas de diferentes campos de la ingeniería, orientada a la optimización de los recursos del país y a dar respuesta a los problemas nacionales; contribuir

al desarrollo de la prestación de servicios de ingeniería de alta calidad científico-tecnológica para todos los sectores de la sociedad guatemalteca; colaborar en la formación profesional de ingenieros y técnicos; propiciar la comunicación con otras entidades que realizan actividades afines, dentro y fuera de la República de Guatemala, dentro del marco definido por la Universidad de San Carlos de Guatemala. Mantener un liderazgo en todas las áreas de ingeniería a nivel nacional y regional centroamericano, en materia de investigación, análisis y ensayos de control de calidad, expertaje, asesoría técnica y consultoría, formación de recurso humano, procesamiento y divulgación de información técnica y documental, análisis, elaboración y aplicación de normas.

- Organigrama del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII)

Figura 3. Organigrama del CII



Fuente: Fiusac. Archivos generales del área de gestión de la calidad.
<https://www.ingenieria.usac.edu.gt/historia.php>. Consulta: febrero de 2014.

1.4.4. Área de Gestión de la Calidad

Enseña al estudiante los aspectos básicos de la administración de sistemas de Gestión total de la Calidad aplicada en los diferentes procesos productivos y administrativos, sean estos en entidades manufactureras o de servicio.

1.4.4.1. Funciones

Las funciones del área de la Gestión de la Calidad básicamente están a cargo del jefe de la Sección de la Calidad, puesto que desempeña funciones directivas y es responsable del grupo encargado del control. Integra funciones de las diversas secciones que forman el Sistema de Calidad encargado de dar satisfacción a las necesidades de los clientes, con el menor costo posible.

Para cumplir con el objetivo de satisfacer las necesidades de los clientes, el jefe de la Sección de la Calidad puede delegar algunas porciones tanto de responsabilidad como de autoridad, pero eso no le quita la responsabilidad directa y total de los resultados obtenidos. También es el encargado de la dirección ejercida sobre todos los elementos que componen el sistema de la calidad y actúa en los trabajos como director de ellos, con el fin de cumplir las funciones del área y de su cargo.

Para cumplir con las funciones de esta área se debe desarrollar el sistema de la calidad del laboratorio de materiales de construcción. En él se deben incluir la política de la calidad, los objetivos, organizaciones, procedimientos y evaluaciones, así como la documentación y su distribución para promover el sistema de calidad. Se deben formular programas, estándares y técnicas

necesarias para llevar a cabo los objetivos del sistema de la calidad y mediante una aprobación hacer que se cumplan esos programas.

Una función importante es que se debe instruir, aconsejar y revisar los trabajos con respecto a la calidad de las demás secciones del CII. Además se deben establecer funciones en los componentes de control y dotarlas de personal capacitado, delegando la autoridad y responsabilidades necesarias y asegurar su funcionamiento.

Se debe cuidar de la utilización de los recursos que el CII le asigne, para el logro de los objetivos de manera efectiva y económica. Otra función es dar facilidades y el equipo para la inspección, pruebas y estimación de la calidad de los ensayos del CII, así como la conservación del equipo.

Se debe conservar contacto con las secciones del laboratorio de materiales. Esto para asegurarse de que los ensayos estarán de acuerdo con las especificaciones impuestas por las normas y las necesidades de los clientes.

Todo lo anterior sirve para que al final se mantenga un contacto con los clientes conociendo de manera detallada las funciones que el laboratorio debe desempeñar a fin de satisfacer al consumidor. Estas son las razones por las cuales fue creada esta sección.

1.4.4.2. Proyectos

En la actualidad se encuentran desarrollando dentro de la dirección del área de Gestión de Calidad los siguientes proyectos:

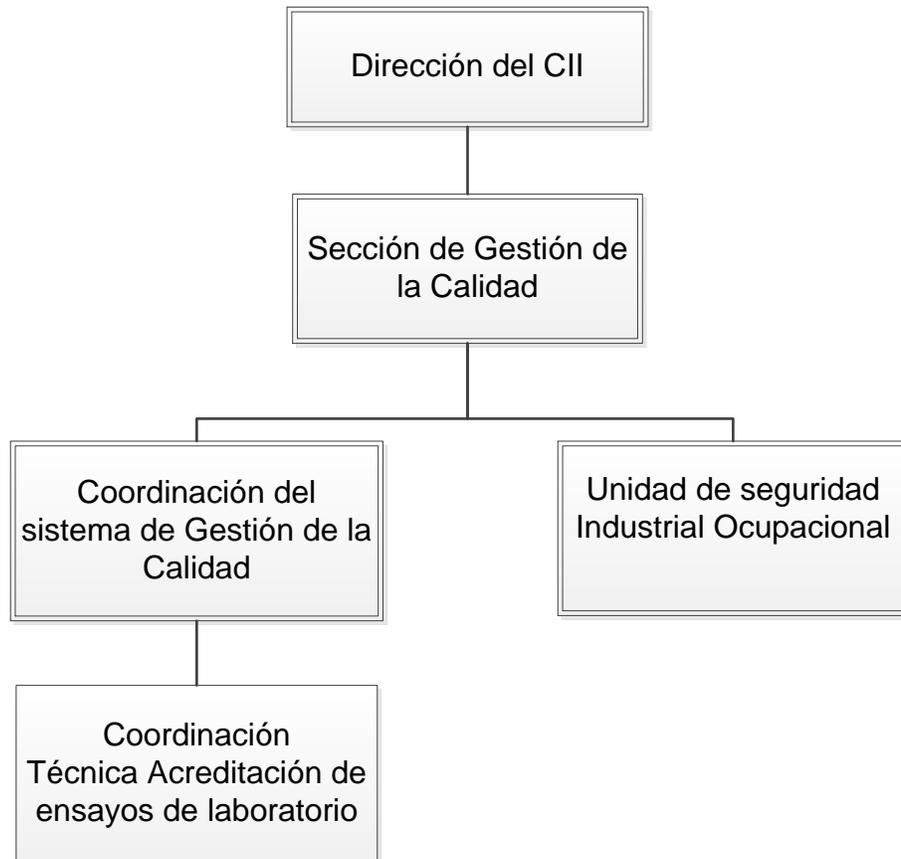
Con el fin de ayudar a reducir la contaminación ambiental, de crear un producto amigable con el ambiente, que sea más barato a los actuales y a la vez que sea innovador, se está desarrollando el proyecto de producción de tetra paneles, hechos a base de tetrabrik. El fin es sustituir los aglomerados de madera que se usan en la producción de muebles en la industria. Para esto, se comienza por reunir cajas hechas de tetrabrik, luego se lavan y secan y se preparan para la fabricación de los paneles. Después del proceso de fabricación se le realizan pruebas a los paneles, con el fin de obtener paneles que cumplan con las características más cercanas a las que poseen las maderas como pino, MDF, caoba, palo blanco, ciprés, entre otras. Estas son muy utilizadas para la fabricación de muebles.

Luego de las pruebas realizadas a los paneles, se fabrican sillas, y tableros para sostener hojas, y se tiene pensado fabricar una teja a base de tetrabrik. Esto para utilizarla en vez de las tejas de barro, las tejas deben cumplir con las especificaciones necesarias para que puedan ser utilizadas en la construcción.

1.4.4.3. Organización del área de Gestión de la Calidad

A continuación se muestra el organigrama actual de la sección de la calidad. Es elaborado con base en los puestos que se encuentran funcionando en la actualidad, ya que es un área nueva en el CII.

Figura 4. **Organigrama del área de Gestión de la Calidad del CII**



Fuente: elaboración propia.

2. TEORÍA DE COSTOS

2.1. Definición del análisis de costos

Un análisis es un estudio detallado que se hace para determinar las características o cualidades que posteriormente pueden ser utilizadas para realizar conclusiones.

Un costo es el valor monetario de los insumos utilizados para la producción de un bien o servicio. Conocer este valor es importante debido a que es un factor que está directamente ligado con el precio de venta al público del producto.

Un análisis de costos es el estudio detallado de los costos de producción o costos de operación, necesarios para mantener funcionando un proyecto, producto, equipo y una empresa. Cuando se dice análisis de costos se toma en cuenta cada factor que interviene en la producción de un bien o servicio. Esto para considerar todos esos factores, los costos totales de producción se dividen en dos ramas: fijos y variables.

Esto significa que el destino económico de una empresa está asociado con: el ingreso y el costo de producción de los bienes vendidos. El costo de producción tiene dos características opuestas, muchas veces los países en vías de desarrollo no las entienden; la primera es que para producir bienes se debe gastar, esto significa generar un costo. La segunda característica es que los costos deberían ser mantenidos tan bajos como sea posible y eliminar los costos innecesarios, esto no significa la eliminación de los costos indiscriminadamente.¹

¹ ZUGARRAMURDI, Aurora; PARÍN, María A. *Ingeniería económica aplicada a la industria pesquera*. p. 198.

El objetivo de realizar un análisis de costos es, conocer el estado financiero de una empresa, con el fin de buscar cumplir la segunda característica del costo de producción.

2.2. Criterios para identificar costos

Cuando se desea identificar el costo de una empresa es necesario establecer una base para realizarlo, es decir, categorías de estos. Algunos autores de libros de contabilidad sugieren que los costos se deben aceptar al nivel en que se encuentren en la empresa y que no se debe hacer nada para cambiarlos o tratar de reducirlos. Esto es un hecho que no puede ser aceptado para un ingeniero industrial, es por esto que se debe saber que todos los costos si se pueden controlar.

El único criterio que se debe tener presente es, que se debe analizar cómo varían los costos, si las actividades de la empresa sufren una modificación, incluyendo, la integración de un nuevo método de trabajo o mejora del método actual. Esto quiere decir que en una empresa se establecen los costos con base en la forma en que estos van cambiando en el tiempo, con modificaciones en las actividades de producción y con las ventas. Este criterio no aplica exclusivamente a las empresas productoras de algún producto, sino también a las empresas que ofrecen un servicio al público, un ejemplo es una institución bancaria.

Para entender mejor el hecho de cómo van variando las actividades de una empresa y la forma en que relacionan los costos ante esta situación, los costos se clasifican en: fijos, variables, medios, unitario.

2.3. Definición de costos de producción

La cantidad de un producto que una empresa está dispuesta a ofrecer en un mercado depende de tres condiciones fundamentales: de los costos, de la productividad de los recursos necesarios para producirlo y del precio que el producto obtiene en el mercado. Los costos se consideran desde el punto de vista de la empresa y se define costo económico de un producto o servicio como los pagos en dinero que una empresa debe hacer para mantener y conseguir los recursos necesarios para la producción de bienes y servicios, o los ingresos que debe proporcionar, a los proveedores de recursos, por el uso de los factores de producción. Las empresas toman las decisiones relacionadas con la producción y con las ventas en función del costo y precios del mercado, de los bienes y servicios producidos. Los costos de producción determinan entonces en gran medida la capacidad y disposición de las empresas para ofrecer sus productos al mercado, así como la decisión misma de abrir una empresa, expandirla o cerrarla. La afirmación de si se producirán artículos que puedan o no ser rentables depende en gran parte del comportamiento de los costos económicos y el volumen de producción dependerá de los recursos que utilice y de su costo, el cual se determina por la oferta y la demanda en el mercado de dichos recursos, encontrando empresas que a un mismo precio tienen la capacidad de ofrecer el doble de productos de la otra marcando diferencias significativas entre las empresas.²

En síntesis el costos de producción de una empresa son todos los gastos relacionados con la utilización de los recursos. Estos son materias primas, combustible, energía, mano de obra y en general cualquier gasto que esté relacionado directa e indirectamente con el proceso de producción de un producto. La expresión monetaria de estos gastos ayuda a conocer la rentabilidad de un proyecto y las utilidades de una empresa. Por este motivo es indispensable conocer los costos de producción de las empresas.

2.4. Factores que intervienen en un análisis de costos

Es un término que se refiere tanto a una disciplina formal a utilizarse para evaluar, o ayudar a evaluar, en el caso de un proyecto o propuesta, que en sí es un proceso conocido como evaluación de proyectos.

² Universidad Nacional de Colombia. *Economía General*. p. 136.

2.4.1. Costos fijos

Son conocidos también como costos indirectos, constantes, de periodo, entre otros nombres que se les atribuyen. Un costo de periodo es un costo que no varía su valor monetario cuando se modifican las actividades de la empresa, no importa el nivel de operación que tenga una empresa, esta empresa debe pagar esos costos produzca o no produzca.

Algunos autores dicen que los costos fijos son aquellos que su monto no cambia con la actividad de una empresa, pero que estos varían con el transcurrir del tiempo más que con la actividad. Esto quiere decir, que están presentes aún cuando no existe actividad de producción.

Cualquier costo sobre el que se esté de acuerdo que es fijo en realidad está fijo sólo para un nivel dado de actividades. Por encima de ese nivel, el costo aumenta; e idealmente, si se cae por debajo de ese nivel de actividades, se modificaría ese costo y se observaría que se reduce.³

Para algunas personas los costos fijos significan costos no controlables y se analiza con lo que se expresa en el libro de Lawrence. Por ejemplo, si una empresa tiene a su cargo 10 operarios para fabricar equis cantidad de productos en cierto intervalo de tiempo, la empresa tiene un costo fijo denominado mano de obra. Pero si al mes siguiente la empresa desea fabricar el doble de los productos, necesita pagar tiempo extra a sus empleados o contratar personal para cubrir ese pedido. En esta situación los costos de mano de obra aumentan para ese mes, pero eso no quiere decir que no sean controlables. Debido a que al terminar el producto, ese costo se puede reducir, porque ya no tendría necesidad la empresa de pagar ese tiempo extra, ni de contratar personal extra.

³ MATTHEWS, Lawrence. *Estimación de Costos de Producción*. p. 98.

Los costos fijos tienen algunas características para que se puedan identificar. A continuación algunas de ellas:

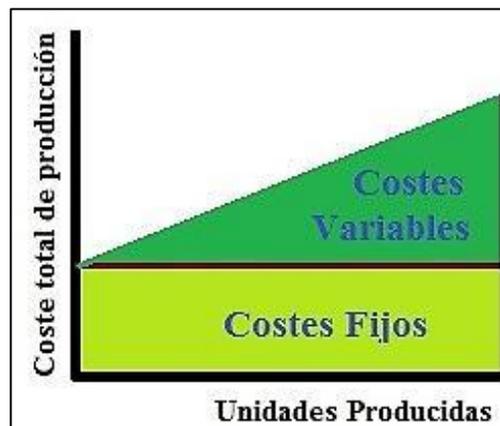
- Son controlables con respecto a la duración de la actividad de la empresa.
- Dependen directamente de la capacidad instalada de una empresa, lo que se busca aquí es que esos costos no se vean afectados por cambios en la empresa dentro de un determinado nivel de operaciones.
- Estos costos se relacionan con un nivel determinado de producción, es decir, existe un intervalo (hablando del valor monetario que representa cada costo) de la actividad dentro del cual se les considera fijos o variables.
- Dependen de las decisiones que se tomen en la administración, es decir, ella es la encargada de la regulación de estos costos.

2.4.2. Costos variables

Estos costos de producción están estrechamente relacionados con la actividad de una empresa. Son los que se dan cuando aumenta la actividad de una empresa. Estos costos aumentan si la actividad de una empresa disminuye, estos costos también disminuyen en otras palabras, son los costos que dependen del número de unidades producidas en la empresa. Un ejemplo de costo variable es el costo de materia prima, debido a que se necesita esa cantidad a utilizar y depende del número de unidades que se deseen fabricar. Estos costos más los costos fijos son los que ayudan a calcular los costos totales

de una empresa, debido a que eso es lo que representa la suma algebraica de estos.

Figura 5. **Gráfica de costos**



Fuente: LITVINOFF, Nicolás . *Enciclopedia Financiera*. p. 315.

Con la gráfica anterior se comprueba la teoría de costos variables, ya que se ve claramente cómo se incrementan los costos variables si se aumenta la producción. Mientras que los costos fijos siempre permanecen constantes.

2.4.3. **Costos medios**

Son los costos promedios de cada unidad producida. La ecuación mediante la cual se determinan es la siguiente:

$$CMe = CT \div Q$$

En donde:

CMe es el costo medio

CT es el costo total

Q es la cantidad de unidades producidas

“El costo medio depende de la tecnología utilizada en la producción del producto, de los precios de los insumos y los factores que intervienen en la producción”.⁴

2.4.4. Costo unitario

Los costos unitarios de un producto van cambiando variando el nivel de la producción de una empresa. Para ello previo a calcularlos es necesario conocer los costos totales de la producción de la empresa, puesto que su ecuación viene dada en función de los costos totales de la empresa.

$$CU = CT \div n$$

En donde:

n es el número de unidades producidas

CT es el costo total de la producción

Es importante realizar el cálculo del costo unitario de un producto, puesto que es una herramienta que utilizan las empresas para conocer cuánto les cuesta fabricar el producto. Así se establece el precio de venta sin olvidar que éste también viene dado por el papel que tiene la competencia en el mercado. Este costo le ayuda a la empresa para hacerse una idea de qué porcentaje desean obtener de utilidades del producto.

⁴ ORREGO VICUÑA, Francisco . *Zona económica*. p. 245.

2.5. Herramientas estadísticas para el análisis de costos

En la actualidad el cálculo de los costos de una empresa se realizan con ayuda de algunas herramientas y técnicas que facilitan de gran manera el cálculo y la interpretación de los resultados. Es por ello que aquí se explican las técnicas estadísticas más utilizadas. Dichas herramientas pertenecen al análisis de regresión y correlación, estas son:

- Ajuste de rectas con mínimos cuadrados: esta se usa cuando los costos son muy dispersos y se desea conocer la relación que existe entre las variables (costos de operación, actividad en horas). Para conocer esta relación se ajusta matemáticamente con traza una recta, para la cual la suma de los cuadrados de las desviaciones de los puntos con respecto a la recta es mínima. Todo esto se realiza para obtener una recta y la ecuación de la recta es:

$$y = a + bx$$

En donde:

Y es el costo a un nivel dado de actividades

A es un incremento fijo

B es pendiente de la recta

X es cualquier nivel dado de actividades

La siguiente herramienta es el coeficiente de correlación: “esta se utiliza porque es evidente que debe existir una correlación entre la actividad y el costo de suministro de operación”.⁵ Como es necesario cuantificar esta relación se

⁵ SULLIVAN, William G.; WICKS, Elin M.; LUXHOJ, James T. *Estimación de costos de producción*. p. 112.

utiliza el coeficiente de relación, ya que puede servir para predecir los costos de producción y la correlación nos va a dar la confiabilidad de esa predicción. Si la correlación es perfecta el coeficiente de correlación es 1 y los puntos caen sobre la recta trazada y no hay necesidad de ajustar la recta con la técnica anterior. A continuación se muestra una tabla de cómo interpretar el coeficiente de correlación:

Tabla I. **Valores del coeficiente de correlación**

1,00-0,80	Elevado grado de correlación
0,80-0,60	Marcado grado de correlación
0,60-0,40	Grado moderado de correlación
0,40-0,20	Grado bajo de correlación
0,20-0,00	Ninguna Correlación

Fuente: elaboración propia.

3. ANÁLISIS DE COSTOS

3.1. Descripción del trabajo a realizar

En este capítulo se realizará un análisis de costos de producción o de operación de los paneles de tetrabrik y productos que se fabrican con los mismos. Considerando todos los factores que intervienen en la producción de estos dos productos, se analizan desde dos ramas diferentes: costos fijos y variables.

Se analizarán los costos en que se incurren si los productos se utilizan para realizar beneficios sociales, en nombre de la Universidad de San Carlos de Guatemala. También de los costos en los que se incurren si el producto se comienza a comercializar para tener en el mercado un producto sustituto de la madera. A la vez un producto amigable con el medio ambiente, para ayudar a proteger los recursos del planeta y garantizar la existencia de recursos para el futuro.

3.2. Descripción del proceso de elaboración

En el área de Gestión de la Calidad del CII se decidió establecer un proceso para la elaboración de aglomerados de plástico y tetrabrik. El fin es reciclar y promover la reutilización de materiales que tardan mucho tiempo en degradarse y que contaminan en gran parte la atmósfera. Para ello se fabrican sillas y tableros amigables con el medio ambiente.

Para la fabricación de estos productos se describen a continuación. Así como las diversas operaciones que conforman el proceso de producción:

- Como primer punto se debe preparar el horno. Esto se hace para optimizar la utilización del tiempo en el proceso de fabricación de los paneles, ya que el horno tarda varios minutos en alcanzar la temperatura deseada. En la preparación del horno se debe incluir el registro en la ficha que corresponde al panel a fabricar, la hora en la que se enciende y la temperatura inicial observada en el indicador.
- El segundo paso que se debe realizar es: preparar el molde. Se debe limpiar el molde de los residuos correspondientes a paneles realizados con anterioridad o de cualquier impureza que se encuentre dentro del molde que pueda afectar de forma negativa las propiedades físicas en la fabricación del panel. Luego de que se ha limpiado el molde, con la ayuda de una brocha, se aplica uniformemente una capa de aceite mineral sobre toda la superficie interna del molde, esto se realiza para ayudar a que no se adhiera el panel al molde. Posteriormente se le debe aplicar talco industrial y distribuirlo uniformemente sobre sobre la capa de aceite mineral.
- Luego se deben colocar pliegos de tetrabrik como base. Estos deben cubrir toda la superficie interna del molde, teniendo en cuenta que los pliegos deben cumplir con un traslape de aproximadamente dos centímetros, en el centro del molde.
- Cuando ya se ha preparado el molde, se debe preparar la primera capa de materia prima a utilizar. Se mide una porción de tetrabrik triturado según la mezcla de dureza y área superficial del panel que se desea fabricar; por estandarización se emplean 450 g.

- Luego de que se ha medido el tetrabrik a utilizar, se debe llenar el molde distribuyendo el material de una manera uniforme en la superficie interna del mismo.
- Posteriormente se debe pesar y aplicar la porción del aditivo (16 g de *duroport*) para distribuirlo uniformemente sobre el tetrabrik vertido sobre el molde.
- Ahora se debe comprimir el material. Para esto se debe cerrar el molde ubicando la tapa sobre el material, se traslada el molde a la prensa hidráulica y se aplica una presión de 10 toneladas durante 1 minuto. Inmediatamente se debe liberar la presión, retirar el molde y regresarlo a la mesa de trabajo.
- Luego de haber comprimido la primera capa de materia prima, se debe pesar la segunda capa de materia prima. La cantidad a utilizar varía, según la mezcla de dureza y área superficial del panel que se desea fabricar; por estandarización se emplean 350 g.
- Se debe llenar de la segunda capa de materia prima el molde, distribuyendo el material uniformemente sobre toda la superficie interna.
- Se debe preparar la tapadera del molde aplicando aceite mineral sobre la superficie interna de la tapadera del molde. Seguidamente se debe aplicar talco industrial sobre la superficie de la tapadera distribuyendo uniformemente sobre la capa de aceite mineral.
- Ahora se deben colocar en la tapa pliegos de tetrabrik con la sección de aluminio hacia arriba, sobre la segunda capa triturado.

- Se debe realizar una compresión final de la materia prima sobre el molde. Para esto se debe trasladar el molde tapado hacia la prensa hidráulica y aplicar 10 toneladas de presión durante 1 minuto. Inmediatamente se debe liberar la presión, retirar el molde y regresarlo a la mesa de trabajo.
- Cuando ya se ha realizado la segunda compresión se debe verificar que la temperatura del horno se encuentre dentro del rango de 220 a 225 °C; de no encontrarse dentro de ese rango se debe esperar mientras se calienta el horno.
- Después de que el horno alcanza el intervalo de temperatura deseado, se debe introducir el molde al horno y esperar durante 30 minutos mientras se hornea el panel.
- Cuando el panel alcanza el tiempo necesario en el horno, se debe sacar el molde y trasladarlo hacia la prensa hidráulica para enfriar el panel a presión. Se debe aplicar una presión de 10 toneladas durante 20 minutos, al terminar el intervalo de tiempo se debe liberar la presión y trasladar el molde a la mesa de trabajo.
- La siguiente operación que se debe realizar es: retirar el panel del molde, cuando se ha realizado esa operación se debe verificar que el panel fabricado cumpla con los estándares esperados. Si cumple con los estándares se debe trasladar hacia la sierra para dimensionarlo y cortarlo.

Estos paneles son utilizados para fabricar dos productos diversos: tableros y sillas fabricados con dichos aglomerados. Se fabrican de los paneles, porque

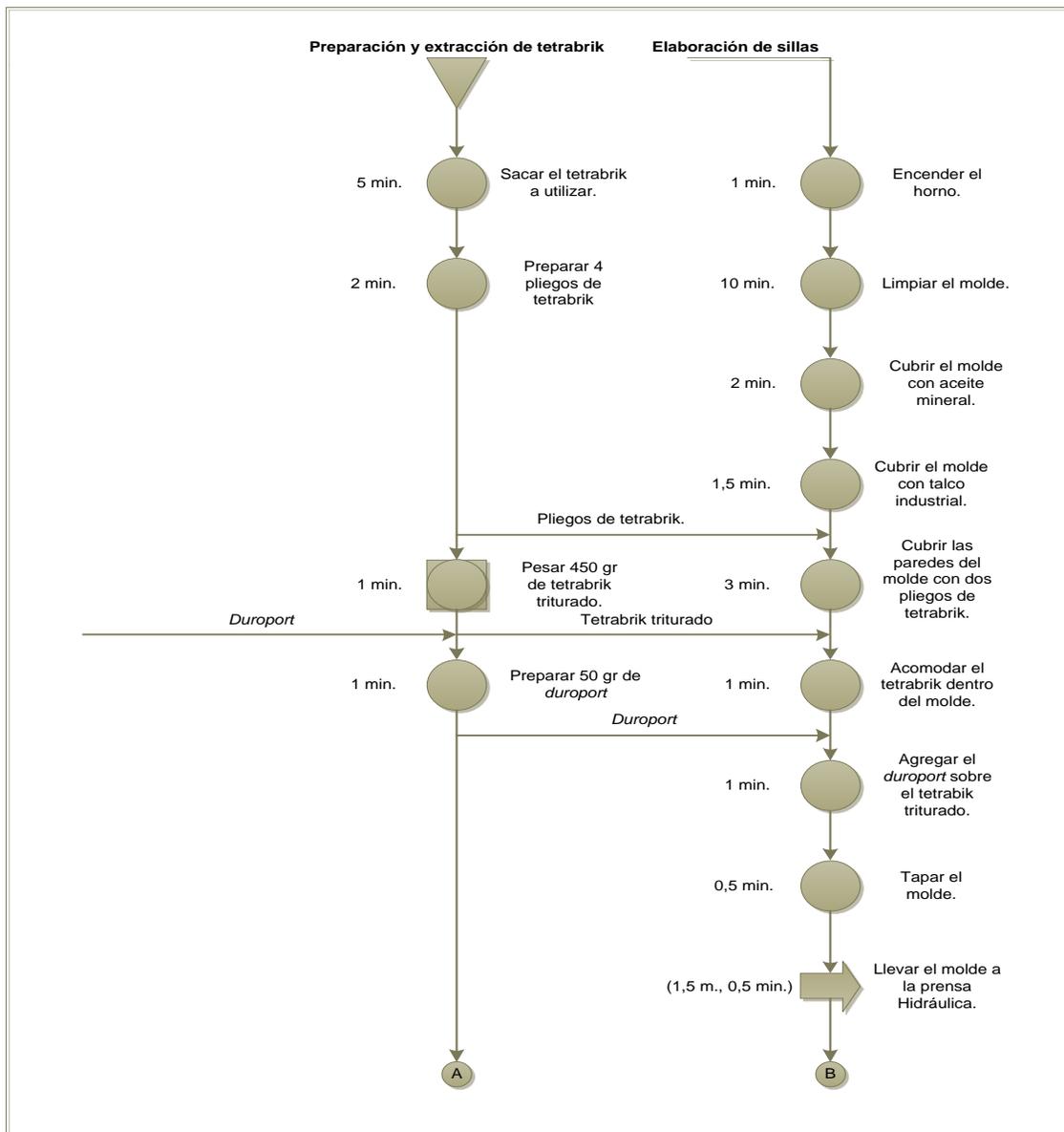
según estudios realizados previamente, se descubrió que cumplen con propiedades físicas parecidas a las de la madera. Estos son productos de alta calidad y a la vez optimizan el manejo sostenible y rentable del medio ambiente. Por esta razón que en este capítulo se realizará un análisis de los costos en los que se incurren para la fabricación de estos dos productos.

3.2.1. Diagramas de flujo

A continuación se muestran dos diagramas de flujo. Los cuales muestran el proceso de fabricación de las sillas y tableros de paneles de tetrabrik en el área de Gestión de la Calidad del CII.

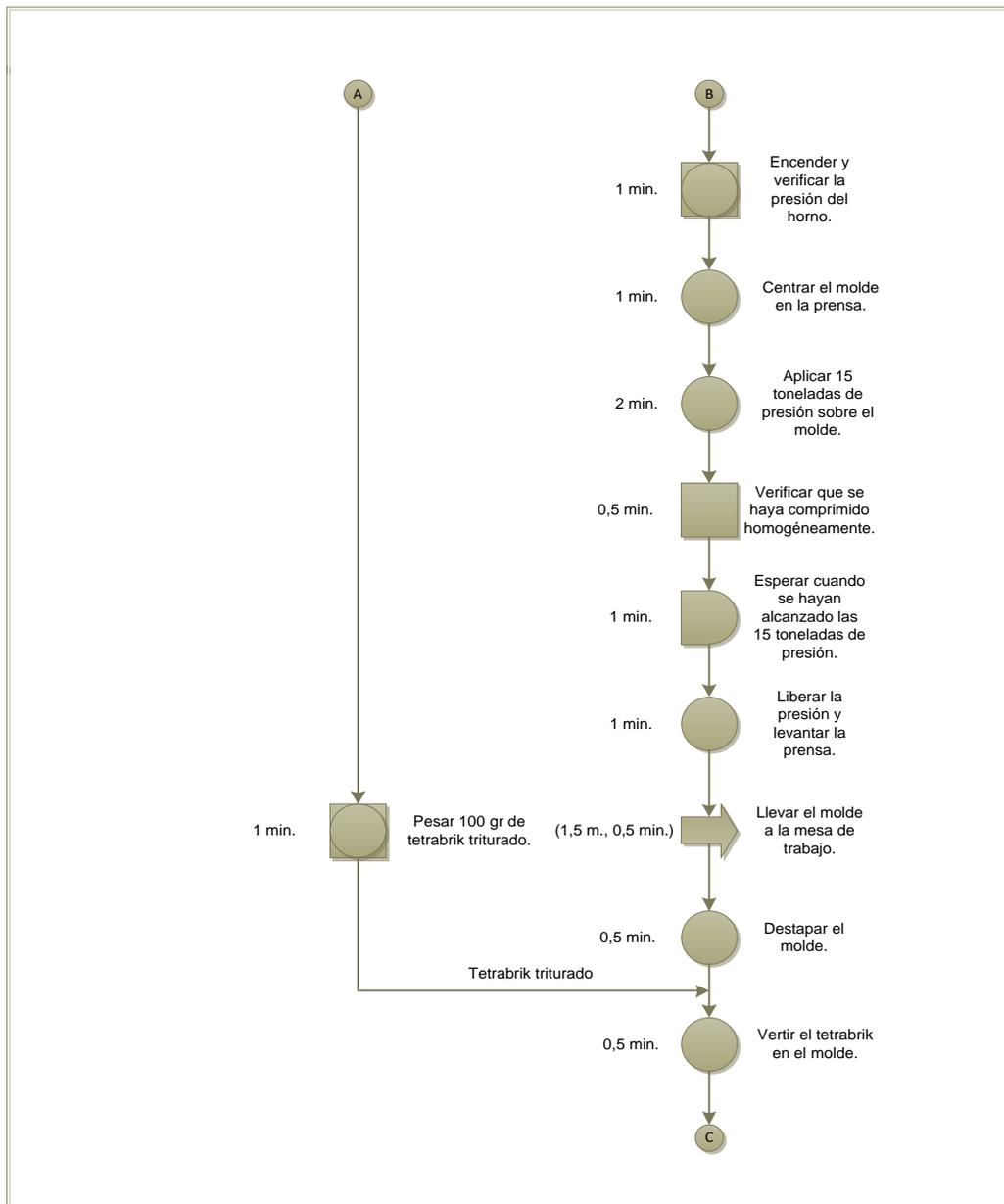
Figura 6. Diagrama de flujo de producción de sillas

	EMPRESA: Centro de Investigaciones de Ingeniería.	MÉTODO: Actual.
	ÁREA: Gestión de la Calidad.	FECHA: enero del 2015.
	PROCESO: Producción de sillas.	HOJA: 1/6
	ELABORADO POR: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Diagrama de flujo de producción de sillas.



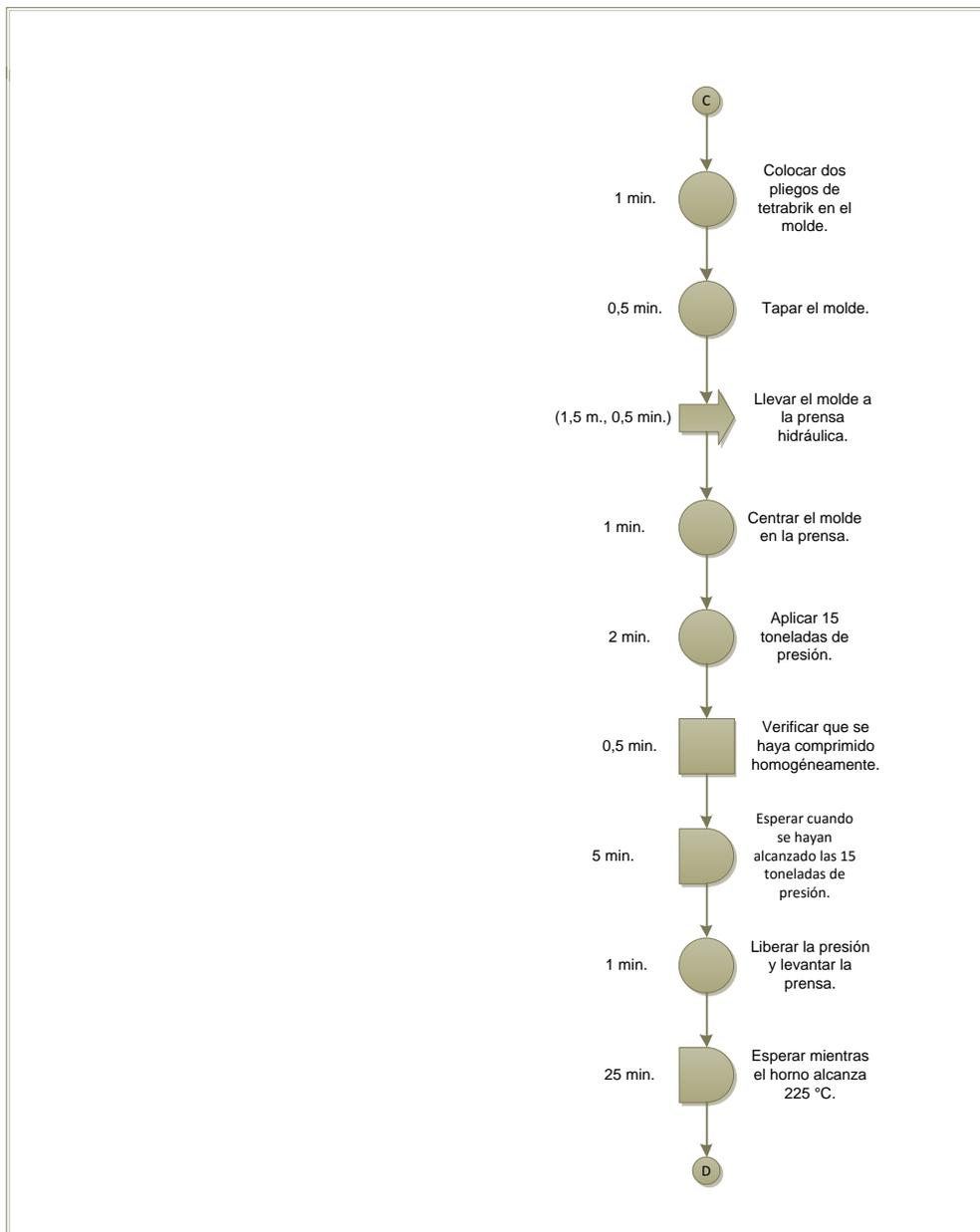
Continuación de la figura 6.

	EMPRESA: Centro de Investigaciones de Ingeniería.	MÉTODO: Actual.
	ÁREA: Gestión de la Calidad.	FECHA: Enero del 2015.
	PROCESO: Producción de sillas.	HOJA: 2/6
	ELABORADO POR: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Diagrama de flujo de producción de sillas.



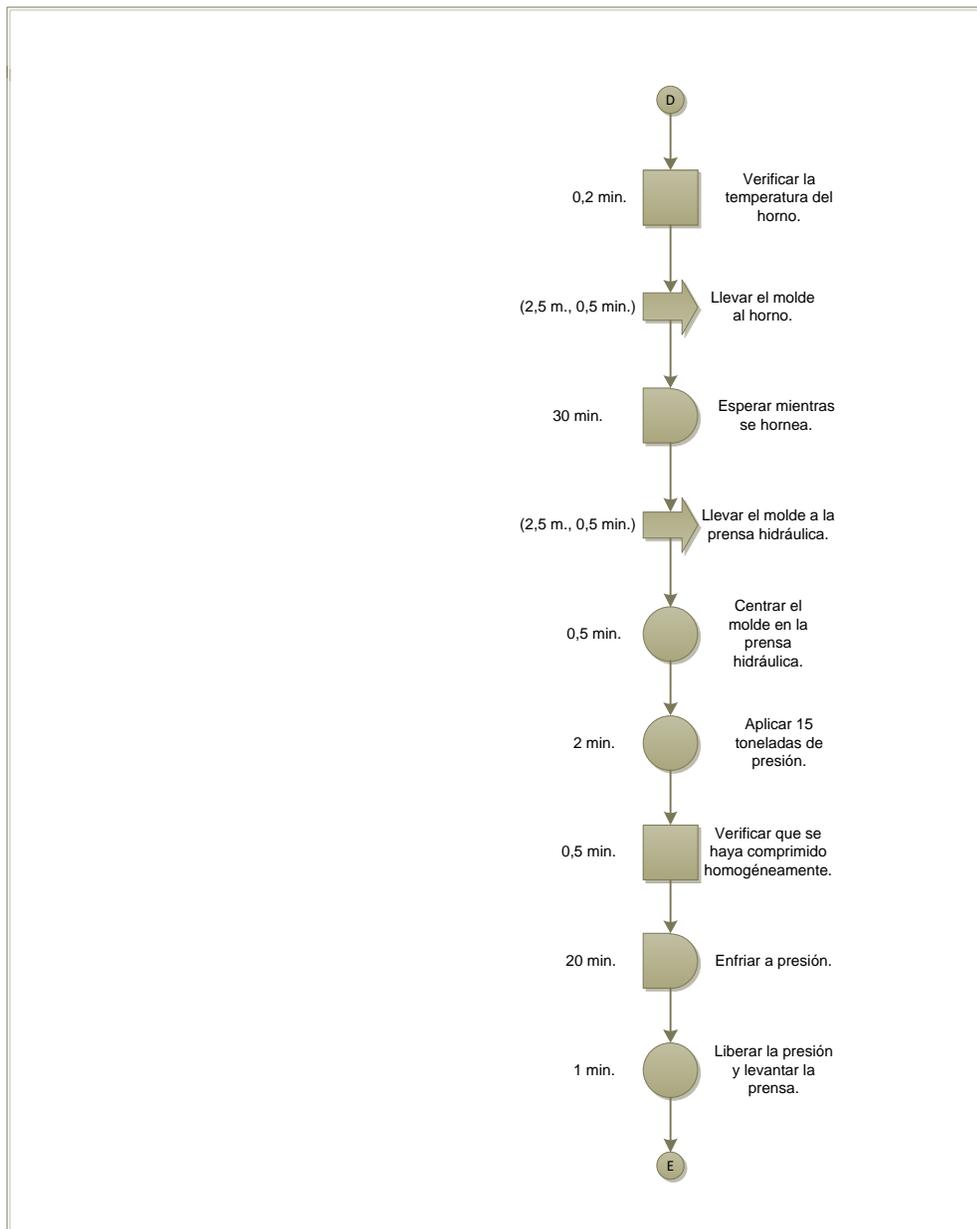
Continuación de la figura 6.

	EMPRESA: Centro de Investigaciones de Ingeniería.	MÉTODO: Actual.
	ÁREA: Gestión de la Calidad.	FECHA: Enero del 2015.
	PROCESO: Producción de sillas.	HOJA: 3/6
	ELABORADO POR: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Diagrama de flujo de producción de sillas.



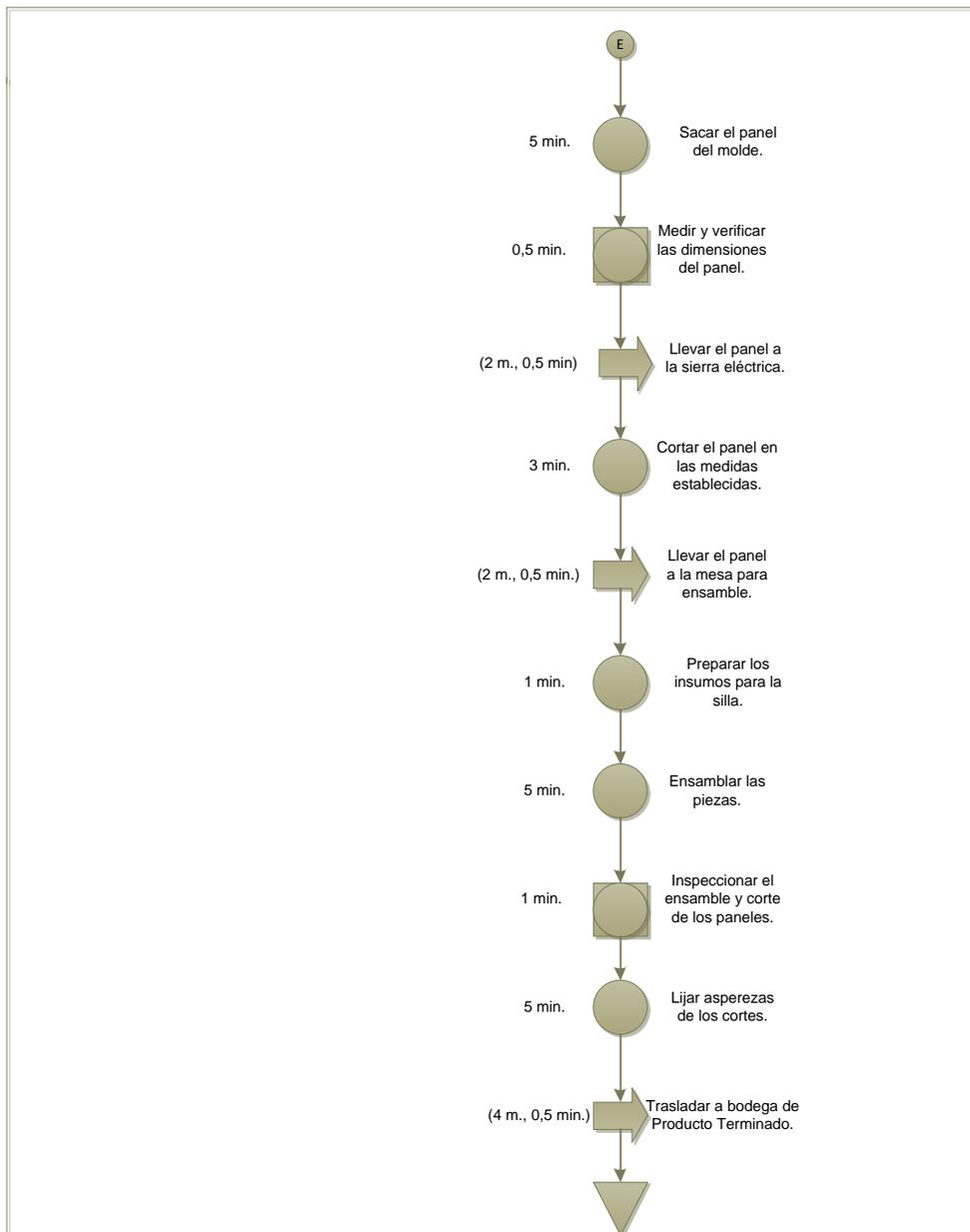
Continuación de la figura 6.

	EMPRESA: Centro de Investigaciones de Ingeniería.	MÉTODO: Actual.
	ÁREA: Gestión de la Calidad.	FECHA: Enero del 2015.
	PROCESO: Producción de sillas.	HOJA: 4/6
	ELABORADO POR: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Diagrama de flujo de producción de sillas.



Continuación de la figura 6.

	EMPRESA: Centro de Investigaciones de Ingeniería.	MÉTODO: Actual.
	ÁREA: Gestión de la Calidad.	FECHA: Enero del 2015.
	PROCESO: Producción de sillas.	HOJA: 5/6
	ELABORADO POR: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Diagrama de flujo de producción de sillas.



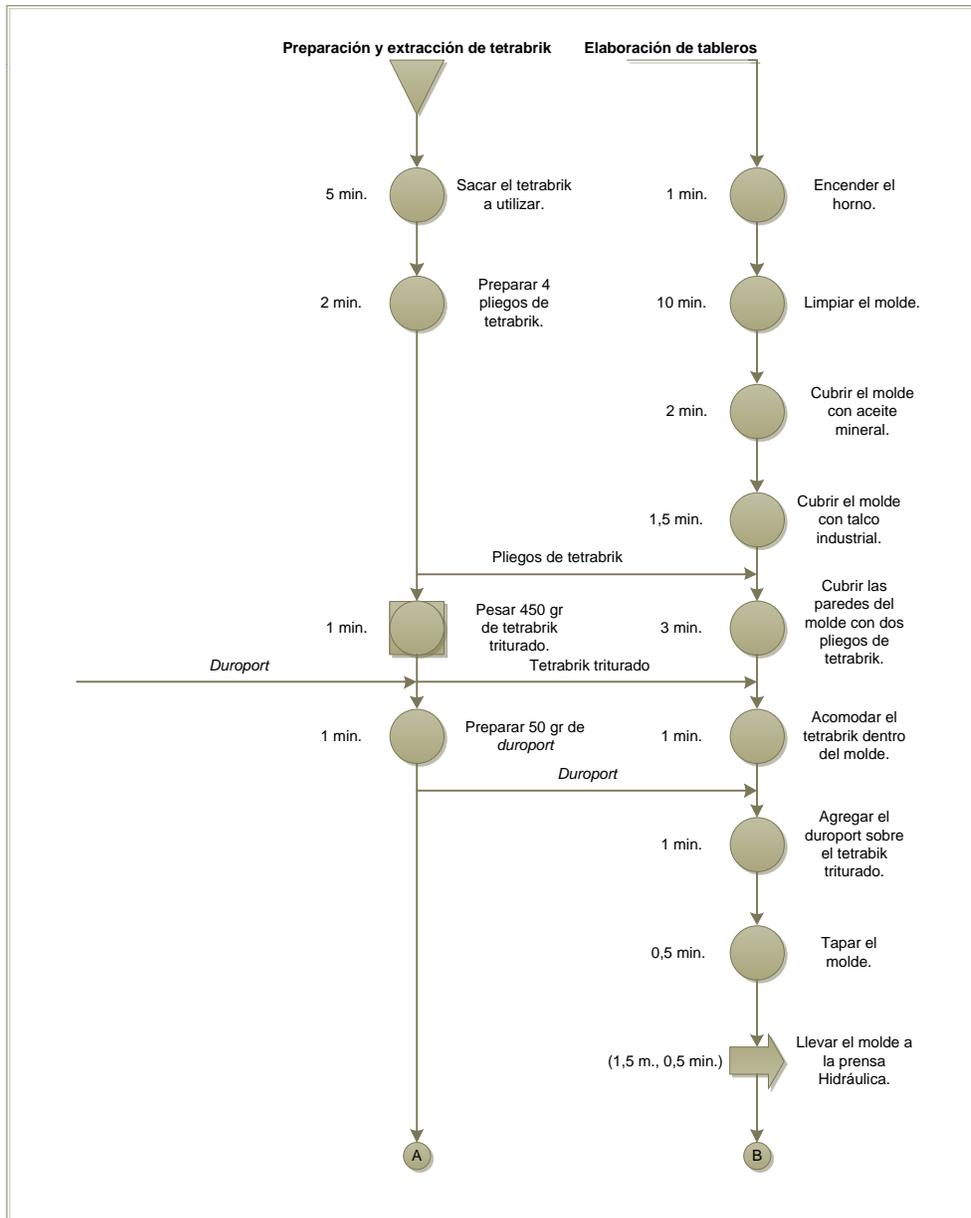
Continuación de la figura 6.

	EMPRESA: Centro de Investigaciones de Ingeniería.	MÉTODO: Actual.
	ÁREA: Gestión de la Calidad.	FECHA: Enero del 2015.
	PROCESO: Producción de sillas.	HOJA: 6/6
	ELABORADO POR: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Diagrama de flujo de producción de sillas.

CUADRO DE RESUMEN				
Actividad	Simbolo	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (m)
Operación		29	61	
Inspección		4	1,7	
Transporte		8	4	15
Demora		5	81	
Actividad Combinada		5	4,5	
Total		51	152,2	15

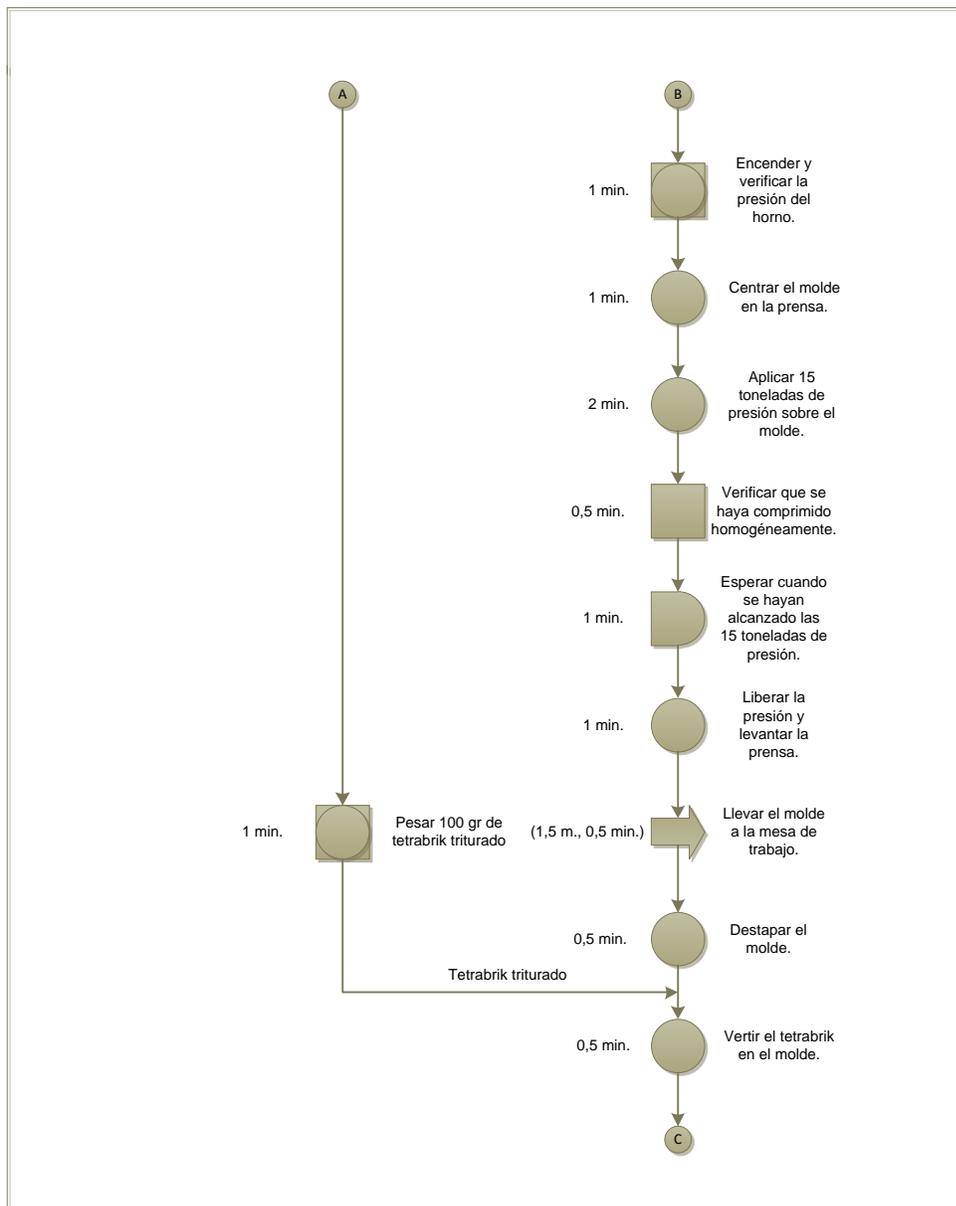
Figura 7. Diagrama de flujo de producción de tableros

	EMPRESA: Centro de Investigaciones de Ingeniería.	MÉTODO: Actual.
	ÁREA: Gestión de la Calidad.	FECHA: Enero del 2015.
	PROCESO: Producción de tableros.	HOJA: 1/6
	ELABORADO POR: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Diagrama de flujo de producción de sillas.



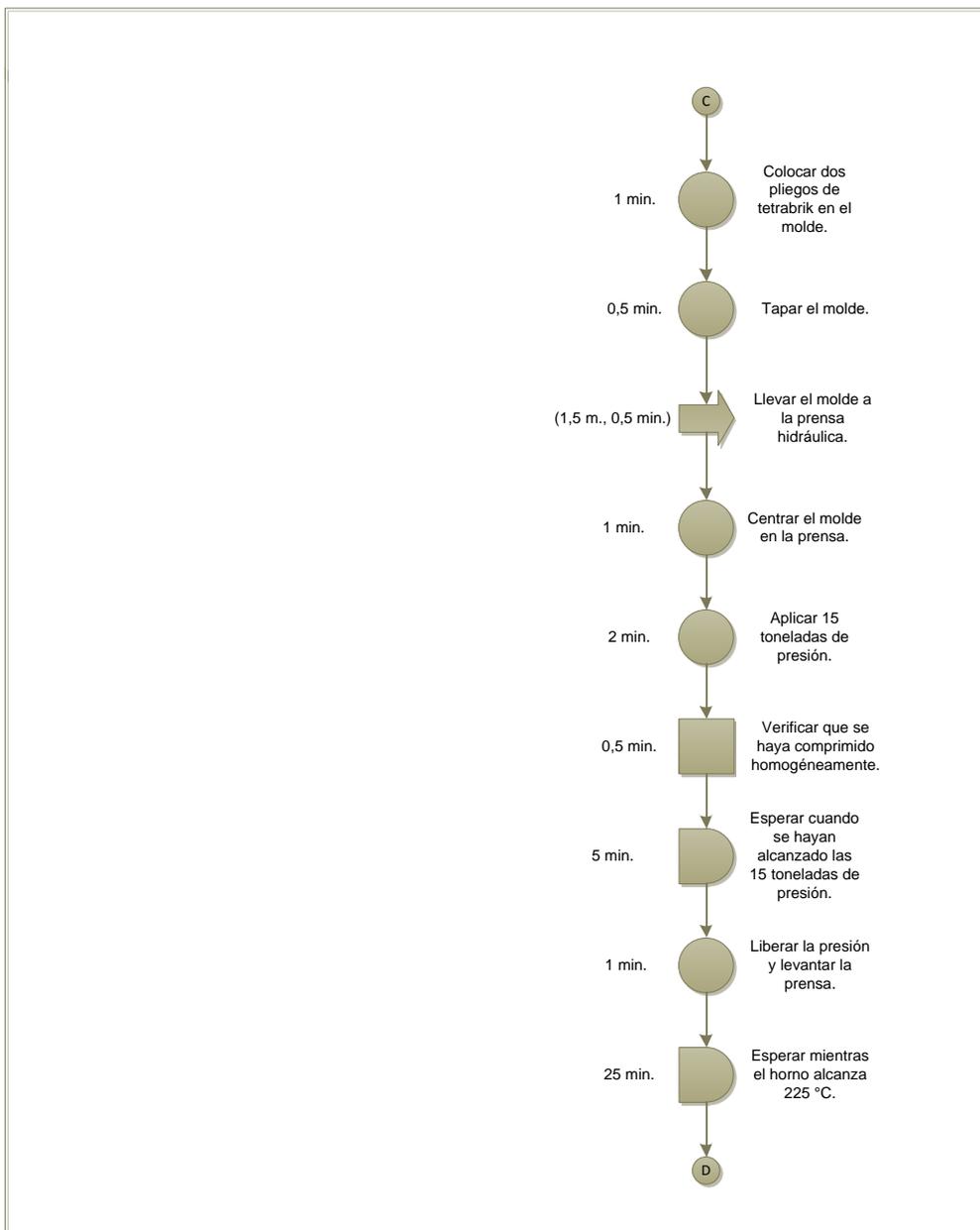
Continuación de la figura 7.

	EMPRESA: Centro de Investigaciones de Ingeniería.	MÉTODO: Actual.
	ÁREA: Gestión de la Calidad.	FECHA: Enero del 2015.
	PROCESO: Producción de tableros.	HOJA: 2/6
	ELABORADO POR: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Diagrama de flujo de producción de tableros.



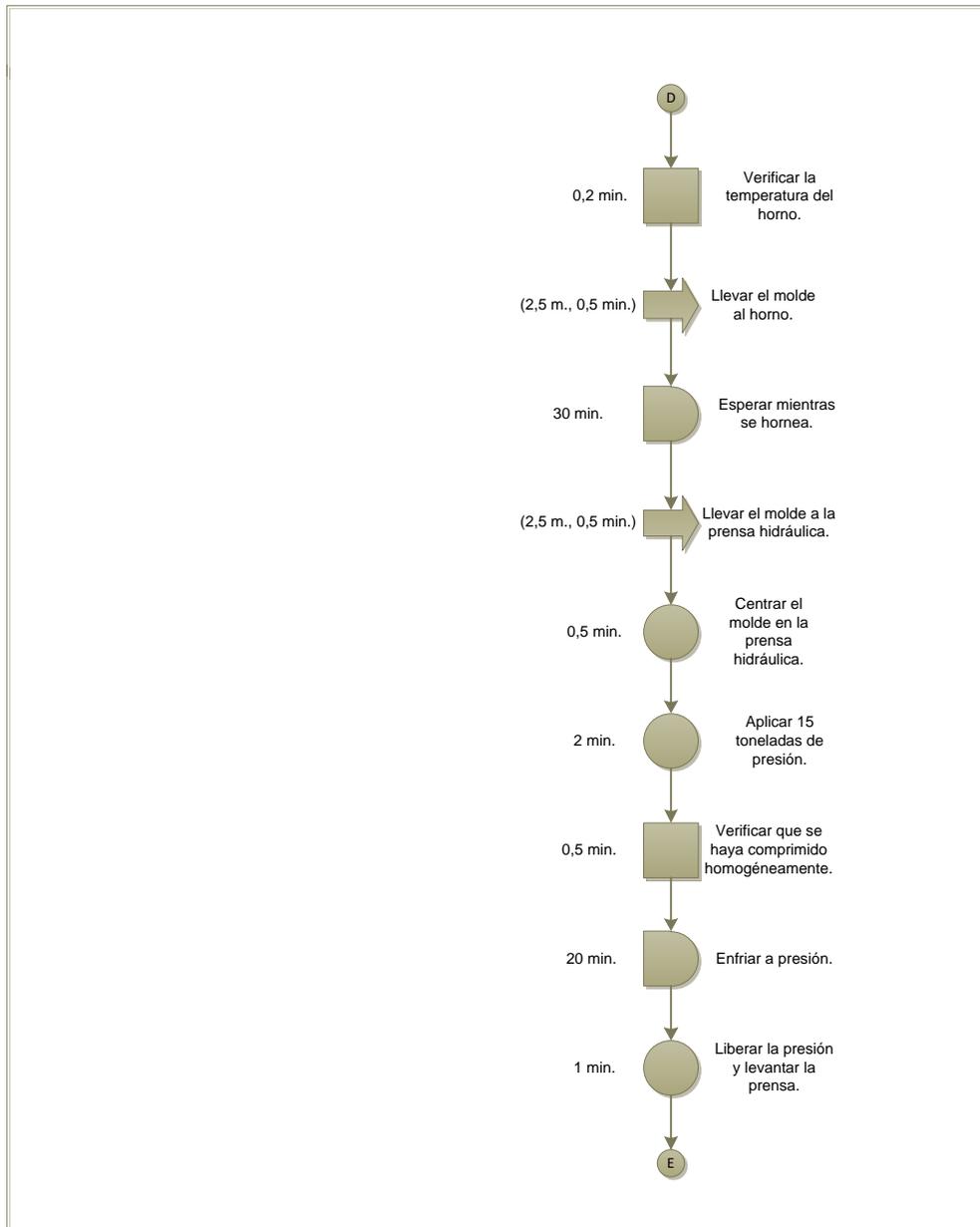
Continuación de la figura 7.

	EMPRESA: Centro de Investigaciones de Ingeniería.	MÉTODO: Actual.
	ÁREA: Gestión de la Calidad.	FECHA: Enero del 2015.
	PROCESO: Producción de tableros.	HOJA: 3/6
	ELABORADO POR: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Diagrama de flujo de producción de tableros.



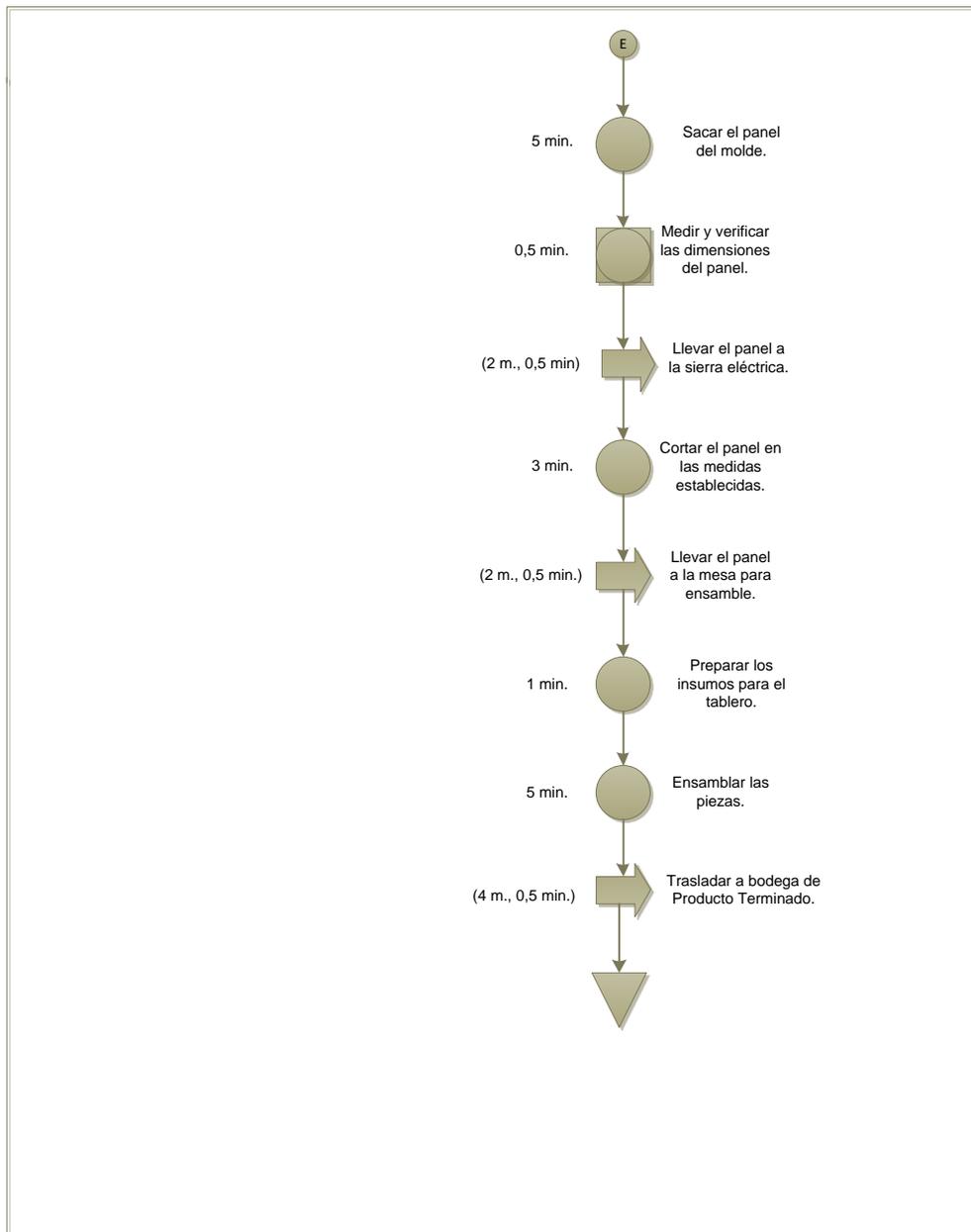
Continuación de la figura 7.

	EMPRESA: Centro de Investigaciones de Ingeniería.	MÉTODO: Actual.
	ÁREA: Gestión de la Calidad.	FECHA: Enero del 2015.
	PROCESO: Producción de tableros.	HOJA: 4/6
	ELABORADO POR: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Diagrama de flujo de producción de tableros.



Continuación de la figura 7.

	EMPRESA: Centro de Investigaciones de Ingeniería.	MÉTODO: Actual.
	ÁREA: Gestión de la Calidad.	FECHA: Enero del 2015.
	PROCESO: Producción de tableros.	HOJA: 5/6
	ELABORADO POR: Jaime Francisco del Cid Chávez.	DIAGRAMA DE FLUJO DE PRODUCCIÓN DE TABLEROS.



Continuación de la figura 7.

	EMPRESA: Centro de Investigaciones de Ingeniería.	MÉTODO: Actual.
	ÁREA: Gestión de la Calidad.	FECHA: Enero del 2015.
	PROCESO: Producción de tableros.	HOJA: 6/6
	ELABORADO POR: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Diagrama de flujo de producción de tableros.

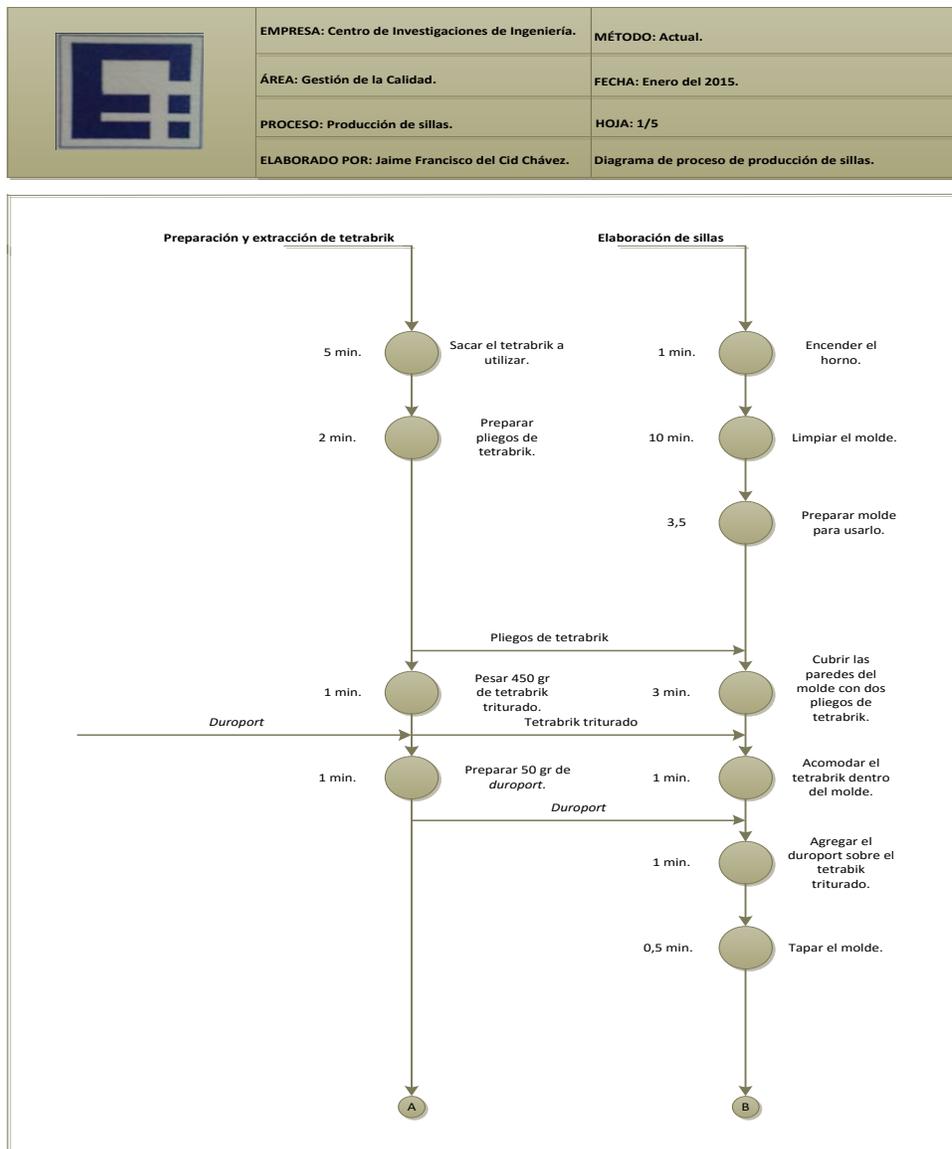
CUADRO DE RESUMEN				
Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (m)
Operación		28	56	
Inspección		4	1,7	
Transporte		8	4	15
Demora		5	81	
Actividad Combinada		4	3,5	
Total		49	146,2	15

Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

3.2.2. Diagramas de proceso

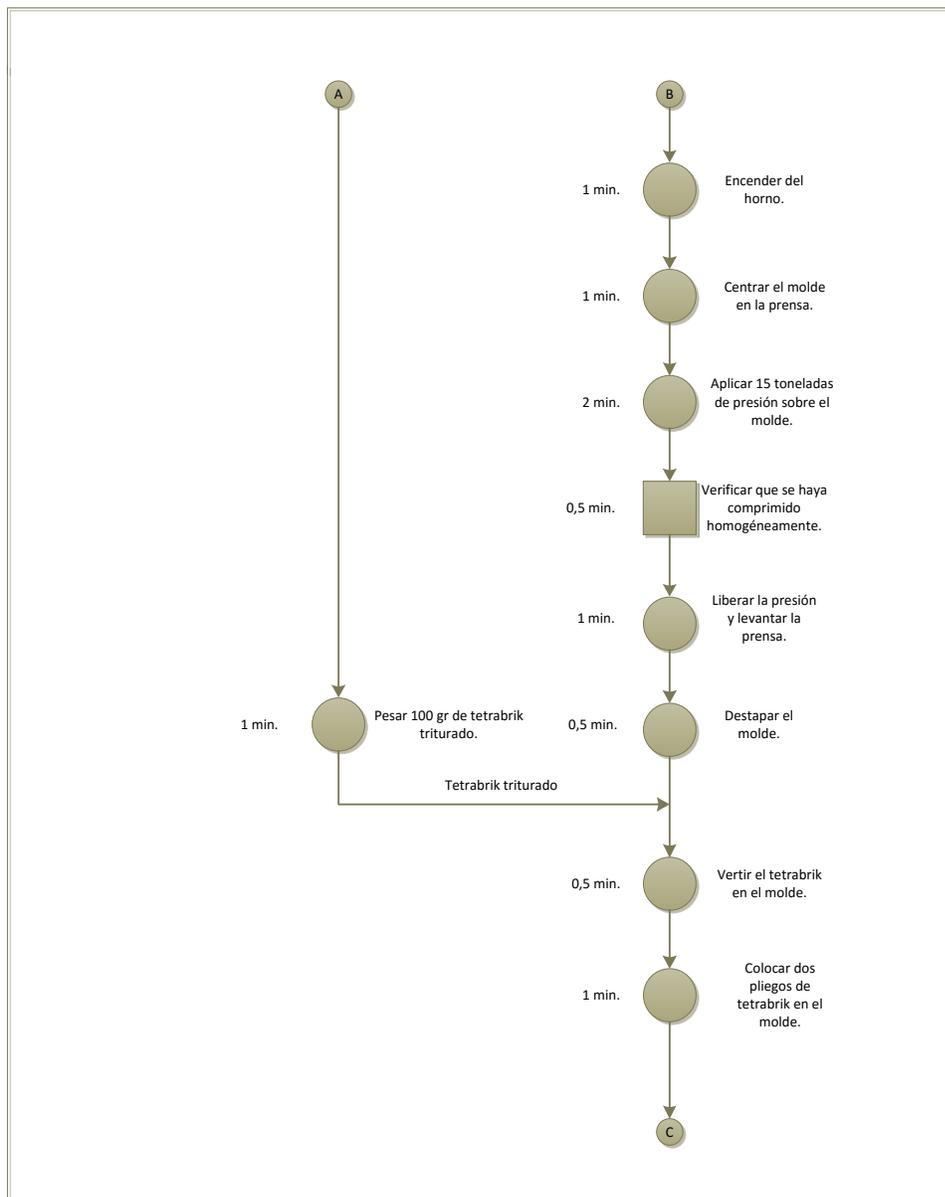
A continuación se muestran dos diagramas de proceso. Estos muestran el proceso de fabricación de las sillas y tableros de paneles de tetrabrik en el área de Gestión de la Calidad del CII.

Figura 8. Diagrama de proceso de producción de sillas



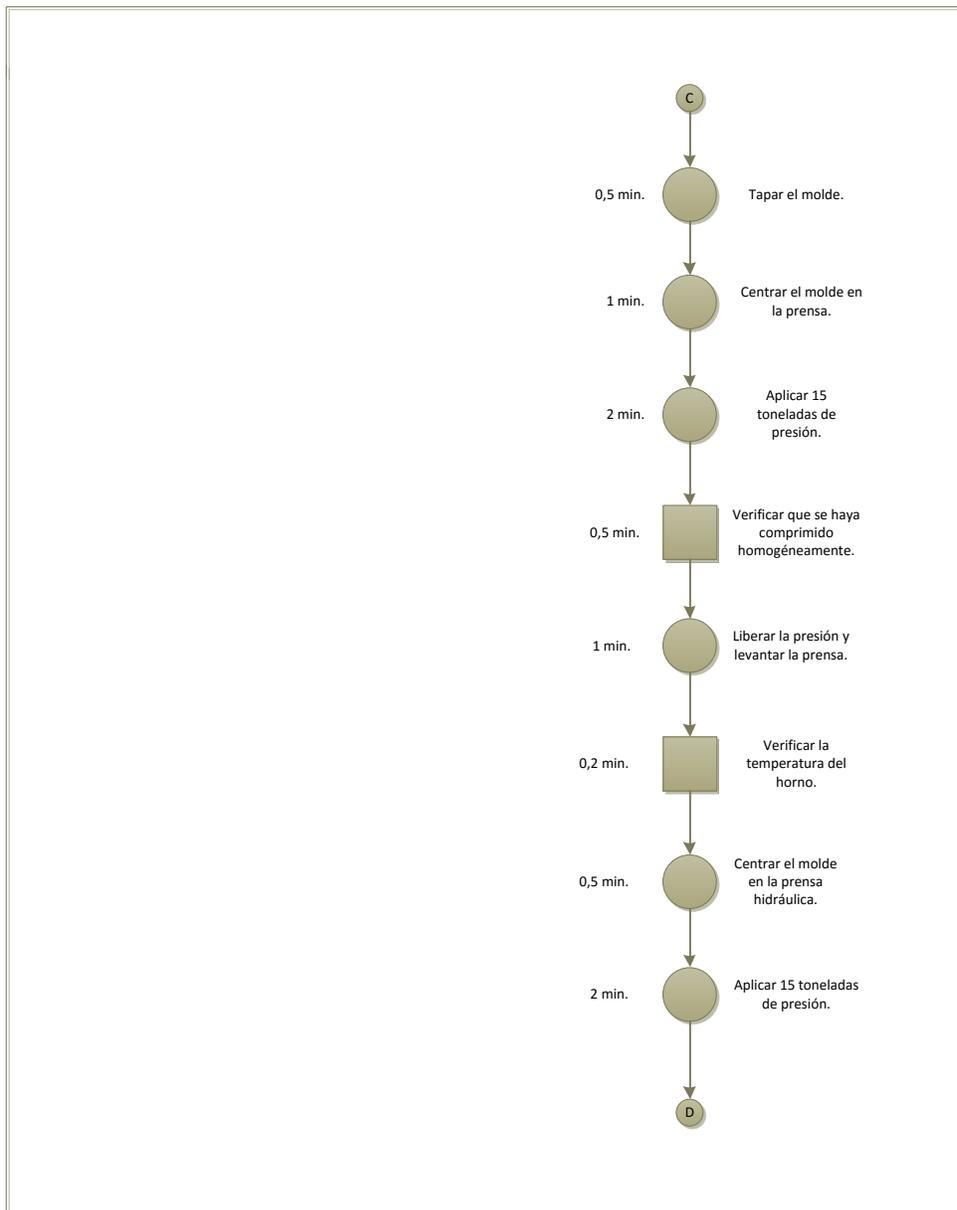
Continuación de la figura 8.

	EMPRESA: Centro de Investigaciones de Ingeniería.	MÉTODO: Actual.
	ÁREA: Gestión de la Calidad.	FECHA: Enero del 2015.
	PROCESO: Producción de sillas.	HOJA: 2/5
	ELABORADO POR: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Diagrama de proceso de producción de sillas.



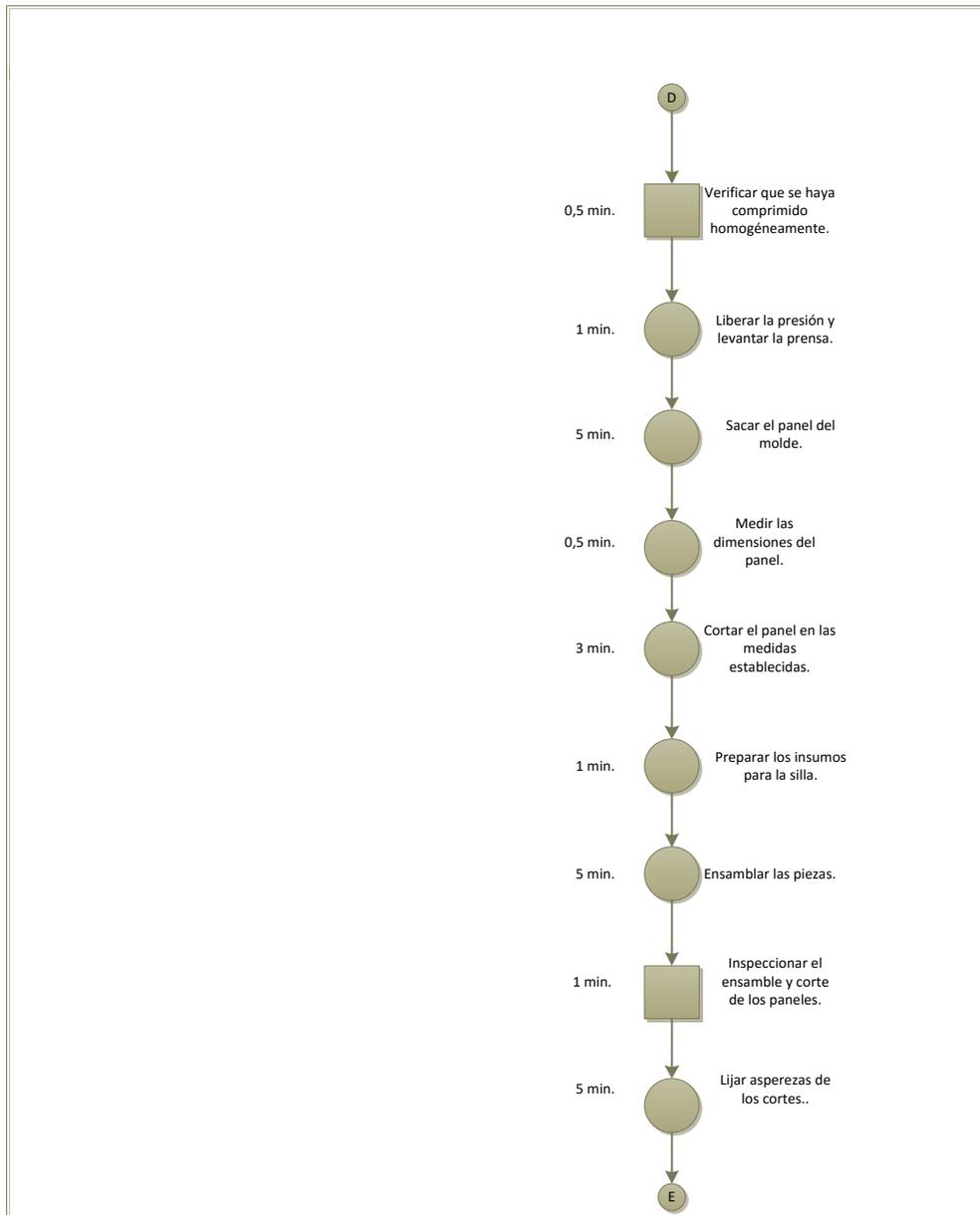
Continuación de la figura 8.

	EMPRESA: Centro de Investigaciones de Ingeniería.	MÉTODO: Actual.
	ÁREA: Gestión de la Calidad.	FECHA: Enero del 2015.
	PROCESO: Producción de sillas.	HOJA: 3/5
	ELABORADO POR: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Diagrama de proceso de producción de sillas.



Continuación de la figura 8.

	EMPRESA: Centro de Investigaciones de Ingeniería.	MÉTODO: Actual.
	ÁREA: Gestión de la Calidad.	FECHA: Enero del 2015.
	PROCESO: Producción de sillas.	HOJA: 4/5
	ELABORADO POR: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Diagrama de proceso de producción de sillas.



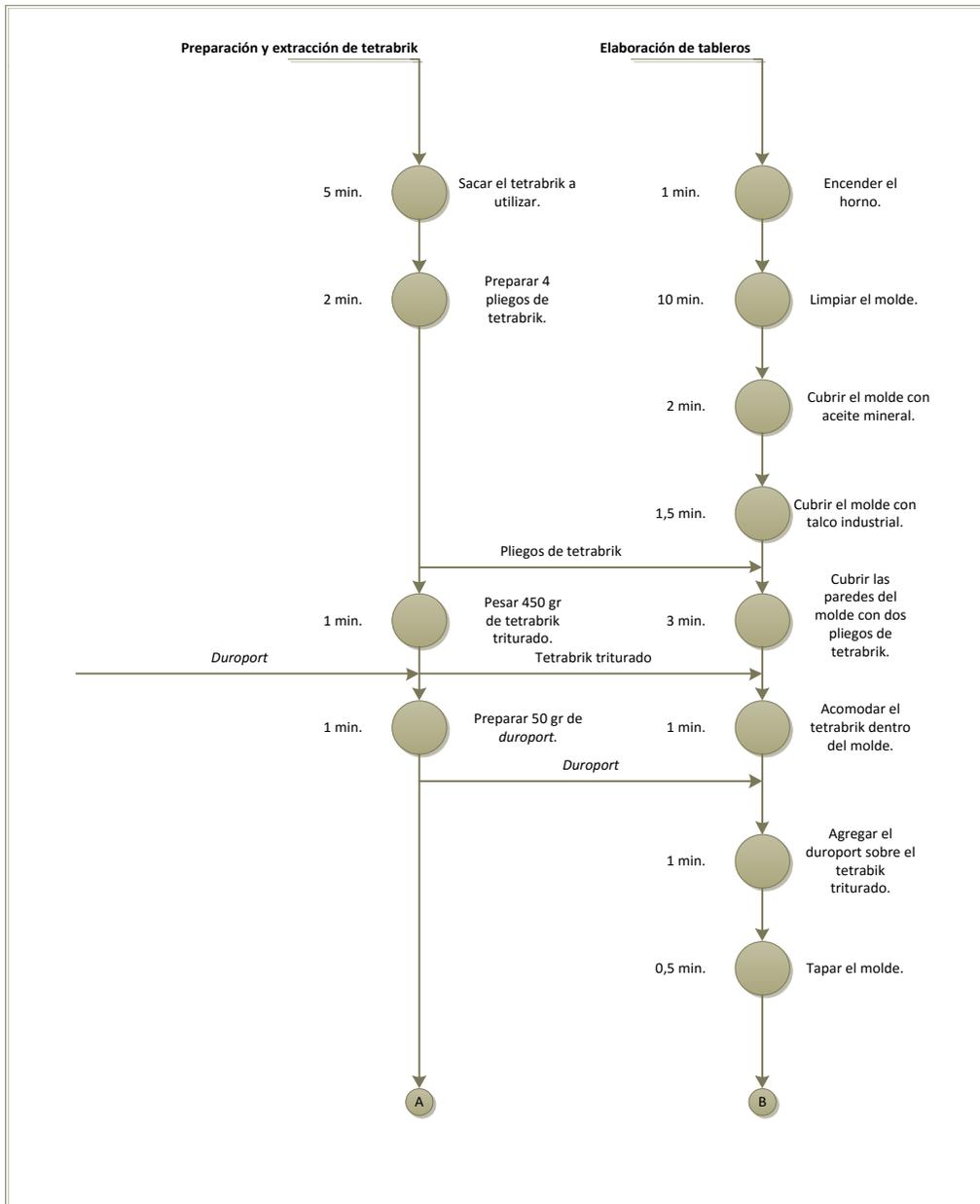
Continuación de la figura 8.

	EMPRESA: Centro de Investigaciones de Ingeniería.	MÉTODO: Actual.
	ÁREA: Gestión de la Calidad.	FECHA: Enero del 2015.
	PROCESO: Producción de sillas.	HOJA: 5/5
	ELABORADO POR: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Diagrama de proceso de producción de sillas.

CUADRO DE RESUMEN				
Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (m)
Operación		32	64,5	--
Inspección		5	2,7	--
Total		37	67,2	--

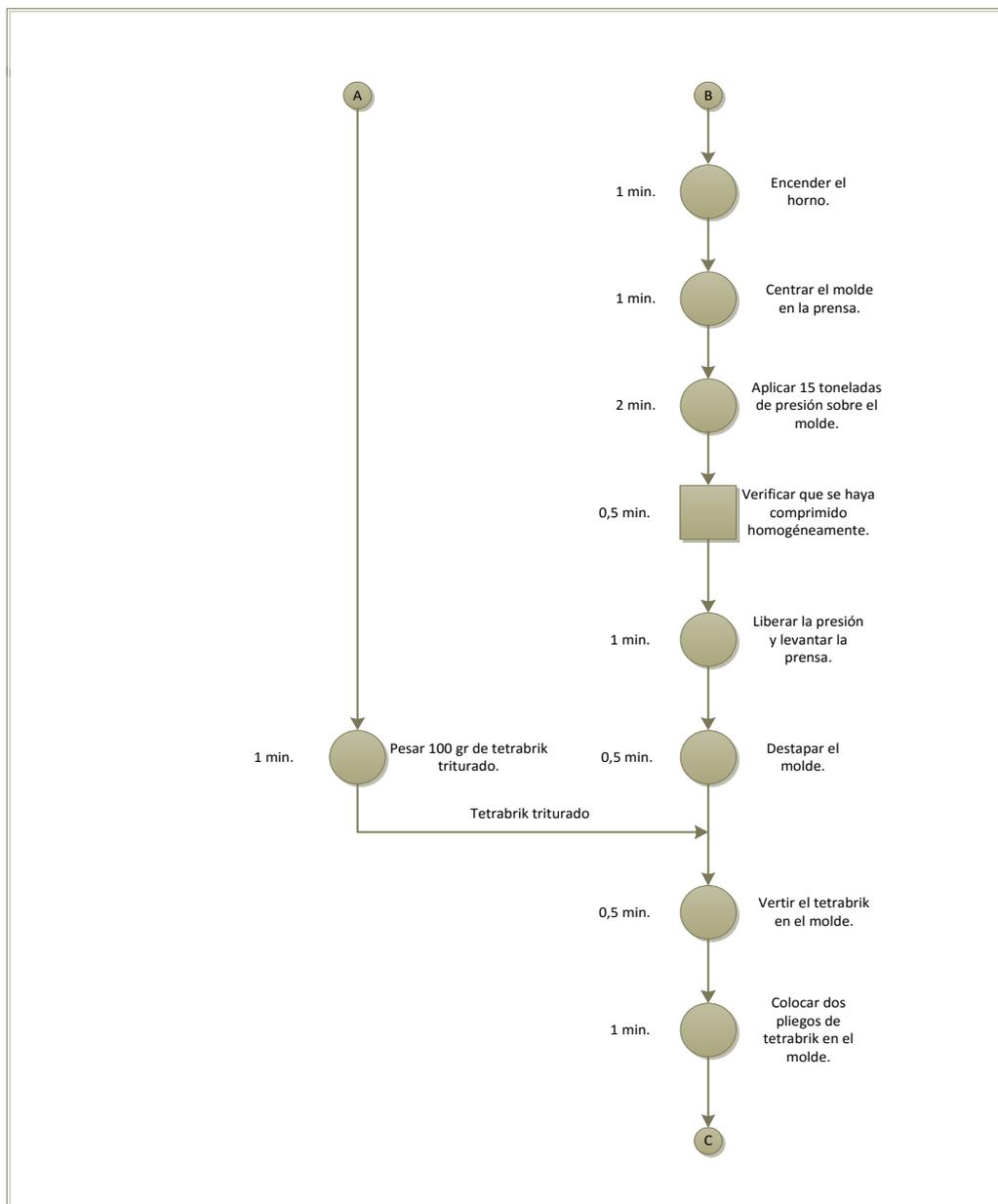
Figura 9. Diagrama de proceso de producción de tableros

	EMPRESA: Centro de Investigaciones de Ingeniería.	MÉTODO: Actual.
	ÁREA: Gestión de la Calidad.	FECHA: Enero del 2015.
	PROCESO: Producción de tableros.	HOJA: 1/4
	ELABORADO POR: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Diagrama de procesos de producción de tableros.



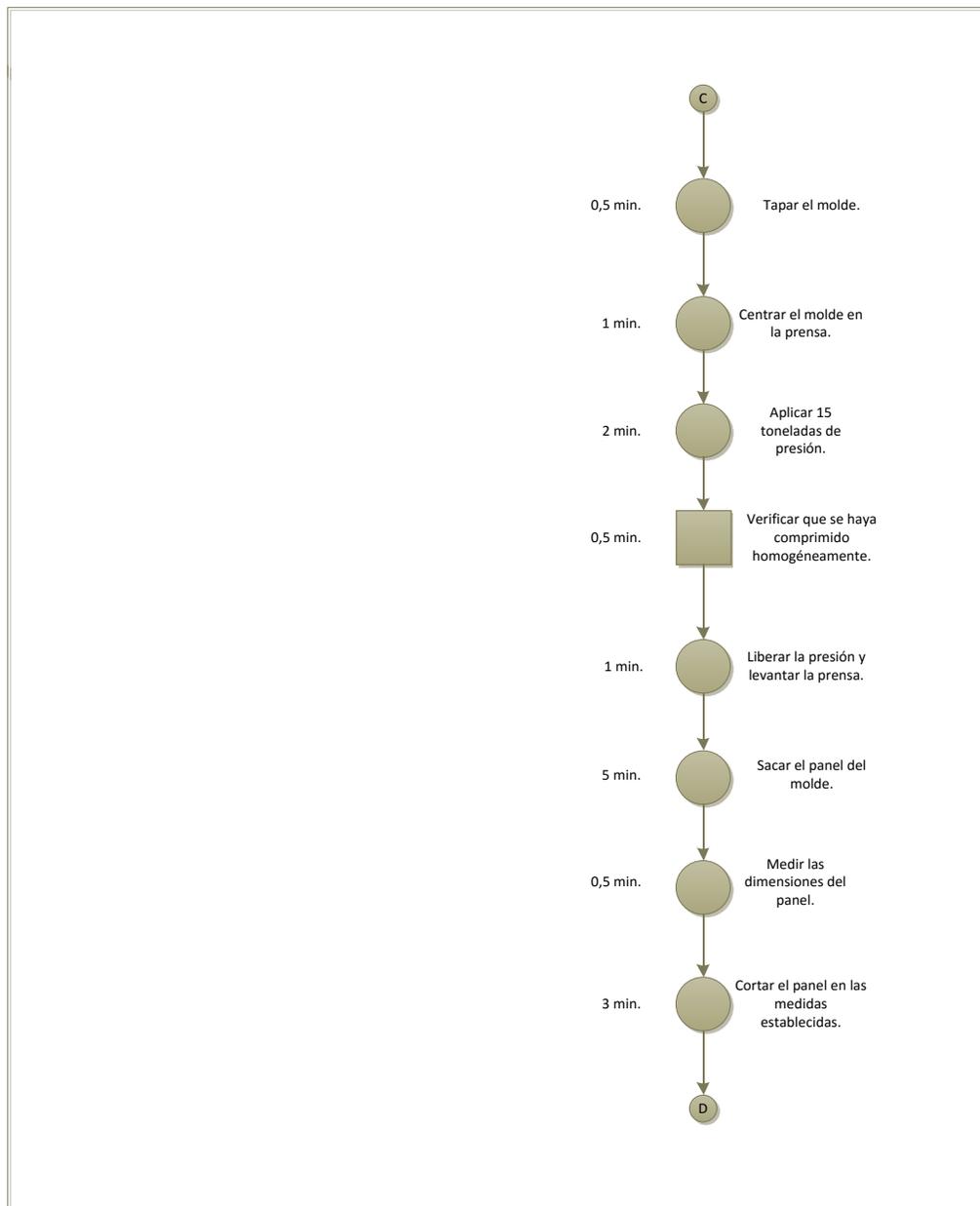
Continuación de la figura 9.

	EMPRESA: Centro de Investigaciones de Ingeniería.	MÉTODO: Actual.
	ÁREA: Gestión de la Calidad.	FECHA: Enero del 2015.
	PROCESO: Producción de tableros.	HOJA: 2/4
	ELABORADO POR: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Diagrama de proceso de producción de tableros.



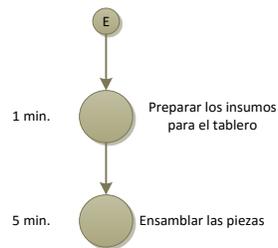
Continuación de la figura 9.

	EMPRESA: Centro de Investigaciones de Ingeniería.	MÉTODO: Actual.
	ÁREA: Gestión de la Calidad.	FECHA: Enero del 2015.
	PROCESO: Producción de tableros.	HOJA: 3/4
	ELABORADO POR: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Diagrama de procesos de producción de tableros.



Continuación de la figura 9.

	EMPRESA: Centro de Investigaciones de Ingeniería.	MÉTODO: Actual.
	ÁREA: Gestión de la Calidad.	FECHA: Enero del 2015.
	PROCESO: Producción de tableros.	HOJA: 4/4
	ELABORADO POR: Jaime Francisco del Cid Chávez.	DIAGRAMA OPERACION DE PRODUCCIÓN DE TABLEROS.



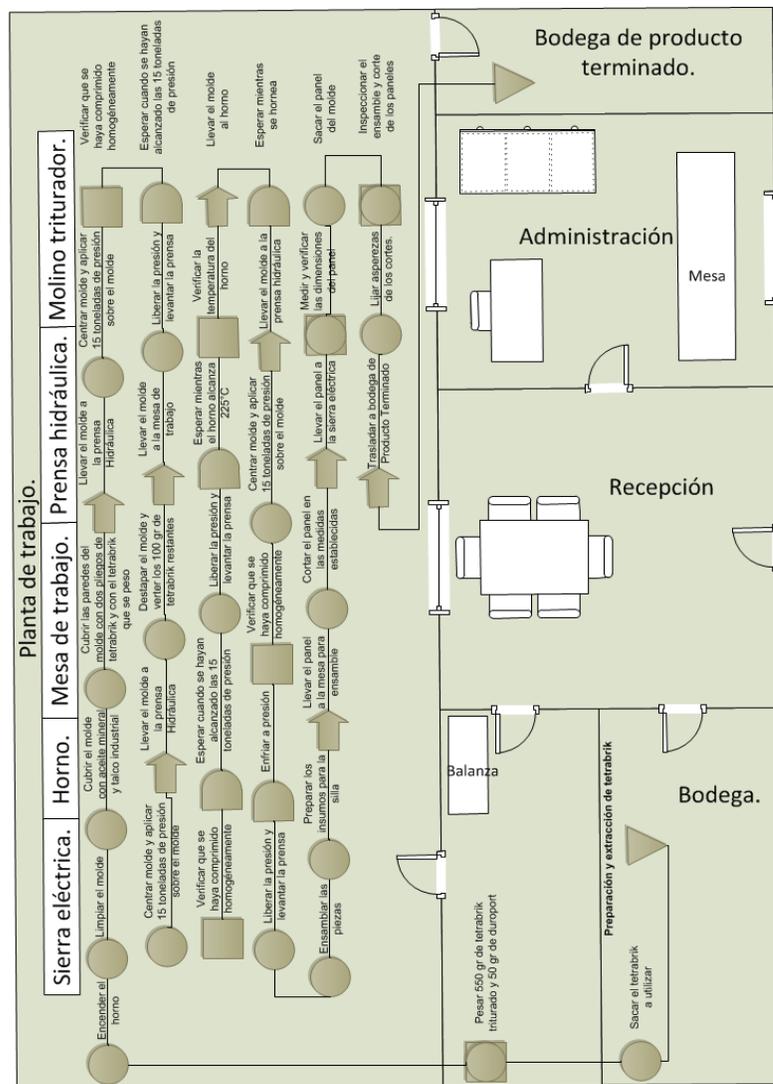
CUADRO DE RESUMEN				
Actividad	Simbolo	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (m)
Operación		29	56	--
Inspección		2	1	--
Total		31	57	--

Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

3.2.3. Diagrama de recorrido

A continuación se muestran dos diagramas de proceso. Estos muestran el proceso de fabricación de las sillas y tableros de paneles de tetrabrik en el área de Gestión de la Calidad del CII.

Figura 10. Diagrama de recorrido sillas



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

3.3. Determinación de los costos fijos

Como se estableció en el capítulo anterior, los costos fijos son los costos que no varían su valor monetario cuando se modifican las actividades de las empresas, es decir, no importa la operación de las mismas. En este capítulo se detallarán los costos en los que se incurren en el CII, cuando se fabrican los productos que se detallan en este capítulo.

3.3.1. Costos de inversión

Se definen como un determinado monto monetario de capital propio o de un inversionista. Este se le asigna a un proyecto determinado para proporcionarle diversos insumos al proyecto, para fabricar un producto útil para el ser humano. Esta cantidad de dinero se utiliza para obtener utilidades y que así el proyecto sea factible.

3.3.1.1. Financiamiento

El financiamiento que se utilizó para ejecutar el proyecto de fabricación de paneles de tetrabrik, fue solicitado al Concyt, gracias al convenio que existe con la Universidad de San Carlos de Guatemala desde al 2006. Es muy importante acotar que estos fondos destinados al proyecto se solicitan por contrapartida entre el Concyt y la Fiusac.

Los insumos necesarios para la fabricación de sillas y tableros con paneles de tetrabrik se describen a continuación. Esto junto con los costos de adquisición de cada insumo.

Tabla II. Costos de inversión

FICHA DE EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA			
			
Nombre del Proyecto:		"Desarrollo y evaluación del diseño de un proceso de transformación de desechos sólidos procedentes de envases tetrabrik para elaborar un nuevo material"	
Número del Proyecto:		054-2012	
Responsable del Proyecto:		ING. OSWIN ANTONIO MELGAR HERNÁNDEZ	
CANTIDAD	NOMBRE DEL INSUMO	PRECIO (cifras en Q)	
	Papel de escritorio		
2	Resmas de papel para impresora	132,65	
5	Cartapacios	430,00	
10	Fólders tamaño carta	25,00	
10	Fólders tamaño oficio	25,00	
	Artículos de oficina		612,65
1	Engrapadora	15,50	
5	Rollos de tape de 1/2"	22,50	
1	Teipera	80,00	
2	Cartuchos de tinta para impresora	265,00	
1	Impresora multifuncional	750,00	
1	Quita grapas	14,00	
1	Saca bocados	12,00	
10	Lapiceros	20,00	
5	Marcadores para pizarrón	62,50	
100	CD's para computadora	43,50	
1	Escritorio para computadora	300,00	
1	Computadora de escritorio	4 500,00	
1	Calculadora	130,00	
1	Almohadilla para pizarrón	9,00	
1	Almohadilla con tinta	23,00	
4	Botes de tinta negra	72,00	
1	Caja de clips.	15,00	
1	Caja de alfileres	25,00	
1	Caja de grapas estándar	12,50	
	Equipo de protección personal		6 371,50
10	Mascarillas	25,00	
1	Par de lentes	20,00	
1	Bata	115,00	

Continuación de la tabla II.

25	Redecillas para cabello	62,50	
5	Pares de guantes de cuero	237,50	
1	Caja de guantes de látex	68,50	
	Equipo de producción		528,50
1	Horno industrial	25 950,00	
1	Prensa hidráulica	20 600,00	
1	Molino Crusher	14 541,18	
1	Balanza de plataforma de 30 kg	7 125,00	
1	Balanza industrial	10 875,00	
1	Sierra de cinta	9 700,00	
1	Compresor	8 660,54	
1	Lavadora de plástico industrial	19 480,00	
1	Mesa de trabajo	1 875,00	
12	Moldes de metal	31 800,00	
5	Brochas	62,50	
3	Espátulas	32,25	
2	Escobas	56,00	
3	Depósitos para basura	105,00	
1	Pala	12,00	
3	Trapeadores	45,00	
5	Bolas de wipe	40,00	
1	Juego de desarmadores Stanley	350,00	
5	Cubetas	150,00	
5	Tijeras	90,00	
1	Martillo	60,00	
1	Pinzas	70,00	
2	Picos de loro	110,00	
2	Alicates	150,00	
1	Corta alambre	88,00	
2	Vais	100,00	
			152 177,80
	Subtotal		159 690,12
	Total		159 690,12

Fuente: elaboración propia, con base en los costos de la ficha financiera del proyecto y cotizaciones de esa fecha.

En la tabla II se enlistan los insumos y equipos mínimos necesarios para la fabricación de los paneles de tetrabrik. En otra columna se muestran los precios de los artículos cuando se autorizó la compra de estos. Es importante mencionar que en la actualidad estos precios pudieron haber modificado su valor debido a diferentes factores que no son analizados en este capítulo.

Para la documentación de los procesos de producción y registros generales con respecto a los paneles de tetrabrik y sus productos es necesario contar con un equipo mínimo de oficina. Este tuvo un costo de adquisición de Q 6 371,50 también se debe contar con papel de escritorio para las actividades que se realizan previo a comenzar a fabricar los paneles. Esto tiene un costo de Q 612,65 algo que se debe considerar en cualquier empresa y lugar de trabajo en general es el equipo de protección personal. El fin es garantizar una condición óptima de trabajo, el costo de adquisición de este equipo es de Q 528,50. Por último, las herramientas y equipos necesarias para la fabricación de los paneles y ensambles de las sillas y tableros tuvieron un costo de Q 152 177,52.

En la tabla II se desglosaron los costos mínimos de inversión que se necesitan para ejecutar el proceso de fabricación. Este financiamiento de Q 159 690,12 se solicitó al Concyt para la ejecución del proyecto. La única condición que existió para la financiación del proyecto es que sea por contrapartida con la Fiusac.

La contrapartida con la Fiusac comprende que esta debía hacerse cargo de los costos de materia prima, mano de obra, almacenamiento de materia prima y producto terminado, además de otros suministros en general necesarios para el proceso de fabricación. Mientras que el Concyt es el responsable del financiamiento del proyecto.

3.3.1.2. Depreciación de los equipos

La depreciación es una característica de los activos fijos de un lugar determinado. Las empresas la definen como la pérdida del valor monetario de sus activos por el transcurrir del tiempo o por causa de los avances

tecnológicos. Estos que producen la obsolescencia de los activos fijos o simplemente como el consumo físico de los activos fijos en general.

A continuación se calculará la depreciación de algunos insumos que se utilizan para la fabricación de los paneles de tetrabrik y sus productos, con base en el Decreto 26-92 Ley del ISR actualizada hasta el decreto 04-2012. Esta establece en el artículo 19 el porcentaje de depreciación correspondiente para los insumos con los cuales se trabajan en el CII es de 25 %, para el equipo de oficina es de 20 % y el equipo de cómputo 33.33 %.

Algo importante de mencionar es que estos porcentajes consideran que el valor de todo activo fijo luego de transcurridos 4, 5, y 3 años respectivamente es de Q 0.00; por esta razón a los equipos que se venden en el mercado con una antigüedad igual o mayor a esos cinco años. El dueño le asigna un valor de rescate, que no es más que el valor monetario que el dueño espera recuperar por la venta de su activo fijo. La ecuación general para calcular la depreciación viene dada por:

$$\text{Depreciación} = \text{Porcentaje} \times \text{Precio de compra}$$

A continuación se muestra una tabla con todas las depreciaciones de los artículos de oficina, herramientas y equipos que se utilizan para la fabricación de las sillas y tableros hechos de paneles de tetrabrik.

Tabla III. Depreciaciones

FICHA DE DEPRECIACIONES			
			
Número del proyecto:		054-2012	
Nombre del insumo	Precio (Q)	Deprecia.	Valor
			Actual (Q)
Papel de escritorio			
Resmas de papel para impresora	132,75	0,00	132,75
Cartapacios	430,00	0,00	430,00
Fólders tamaño carta	25,00	0,00	25,00
Fólders tamaño oficio	25,00	0,00	25,00
Artículos de oficina			
Engrapadora	15,50	0,00	9,30
Tinta para impresora	265,00	0,00	265,00
Impresora multifuncional	750,00	243,98	250,00
Rollos de tape de 1/2"	22,50	0,00	22,50
Teipera	80,00	0,00	48,00
Quita grapas	14,00	0,00	8,40
Saca bocados	12,00	0,00	7,20
Lapiceros	20,00	0,00	20,00
Marcadores para pizarrón	62,50	0,00	62,50
CD´s para computadora	43,50	0,00	43,50
Escritorio para computadora	300,00	60,00	180,00
Computadora de escritorio	4 500,00	1 499,85	1 500,30
Calculadora	130,00	43,33	43,34
Almohadilla para pizarrón	9,00	0,00	9,00
Almohadilla con tinta	23,00	0,00	23,00
Botes de tinta negra	72,00	0,00	72,00
Caja de clips.	15,00	0,00	15,00
Caja de alfileres	25,00	0,00	25,00
Caja de grapas estándar	12,50	0,00	12,50
Equipo de protección personal			
Mascarillas	25,00	0,00	25,00
Par de lentes	20,00	0,00	20,00
Bata	115,00	0,00	115,00
Redecillas para cabello	62,50	0,00	62,50
Pares de guantes de cuero	237,50	0,00	237,50
Caja de guantes de látex	68,50	0,00	68,50
Equipo de producción			
Horno industrial	25 950,00	6 487,50	12 975,00

Continuación de la tabla III

Prensa hidráulica	20 600,00	5 150,00	10 300,00
Molino Crusher	14 541,18	3 635,30	7 270,60
Balanza de plataforma de 30 kg	3 562,50	712,50	1 425,00
Balanza industrial	10 875,00	2 718,75	5 437,50
Sierra de cinta	9 700,00	2 425,00	4 850,00
Compresor	8 660,54	2 165,13	4 330,27
Lavadora de plástico industrial	19 480,00	4 870,00	9 740,00
Mesa de trabajo	1 875,00	468,75	937,50
Moldes de metal	31 800,00	7 950,00	15 900,00
Brochas	62,50	15,63	31,26
Espátulas	32,25	8,07	16,14
Escobas	56,00	0,00	56,00
Depósitos para basura	105,00	0,00	105,00
Pala	12,00	0,00	12,00
Trapeadores	45,00	0,00	45,00
Bolas de <i>wipe</i>	40,00	0,00	40,00
Juego de desarmadores Stanley	350,00	87,50	175,00
Cubetas	150,00	37,50	75,00
Tijeras	90,00	0,00	90,00
Martillo	60,00	15,00	30,00
Pinzas	70,00	17,50	35,00
Picos de loro	110,00	27,50	55,00
Alicates	150,00	37,50	75,00
Corta alambre	88,00	22,00	44,00
Vais	100,00	25,00	50,00

Elaboración propia, con base a los equipos de la planta de producción.

- Cálculo de las depreciaciones de artículos de oficina: a continuación se muestra cómo se calcularon los valores que corresponden al valor actual y depreciación de un artículo de oficina. Se aplica el porcentaje de ley vigente en Guatemala.

Depreciación = 20 % × precio de compra

Depreciación del escritorio para computadora = 20 % × Q 300,00

Depreciación del escritorio para computadora = Q 60,00 por año.

Depreciación en la actualidad:

Depre. actual = valor de la depre. por año × Núm. de años transcurridos.

Depreciación actual = Q 60,00 × 2 años.

Depreciación actual del escritorio para computadora = Q 120,00

Valor en la actualidad del escritorio para computadora

Valor actual = valor presente del activo - depreciación actual

Valor actual del escritorio para computadora = Q 300,00 - Q 120,00

Valor actual del escritorio para computadora = Q 180,00

Esto significa que el escritorio para la computadora pierde un valor por año de Q 60,00 y que al llegar al final del año 5 tendrá un valor de Q 0,00 pero que en la actualidad ha perdido Q 120,00 de su valor inicial. Esto es porque ya se han cumplido dos años desde que se adquirieron los artículos con los cuales se está trabajando, teniendo un valor actual el escritorio para computadora de Q 180,00.

De esta forma se calcularon todos los valores correspondientes a los artículos de oficina de la tabla III.

- Cálculo de la depreciación de las herramientas y equipos: a continuación se muestra cómo se calcularon los valores que corresponden al valor actual y depreciación de un equipo. Se aplica el porcentaje de ley vigente en Guatemala.

Depreciación = 25 % × precio de compra

Depreciación del horno industrial = 25 % × Q 25 950,00

Depreciación del horno industrial = Q 6 487,50 por año.

Depreciación en la actualidad:

Depre. actual = valor de la depre. por año × Núm. de años transcurridos.

Depreciación actual = Q 6 487,50 × 2 años.

Depreciación actual del horno industrial = Q 12 975,00

Valor en la actualidad del horno industrial:

Valor actual = valor presente del activo - depreciación actual

Valor actual del horno industrial = Q 25 950,00 - Q 12 975,00

Valor actual del horno industrial = Q 12 975,00

Esto significa que la horno industrial pierde un valor por año de Q 6 487,50 y que al llegar al final del año 4 tendrá un valor de Q 0,00 pero que en la actualidad ha perdido Q 12 975,00 de su valor inicial. Esto es porque ya se han cumplido dos años desde que se adquirieron los equipos y herramientas con los cuales se está trabajando. Se tiene un valor actual el horno industrial de Q 12 975,00.

De esta forma se calcularon todos los valores correspondientes a los equipos y herramientas de la tabla III.

- Cálculo de las depreciaciones del equipo de cómputo: a continuación se muestra cómo se calcularon los valores que corresponden al valor actual y depreciación del equipo de cómputo. Se aplica el porcentaje de ley vigente en Guatemala.

$$\begin{aligned}\text{Depreciación} &= 33.33 \% \times \text{precio de compra} \\ \text{Depreciación de la computadora} &= 33.33 \% \times \text{Q } 4\,500,00 \\ \text{Depreciación de la computadora} &= \text{Q } 1\,499,85 \text{ por año.}\end{aligned}$$

Depreciación en la actualidad:

Depre. actual = valor de la depre. por año \times Núm. de años transcurridos.

$$\text{Depreciación actual} = \text{Q } 1\,499,85 \times 2 \text{ años.}$$

$$\text{Depreciación actual de la computadora} = \text{Q } 2\,999,70$$

Valor en la actualidad de la computadora:

Valor actual = valor presente del activo - depreciación actual

$$\text{Valor actual de la computadora} = \text{Q } 4\,500,00 - \text{Q } 2\,999,70$$

$$\textbf{Valor actual de la computadora} = \textbf{Q } 1\,500,30$$

Esto significa que la computadora pierde un valor por año de Q 1 499,85 y que al llegar al final del año 3 tendrá un valor de Q 0,00. Sin embargo, en la actualidad ha perdido Q 2 999,70 de su valor inicial, esto es porque ya se han cumplido dos años desde que se adquirieron los artículos con los cuales se está trabajando. Esto teniendo un valor actual la engrapadora de Q 1 500,30.

De esta forma se calcularon todos los valores correspondientes a los equipos de cómputo de la tabla III.

3.3.1.3. Impuestos

Antes de establecer los impuestos que se deben pagar en el momento de comercializar los productos fabricados en el CII, es importante conocer la

definición de un impuesto. Un impuesto no es más que el pago que se realiza al Estado de Guatemala con base en las leyes vigentes. Posteriormente este pago es utilizado para satisfacer las necesidades comunes más importantes de los ciudadanos del país como: salud, educación, seguridad, entre otras.

Existen varios tipos de impuestos, dentro de los cuales se encuentran los impuestos directos e indirectos. La diferencia entre estos es que en los indirectos se afecta directamente a lo que se gasta, como el IVA por ejemplo. Los impuestos directos afectan directamente a los ingresos que se reciben.

Según la Ley del Impuesto al Valor Agregado (Decreto número 27-92) de Guatemala, hace constar lo siguiente:

ARTICULO 8.* De las exenciones específicas. No deben cargar el impuesto en sus operaciones de ventas, como tampoco en la presentación de servicios, las siguientes personas:

1. Los centros educativos públicos y privados, en lo que respecta a matrícula de inscripción, colegiaturas, derechos de examen y transporte terrestre proporcionado a escolares, siempre que éste no sea prestado por terceras personas.
2. Las universidades autorizadas para funcionar en país.
3. La Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala y el Comité Olímpico Guatemalteco.
4. El Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.
5. Las misiones diplomáticas y consulares acreditadas ante el Gobierno de la República, así como los agentes diplomáticos, los funcionarios y empleados diplomáticos y consulares, incluidos en la Convención de Viena sobre Relaciones

Diplomáticas y Consulares, con la condición de que los países a que pertenezcan dichas misiones y personas otorguen igual tratamiento como reciprocidad.

6. Los organismos internacionales a los que de acuerdo con los respectivos convenios suscritos entre el Gobierno de la República de Guatemala y dichos organismos se les haya otorgado la exención de impuestos.

ARTICULO 9. Régimen de las exenciones específicas. Las personas enumeradas en el artículo 8 anterior están exentas de soportar el impuesto que se genere por los actos gravados por esta Ley y deberán recibir de quien les venda o les preste un servicio, la factura que corresponda, pero no pagarán el monto del impuesto consignado en el documento, sino que entregarán a los mismos la constancia de exención debidamente autorizada por la Administración Tributaria.

Respecto a las importaciones que realicen estas personas, deberán solicitar previamente y cada vez, a la Administración Tributaria, resuelva si procede la exención. En los casos de los numerales 5 y 6 del artículo 8 de esta Ley, se requerirá opinión previa y favorable del Ministerio de Relaciones Exteriores. Una vez emitida la resolución que autorice cada exención y la franquicia respectiva, la Administración Tributaria no aplicará el impuesto y por lo tanto, las personas exentas no deberán emitir constancia de exención por la importación autorizada.

Para el control de las exenciones, la Administración Tributaria autorizará y notificará el uso de un documento que identifique a los beneficiarios de las exenciones establecidas en este artículo. Dicho documento tiene como objeto que éstos puedan identificarse ante terceros como titulares del derecho de exención. La Administración Tributaria establecerá las características de la identificación, así como los procedimientos, medios y formas para su elaboración, entrega, utilización y vencimiento de la misma.⁶

⁶ Guatemala. Congreso de la República. *Ley del Impuesto al Valor Agregado*. <http://leydeguatemala.com/reglamento-de-la-ley-del-iva/11/>. Consulta: marzo de 2014.

Como lo dictan los artículos anteriores, la Universidad de San Carlos de Guatemala por ser una universidad autónoma, estatal y además está autorizada para funcionar en el país, está exenta del pago de impuestos cuando se compran productos, como cuando se venden los mismos. Por esta razón, la Ley del IVA, autoriza de que en el momento de efectuar una compra de un producto y se reciba la factura de la persona o empresa que le está vendiendo a la universidad, no paguen el monto del impuesto que esté cargado en esa factura. Al contenido deben agregar a los vendedores una constancia de exención de los impuestos debidamente autorizada por la Administración Tributaria.

3.3.2. Materia prima

Es uno de los tres elementos del costo de producción. Es lo más importante que se debe analizar cuando se fabrica cualquier producto elaborado en las industrias, incluso cuando se presta un servicio. En muchas ocasiones un producto está conformado por varios subproductos o bien son materiales que no están en él, pero que son necesarios para realizar el proceso productivo. Luego de un proceso se transformarán en producto final que tendrá como fin satisfacer una necesidad.

La materia prima se divide en dos grupos: materia prima directa y materia prima indirecta. “La materia prima directa incluye todos los materiales que se usan en la elaboración de un producto, que se identifican con éste con mucha facilidad y tienen un valor relevante que se contabiliza”,⁷ es decir, son los elementos que se pueden visualizar en el producto final. Por ejemplo, en la producción de los paneles de tetrabrik, el elemento que se visualiza fácilmente

⁷ TORRES SALINAS, Aldo S. *Contabilidad de Costos, análisis para la toma de decisiones*. p. 91.

es el tetrabrik, por ende este es un elemento que se clasifica dentro de la materia prima directa.

Por otro lado se tiene que “la materia prima indirecta incluye todos los materiales involucrados en la fabricación de un producto y no se identifican con facilidad con éste, o aquellos que no tienen un valor relevante, aunque es fácil reconocerlos”⁸ es decir, son los elementos que no se identifican fácilmente en el producto final. Continuando con el ejemplo anterior de la producción de paneles de tetrabrik, los elementos difíciles de visualizar son: el plástico, *duroport*, el aceite mineral y el talco industrial. Estos son elementos que se necesitan para realizar el proceso productivo.

La materia prima tiene que tener varias características. Las más importantes son: excelente calidad, identificable y medibles. Esto con el fin de facilitar el cálculo del costo de los productos, durabilidad, entre otras.

En el CII se utilizan varios elementos o subproductos como materia prima para fabricar los productos que se han explicado con anterioridad. Se enlistan a continuación esos subproductos que se utilizan para realizar el trabajo.

- Paneles: es un subproducto que se fabrica a base de pequeños fragmentos compactados de tetrabrik, *duroport* y plásticos, unidos por calor y enfriados a presión. Estos serán usados posteriormente para fabricar sillas y tableros.

⁸ TORRES SALINAS, Aldo S. *Contabilidad de Costos, análisis para la toma de decisiones*. p. 99.

Figura 12. **Panel terminado de tetrabrik**



Fuente: Centro de Investigaciones (CII) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Fiusac).

Elementos utilizados para la fabricación de los paneles:

- Tetrabrik
 - *Duroport*
 - Plástico
 - Talco industrial
 - Aceite mineral
-
- Sillas: son productos artesanales que se fabrican a base de los paneles de tetrabrik como sustitutos de la madera. Esto con el fin de tener un producto más barato que compita en el mercado.

Figura 13. **Silla fabricada con paneles de tetrabrik**



Fuente: Centro de Investigaciones (CII) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Fiusac).

Elementos utilizados para la fabricación de las sillas:

- Base de metal
 - Tornillos
 - Pintura
-
- Tableros porta hojas: de igual manera que las sillas, son productos artesanales, fabricados a base de los paneles de tetrabrik y tienen la misma función, durabilidad, entre otras características que posee un producto similar en el mercado.

Elementos utilizados para la fabricación de los tableros:

- Tornillos
- Gancho
- Pintura

- Costos de materia prima directa
 - Tetrabrik: utilizado para comenzar a fabricar los paneles, se adquirió de tres maneras diferentes. La primera de ellas fue comprando a una empresa recicladora ubicada en la 21 calle 1-33 zona 1 de la ciudad de Guatemala, con el siguiente precio:

Tabla IV. **Precio del tetrabrik**

LIBRAS DE TETRABIK	PRECIO (Q)
1 Lb.	0,25

Fuente: elaboración propia.

Con base en la planificación inicial que se realizó, para la producción de los paneles y teniendo en cuenta los ensayos que se debían de realizar y pruebas previas a comenzar su fabricación se decidió comprar 100 lbs de tetrabrik. Esto fue a una recicladora que por políticas propias de esa empresa no se menciona su nombre, teniendo un costo total de:

Costo de materia prima = núm. de libras × precio por libra

Costo de materia prima = 100 lb × Q 0,25

Costo de materia prima = Q 25,00 por las 100 libras

Este costo es el costo mensual de materia prima. Por ello se necesita conocer el valor del costo anual de materia prima de la siguiente manera:

Costo anual de materia prima = costo mensual × 12 meses

Costo anual de materia prima = Q 25,00 × 12 meses

Costo anual de materia prima = Q 300,00

La segunda manera de cómo se adquiere el tetrabrik es la siguiente: comprar por separado los elementos por los cuales está compuesto el tetrabrik. Debido a que si se compra entero se tiene que someter a un proceso previo a su utilización para separar el cartón del polietileno y el plástico. Los precios de los elementos por separado en la misma recicladora son los siguientes.

Tabla V. **Precios de los elementos del tetrabrik**

ELEMENTOS	CANTIDAD	PRECIO (Q)
Polietileno	1 Lb	0,10
Aluminio	1 Lb	3,00

Fuente: elaboración propia.

Continuando con el análisis que se realizó en la planificación inicial de la producción de los paneles, realizando las mismas consideraciones, se compraron 25 lb de cada elemento. Por ello, está conformado el tetrabrik a la recicladora, teniendo un costo total de:

Costo de comprar el aluminio = núm. de libras × precio por libra

$$\text{Costo de aluminio} = 25 \text{ lb} \times \text{Q } 3,00$$

$$\text{Costo de aluminio} = \text{Q } 75,00 \text{ por las 25 libras}$$

Costo de comprar el polietileno = núm de libras × precio por libra

$$\text{Costo de polietileno} = 25 \text{ lb} \times \text{Q } 0,10$$

$$\text{Costo de polietileno} = \text{Q } 2,50 \text{ por las 25 libras}$$

El costo total de la adquisición de los elementos por separados de los cuales está formado el tetrabrik es de:

Costo total = costo de aluminio + costo de polietileno

Costo total = Q 75,00 + Q 2,50

Costo total = Q 77,50

Ahora que se ha calculado el costo mensual, se necesita conocer el valor del costo anual de materia prima de la siguiente manera:

Costo anual de materia prima = costo mensual \times 12 meses

Costo anual de materia prima = Q 77,50 \times 12 meses

Costo anual de materia prima = Q 930,00

La tercera forma por la cual se adquiere el tetrabrik restante para completar las 250 libras, es decir 100 libras de tetrabrik, es a través de un convenio que se realizó con una escuela. Este convenio consiste en que ellos se comprometen a recolectar cajas de tetrabrik durante el ciclo escolar.

Posteriormente al final de cada mes serán donadas al CII para fabricar paneles. El CII tiene que fabricar paneles y arreglar las sillas de las mesas en donde los alumnos de dicha escuela reciben las clases, recordando que este proyecto también tiene un enfoque social. Por lo consiguiente, según lo expresado anteriormente el costo de adquisición de ese tetrabrik es de:

Costo del tetrabrik donado = Q 0,00

Es importante mencionar que debido al costo que representa la segunda opción de adquisición de la materia prima, esta opción fue descartada luego del primer año de fabricación de paneles. Se quedó únicamente con la compra de materia prima a la recicladora y con las donaciones que las escuelas y convenios que se formen para adquirir gratuitamente la materia prima.

- Base metálica: es materia prima que las escuelas proporcionan con el fin de que se arreglen las sillas con las que ellos trabajan. Por ende el costo de adquisición de las bases es de:

$$\text{Costo de las bases donadas} = \text{Q } 0,00$$

Por otro lado, se le compró a un herrero tres bases metálicas con el fin de tener tres prototipos en el CII y presentarlas a las personas a quienes financiaron el proyecto. Esto con un costo unitario de Q 250,00 por cada una, teniendo un costo total de:

$$\text{Costo de las bases metálicas} = \text{núm. de bases} \times \text{Q } 250,00$$

$$\text{Costo de las bases metálicas} = 3 \text{ bases} \times \text{Q } 250,00$$

$$\text{Costo de las bases metálicas} = \text{Q } 750,00$$

- Tornillos: son insumos que se utilizan para sostener los paneles de tetrabrik a las bases metálicas y así formar el producto final, ya sea sillas o tableros. Esto, debido a que también los ganchos se sujetan al panel con tornillos. Los tornillos se compraron en la ferretería La Pirámide ubicada en la zona 6 con un precio por unidad de Q 0,50. El costo de adquirir los 200 tornillos es el siguiente:

$$\text{Costo de tornillos} = \text{núm. de tornillos} \times \text{precio unitario}$$

$$\text{Costo de tornillos} = 520 \text{ tornillos} \times \text{Q } 0,50$$

$$\text{Costo de tornillos} = \text{Q } 260,00$$

Para conocer el costo que representa este insumo a lo largo de un año, se debe realizar lo siguiente:

Costo anual de tornillos = costo mensual \times 12 meses

Costo anual de tornillos = Q 260,00 \times 12 meses

Costo anual de tornillos = Q 3 120,00

- Pintura: para darles el acabado final a los productos se compraron botes de pintura en *spray* de color rojo, negro, amarillo, blanco y azul en la ferretería La Pirámide. Estos tuvieron un costo de Q 22,50 cada bote de pintura de 600 ml. El costo total de comprar tres botes de pintura de cada color es el siguiente:

Costo de pintura = núm. de botes \times precio por bote

Costo de pintura = 23 botes \times Q 22,50

Costo de pintura = Q 517,50

El costo anual de la pintura es el siguiente:

Costo anual de pintura = costo mensual \times 12 meses

Costo anual de pintura = Q 517,50 \times 12 meses

Costo anual de pintura = Q 6 210,00

- Ganchos: son las piezas que se atornillan a los paneles para formar así los tableros porta hojas. Estos ganchos se adquirieron en la librería Piolín con un costo de Q 7,60 cada uno. Se compraron 50 ganchos para fabricar 50 tableros porta hojas, teniendo un costo total de:

Costos de ganchos = núm. de ganchos \times precio unitario

Costos de ganchos = 67 ganchos \times Q 7,60

Costos de ganchos = Q 509,20

El costo anual de adquisición de los ganchos es el siguiente:

$$\text{Costo anual de ganchos} = \text{costo mensual} \times 12 \text{ meses}$$

$$\text{Costo anual de ganchos} = \text{Q } 509,20 \times 12 \text{ meses}$$

$$\text{Costo anual de ganchos} = \text{Q } 6\,110,40$$

- Costos de materia prima indirecta
 - Talco industrial: como se dijo con anterioridad, el talco industrial es un elemento que se utiliza para que el panel no se adhiera a la superficie interna del molde. Esto gracias a las propiedades que este posee, es por esto que se compran cinco bolsas de talco industrial con capacidad de 5 kg cada una, a un precio de Q 24,00 teniendo un costo total de:

$$\text{Costo del talco} = \text{núm. de bolsas} \times \text{precio por bolsa}$$

$$\text{Costo del talco} = 8 \text{ bolsas} \times \text{Q } 24,00$$

$$\text{Costo del talco} = \text{Q } 192,00$$

El costo anual de la adquisición del talco industrial es de:

$$\text{Costo anual de talco} = \text{costo mensual} \times 12 \text{ meses}$$

$$\text{Costo anual de talco} = \text{Q } 192,00 \times 12 \text{ meses}$$

$$\text{Costo anual de talco} = \text{Q } 2\,304,00$$

- Aceite mineral: como se explicó con anterioridad, este insumo es de suma importancia en la fabricación de los paneles. Debido a que su acción conjunta con el talco industrial ayudan a facilitar el trabajo en el momento en que se saca el panel del molde, también

cuando se limpia y prepara el molde para la fabricación del siguiente panel. El aceite mineral se compra por galones teniendo un costo por galón de Q 75,00 por lo consiguiente se tiene un costo total equivalente a la adquisición de 5 galones de aceite mineral de:

Costo del aceite = núm. de galones × precio por galón

Costo del aceite = 3 galones × Q 75,00

Costo del aceite = Q 225,00

El costo anual de la adquisición del aceite mineral es de:

Costo anual de aceite = costo mensual × 12 meses

Costo anual de aceite = Q 225,00 × 12 meses

Costo anual de aceite = Q 2 700,00

- Plástico: es un insumo indispensable para la fabricación de los paneles. Para determinar el costo del plástico se analiza el costo de la adquisición de 70 cubetas de plástico que posteriormente son quebradas y trituradas para su posterior utilización. Esto se hizo por la facilidad de la adquisición de la materia prima, debido a que el plástico de una bolsa por ejemplo, hace más lento el proceso. Las cubetas tienen un costo total de:

Costo del plástico = núm. de cubetas × precio unitario

Costo del plástico = 70 cubetas × Q 10,00

Costo del plástico = Q 700,00

A diferencia del resto de materia prima, el plástico es un insumo que se compra cada tres meses. Esto debido a que la mayoría de materia prima que se consume es tetrabrik, siendo los costos anuales de la compra del plástico el siguiente:

Costo anual del plástico= costo trimestral \times 4 meses

Costo anual del plástico = Q 700,00 \times 4 meses

Costo anual del plástico = Q 2 800,00

- *Duroport*: es un elemento importante que ayuda a dar dureza, mejorar la consistencia, entre otras propiedades. Es de suma importancia en la fabricación de los paneles, por esta razón se compran inicialmente planchas de *duroport* de una pulgada de grosor cada una con un precio de Q 15,00 cada una. El costo total de la compra de 100 planchas de *duroport* es de:

Costo de *duroport* = # de planchas \times precio por plancha

Costo de *duroport* = 100 planchas \times Q 12,50

Costo de *duroport* = Q 1 250,00

De igual manera que con el plástico, este insumo se compra trimestralmente, teniendo un costo anual de:

Costo anual del *duroport*= costo trimestral \times 4 meses

Costo anual del *duroport* = Q 1 250,00 \times 4 meses

Costo anual del *duroport* = Q 5 000,00

3.3.3. Mano de obra indirecta

La mano de obra es otro elemento del costo de producción. Esta se analiza como el tiempo que invierten las personas en el proceso productivo de las sillas y los tableros, el cual debe ser cargado a los productos para su respectivo análisis. La mano de obra, al igual que la materia prima, se divide en: mano de obra indirecta y mano de obra directa. “La mano de obra indirecta se refiere a todo el tiempo que se invierte para mantener en funcionamiento la planta productiva, pero que no se relaciona directamente con los productos”.⁹

La mano de obra indirecta del proceso de producción de sillas y tableros viene dada por la plaza que ocupa el encargado del proyecto. Por ende es el encargado de la producción y supervisor de la misma, esta tarea está a cargo del ingeniero industrial Oswing Melgar, y en términos de costos tiene los elementos que se muestran a continuación:

Para una persona que trabaja en la Universidad de San Carlos de Guatemala se le deben de pagar las siguientes prestaciones:

- Bono 14
- Aguinaldo
- IGSS
- Plan de prestaciones
- Diferidos
- Bonificación decreto

⁹ TORRES SALINAS, Aldo S. *Contabilidad de Costos, análisis para la toma de decisiones*. p. 126.

Para calcular los costos de mano de obra indirecta es importante resaltar que únicamente es el costo asociado al sueldo del encargado de la producción. También se debe considerar que esta persona gana al mes un sueldo de Q 1 250,00 por hora laborada, la bonificación decreto que esta persona recibe por hora asciende a un monto de Q 100,00. Además, está contratada para trabajar dos horas diarias, es decir, tiene ocho horas de contratación de lunes a viernes en un horario de 8:00 a.m. hasta las 10:00 a.m.. A continuación se muestran los costos de mano de obra indirecta que se tienen contemplados para el primer año de ejecución del proyecto.

Cálculo de las deducciones que se deben realizar al momento de realizar el pago a la persona que ocupa la plaza de supervisor de producción:

- Impuesto Sobre la Renta (ISR)

Para determinar el monto al que asciende el ISR, es necesario que la persona gane Q 40 001,00 en adelante. Este se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{ISR} = \text{sueldo ordinario} \times 5 \%$$

Esto significa, que para esta plaza no se le debe descontar el ISR. Pues no gana más del monto que la ley establece.

- IGSS

$$\text{IGSS} = \text{sueldo ordinario} \times 4,83 \%$$

$$\text{IGSS} = \text{Q } 1\,250,00 \times 4,83 \%$$

$$\text{IGSS} = \text{Q } 60,38$$

- Plan de prestaciones

$$\text{Plan de prestaciones} = \text{sueldo ordinario} \times 10,5 \%$$

$$\text{Plan de prestaciones} = Q 1 250,00 \times 10,5 \%$$

$$\text{Plan de prestaciones} = Q 131,25$$

Ahora que ya se han calculado las deducciones que se realizan, a los trabajadores de la Universidad de San Carlos de Guatemala se debe calcular el valor del monto que se le debe pagar mensual y a lo largo de un año de trabajo.

Primero se calcula el monto que se le debe pagar por hora trabajada al mes. Esto considerando la bonificación decreto y las deducciones que se le deben hacer a cada trabajador.

$$\text{Líquido a recibir} = \text{sueldo ordinario} + \text{bonificación decreto} - \text{deducciones}$$

$$\text{Líquido a recibir} = Q 1 250,00 + Q 100,00 - Q 131,25 - Q 60,38$$

$$\text{Líquido a recibir} = Q 1 158,37$$

Luego de conocer el valor que se le debe pagar por hora, al mes al supervisor de producción, se debe calcular el valor que le corresponde por trabajar las horas por las cuales fue contratado. Esto se muestra a continuación:

$$\text{Líquido a recibir al mes} = \text{núm. de horas por jornada} \times \text{sueldo de la hora al mes}$$

$$\text{Líquido a recibir al mes} = 2 \text{ h} \times Q 1 158,37$$

$$\text{Líquido a recibir al mes} = Q 2 316,74$$

Para conocer el monto del cual se debe disponer para cubrir el costo de la mano de obra indirecta durante un año, se multiplica el valor que recibe al mes, por el número de meses del año.

Salario al año = salario mensual × número de meses trabajados

Salario al año = Q 2 316,74 × 9 meses

Salario al año = Q 20 850,66

Adicional a esto, la Universidad de San Carlos de Guatemala le paga dos diferidos durante el año a sus trabajadores. Con ello, la mano de obra indirecta asciende al valor que a continuación se calcula:

Diferido por mes = (Sueldo Ordinario – ISR) × Jornada

Diferido por mes = (Q 1 250,00 - 0,00) × 2 horas

Diferido por mes = Q 2 500,00

Como se pagan dos diferidos durante el transcurso de un año, el valor calculado anteriormente se debe multiplicar por dos. Esto se muestra a continuación:

Diferidos al año = diferido por mes × 2

Diferidos al año = Q 2 500,00 × 2

Diferidos al año = Q 5 000,00

Por último, se deben considerar dos prestaciones de Ley que la Universidad de San Carlos de Guatemala les da a sus trabajadores. Estas dos prestaciones se calculan de igual manera, por lo cual este equivale al monto que se le debe pagar al trabajador por concepto de bono 14 y aguinaldo.

Tabla VI. **Sueldos del supervisor de Producción en el primer año**

Mes	Ordinario (Q)	Extraordinario (Q)	Total (Q)
Enero	00,00	00,00	00,00
Febrero	2 500,00	200,00	2 700,00
Marzo	2 500,00	200,00	2 700,00
Abril	2 500,00	200,00	2 700,00
Mayo	2 500,00	200,00	2 700,00
Junio	00,00	00,00	00,00
Julio	2 500,00	200,00	2 700,00
Agosto	2 500,00	200,00	2 700,00
Septiembre	2 500,00	200,00	2 700,00
Octubre	2 500,00	200,00	2 700,00
Noviembre	2 500,00	200,00	2 700,00
Diciembre	00,00	00,00	00,00

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Bono 14 y aguinaldo} = \frac{\text{Suma de los seis últimos sueldos ordinarios}}{6}$$

$$\text{Bono 14 y aguinaldo} = \frac{\text{Q 15 000,00}}{6}$$

$$\text{Bono 14 y aguinaldo} = \text{Q 2 500,00}$$

El valor que se acaba de calcular es equivalente al monto que se le debe de pagar al supervisor de Producción si hubiese trabajado durante un año completo. Esto dentro de los períodos de tiempo para los cuales se calcula cada prestación laboral. Por este motivo se debe calcular la proporción de cada prestación que se le debe pagar, en la fecha que le corresponde a cada una.

Para calcular el valor equivalente al bono 14, en el primer año, se toman los meses que trabajó desde el primero de enero hasta el 30 de junio. Esto se muestra a continuación.

Meses	Sueldo
12	Q 2 500,00
4	x

Equis representa el valor del bono 14 que se debe pagar en el primer año. Este asciende a un valor de:

$$\text{Bono 14} = \frac{\text{Q 2 500,00} \times 6 \text{ meses}}{12 \text{ meses}}$$

$$\text{Bono 14} = \text{Q 1 250,00}$$

De igual manera que sucedió con el bono 14, para calcular el valor equivalente del aguinaldo en el primer año, se toman los meses que trabajó desde el primero de enero hasta el 30 de noviembre. Esto se muestra a continuación.

Meses	Sueldo
12	Q 2 500 00
11	x

Equis representa el valor del aguinaldo que se debe pagar en el primer año. Este asciende a un valor de:

$$\text{Aguinaldo} = \frac{\text{Q 2 500,00} \times 11 \text{ meses}}{12 \text{ meses}}$$

$$\text{Aguinaldo} = \text{Q 2 291 67}$$

Nota: se trabajó con año comercial de 360 días y mes comercial de 30 días.

Es importante mencionar que los valores de bono 14 y aguinaldo, a partir del segundo año, se deben pagar exactamente el valor equivalente a un año de trabajo, solamente si la plaza la sigue ocupando el ingeniero industrial Oswing Melgar. De lo contrario se debe de calcular la proporción equivalente a cada prestación.

3.3.4. Almacenamiento de materia prima y producto terminado

Para analizar los costos que se incurren en el momento en que se almacena la materia prima, productos en proceso y productos terminados, es importante conocer que se analizarán los costos producidos. Esto por el nivel de *stock* de cada uno de los productos o elementos en el inventario. Los costos varían dependiendo del nivel del inventario, es decir, estos costos dependen del número de unidades que se mantengan en la bodega y del tiempo. Para conocer los costos de almacenamiento de los productos en el CII se debe realizar lo siguiente:

Primero es importante mencionar que en el lugar no se cuenta con un espacio físico suficiente para almacenar toda la materia prima, productos en proceso, o bien, productos terminados. Por este motivo fue necesario alquilar una bodega en la periferia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con la salvedad que los productos terminados y productos en proceso, se guardarán en la bodega del CII. El fin de facilitar el acceso a los productos en proceso y para tener los productos terminados accesibles para revisión y aprobación, tanto del inversionista, como de los consumidores finales.

Previo a calcular el costo de almacenamiento es necesario realizar unas consideraciones previas. La primera de ellas es que: el cálculo se realiza con una bodega de 120 m², la cual al mes tiene un precio de arrendamiento de Q 2 895,60. Calculando el costo de la bodega por metro cuadrado se tiene:

Metros Cuadrados	Costo
120	Q 2 895,60
1	x

$$\text{Costo por m}^2 = \frac{\text{Q 2 895,60} \times 1 \text{ m}^2}{120 \text{ m}^2}$$

$$\text{Costo por m}^2 = \text{Q 24,13}$$

También se debe considerar el valor del *stock* que se maneja. Algo importante de resaltar es: no se maneja un *stock* mínimo de seguridad en este momento. Para analizar el *stock* promedio se calcula cuantos paneles se fabrican con las 250 libras de materia prima que se utilizan periódicamente. Se considera el peso de un panel que es de 1 016,31 gramos tal como se muestra a continuación:

$$1\,016,31 \frac{\text{gramos}}{\text{panel}} \times \frac{1 \text{ libra}}{454 \text{ gramos}} = 2,24 \frac{\text{libras}}{\text{panel}}$$

Luego de haber calculado el peso de los paneles en libras, se debe calcular el número de paneles que se fabrican con las 250 libras de materia prima que se disponen. Esto es lo que a continuación se calcula.

$$\text{Stock promedio} = \frac{\text{Cantidad de materia prima}}{\text{Cantidad de materia prima por panel}}$$

$$\text{Stock promedio} = \frac{250 \text{ libras}}{2,24 \text{ libras/panel}}$$

$$\text{Stock promedio} = 111,61 \text{ paneles}$$

Ahora se debe calcular el área de un panel para conocer el valor de almacenamiento de un panel individual. Para ello se hace la consideración con las dimensiones de un panel estándar, tal como se realiza a continuación.

$$\text{Área del panel} = \text{largo} \times \text{ancho}$$

$$\text{Área del panel} = 39 \text{ cm} \times 21,5 \text{ cm}$$

$$\text{Área del panel} = 838,5 \text{ cm}^2$$

Convirtiendo el área a m² se tiene:

$$838,5 \text{ cm}^2 \times \frac{1 \text{ m}^2}{(100 \text{ cm})^2} = 0,08385 \text{ m}^2$$

Ahora se debe calcular el costo que implica el almacenar un panel, tal y como se muestra a continuación.

Metros Cuadrados	Costo
1	Q 24,13
0,08385	x

$$\text{Costo por panel} = \frac{Q 24,13 \times 0,08385 \text{ m}^2}{1 \text{ m}^2}$$

$$\text{Costo por panel} = Q 2,02$$

Todo lo anterior se ha calculado con un solo objetivo, el cual consiste en calcular el costo de almacenamiento de los paneles. Este costo es igual para materia prima, productos en proceso y terminados, debido a lo que se explicó al inicio y las dimensiones de los paneles son exactamente igual a las de los pliegos de tetrabrik con los que se trabaja. Por esta razón se le atribuye el mismo costo de almacenaje a materia prima, productos en proceso y terminados.

$$\text{Costo de almacenamiento} = \text{Costo de mantener cada unidad} \times \text{Stock medio}$$

$$\text{Costo de almacenamiento} = Q 2,02 \times 111,61 \text{ unidades}$$

$$\text{Costo de almacenamiento} = Q 225,45$$

Lo anterior significa que al mes se incurre en un costo de Q 225,45 por mes, para almacenar la materia prima, productos en proceso y productos terminados. Ahora se debe calcular el costo de anual de la siguiente manera:

$$\text{Costo anual de almacenamiento} = \text{Costo mensual} \times 12 \text{ meses}$$

$$\text{Costo anual de almacenamiento} = Q 225,45 \times 12 \text{ meses}$$

$$\text{Costo anual de almacenamiento} = Q 2 705,36$$

3.3.5. Materiales de oficina

En la sección de financiamiento se colocó el valor de cada elemento que se compró, previo a comenzar a fabricar los paneles de tetrabrik. En esta

sección se analizarán los costos de los materiales de oficina que se consumen. Esto en el momento de fabricar los paneles y los productos que se obtienen con ellos. Es importante acotar que los materiales de oficina se siguen comprando en el mismo lugar en donde se adquirieron cuando se realizó la cotización previa a la inversión del proyecto.

Los materiales de oficina que están directamente ligados al proceso de fabricación son los siguientes:

- **Papel para impresora:** es un insumo que está ligado al proceso de fabricación debido a que se imprime una ficha técnica del producto. En ella se anotan los datos y condiciones bajo las cuales se trabaja, es decir, temperatura de trabajo del horno, cantidad de materia prima, presión de trabajo de la prensa, entre otras. En general se anotan todas las observaciones que puedan afectar al producto, con el fin de mejorar el mismo. Para calcular el costo anual del papel para impresora se debe calcular costo de la compra de 4 resmas de papel, tal como se muestra a continuación:

Costo anual del papel para impresora = # de resmas × Precio de resmas

Costo anual del papel para impresora = 4 resmas × Q 66,33

Costo anual del papel para impresora = Q 265,30

- **Fólders:** se utilizan para almacenar las fichas técnicas de los productos. Esto debido a que se lleva un control diario, semanal y mensual de la fabricación de los productos. Para obtener su costo anual se debe calcular el costo de la compra de 20 fólders como se muestra a continuación:

Costo anual de folders = núm. de folders × precio por folder

Costo anual de folders = 20 folders × Q 2,50

Costo anual de folders = Q 50,00

- Lapiceros: son insumos que se utilizan para llenar las fichas técnicas de cada producto y anotar las observaciones pertinentes a los mismos. El costo anual de los lapiceros equivale al costo de adquisición de 20 lapiceros, los cuales tienen un costo de:

Costo anual de lapiceros = cantidad de lapiceros × precio de un lapicero

Costo anual de lapiceros = 20 lapiceros × Q 2,00

Costo anual de lapiceros = Q 40,00

- Marcadores para pizarrón: estos se utilizan para anotar en un pizarrón la cantidad de productos que se deben fabricar en el día. Funcionan para escribir alguna especificación con respecto a la producción, para nombrar al encargado de la línea de producción, entre otras. En resumen son herramientas que sirven para ayudar a realizar la programación de la producción. Los costos anuales de la compra de marcadores es exactamente igual al que se necesitó para realizar la inversión, es decir, es el costo de la compra de 5 marcadores. Esto se muestra a continuación:

Costo anual de marcadores = núm. de marcadores × precio de marcadores

Costo anual de marcadores = 5 marcadores × Q 12,25

Costo anual de marcadores = Q 61,25

- Tinta para impresora: es un insumo muy importante debido a que se imprimen los formatos de las fichas técnicas que posteriormente se van

llenando para cuando se fabrican los productos. La tinta tiene un costo anual de:

Costo anual de tinta negra = núm. de cartuchos × precio por cartucho

Costo anual de tinta negra = 15 cartuchos × Q 95,00

Costo anual de tinta negra = Q 1 425,00

Costo anual de tinta de color = núm. de cartuchos × precio por cartucho

Costo anual de tinta de color = 5 cartuchos × Q 170,00

Costo anual de tinta de color = Q 850,00

Para conocer el costo total anual, de la tinta para impresora, se debe sumar el valor del a tinta negra más la tinta de color. El costo total es:

Costo total de tinta = costo de tinta de color + costo de tinta negra

Costo total de tinta = Q 850,00 + Q 1 425,00

Costo total de tinta = Q 2 275,00

- Grapas: se utiliza para engrapar las fichas técnicas y hojas adicionales que sean de importancia mantener en el archivo. El costo que se incurre a lo largo del año en grapas es el siguiente:

Costo anual de grapas = núm. de cajas × precio por caja

Costo anual de grapas = 2 cajas × Q 12,50

Costo anual de grapas = Q 25,00

3.3.6. Suministros

En esta sección se analiza como suministros al abastecimiento de agua potable y energía eléctrica. Esto debido a que son los únicos servicios que se utilizan y que están directamente relacionados con el proceso de fabricación de los paneles de tetrabrik.

- Agua potable: para analizar el suministro de agua potable se debe conocer que para la fabricación de los paneles se necesitan diez galones de agua al día. Estos se utilizan para remojar el tetrabrik y limpiarlo de los residuos que este a veces posee, todo esto se realiza previo a su trituración. Es importante mencionar que para analizar el costo anual del agua se investigó que la Universidad de San Carlos de Guatemala tiene sus pozos propios de agua potable. Por ello, no aplica la tarifa de Empagua a la Universidad. Por lo consiguiente se debe conocer la cantidad de agua que el CII consume al mes no representa un costo para el proceso, debido a que es gratis este servicio, sin importar la cantidad que se consuma de agua.

Costo anual del agua = Q 0,00

- Energía eléctrica: para determinar estos costos se recopilaron datos técnicos de los equipos y el tiempo de funcionamiento de los mismos, como se muestran:

Tabla VII. **Datos técnicos de los equipos eléctricos**

Cantidad	Nombre	Dato técnico	Tiempo de funcionamiento
1	Horno	Potencia de 1 600 watts	8 horas
1	Sierra de cinta	Potencia de 746 watts	3 horas
1	Compresor	Potencia de 2 238 watts	6 horas
1	Balanza	110 voltios, 13,5 amperios	0,5 horas
1	Molino Crusher	Potencia de 7 500 watts	1 horas
1	Sierra de mesa	Potencia de 2 238 watts	3 horas
4	Bombillas	Potencia de 400 watts	8 horas

Fuente: elaboración propia.

Para calcular los costos anuales individuales de cada equipo, se realiza de la siguiente manera:

$$\text{Costo de electricidad} = \text{precio de Kwh} \times \text{consumo}$$

Pero el consumo de la energía eléctrica viene dado de la siguiente manera:

$$\text{Consumo de electricidad} = \text{potencia} \times \text{tiempo de funcionamiento al año}$$

Es importante conocer que en el año únicamente se trabajan 245 días efectivos al año. Por lo consiguiente, calculando el costo de la energía eléctrica del horno industrial, se tiene lo siguiente:

$$\text{Consumo de electricidad} = \text{potencia} \times \text{tiempo de funcionamiento al año}$$

$$\text{Consumo de electricidad} = 8 \text{ horas} \times 1,6 \text{ Kw} \times 245 \text{ días}$$

$$\text{Consumo de electricidad} = 3 136,00 \text{ Kwh}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo de electricidad} &= \text{precio de Kwh} \times \text{consumo} \\ \text{Costo de electricidad} &= 1,60 \text{ Q/Kwh} \times 3\,136,00 \text{ Kwh} \\ \text{Costo de electricidad} &= \text{Q } 5\,017,00 \end{aligned}$$

Ahora se realiza el mismo cálculo para conocer el costo de la sierra de cinta, obteniendo el siguiente resultado:

$$\begin{aligned} \text{Consumo de electricidad} &= \text{potencia} \times \text{tiempo de funcionamiento al año} \\ \text{Consumo de electricidad} &= 3 \text{ horas} \times 0,746 \text{ Kw} \times 245 \text{ días} \\ \text{Consumo de electricidad} &= 548,31 \text{ Kwh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo de electricidad} &= \text{precio de Kwh} \times \text{consumo} \\ \text{Costo de electricidad} &= 1,60 \text{ Q/Kwh} \times 548,31 \text{ Kwh} \\ \text{Costo de electricidad} &= \text{Q } 877,30 \end{aligned}$$

Calculando el costo de la energía eléctrica para el compresor, se obtiene lo siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Consumo de electricidad} &= \text{potencia} \times \text{tiempo de funcionamiento al año} \\ \text{Consumo de electricidad} &= 6 \text{ horas} \times 2,238 \text{ Kw} \times 245 \text{ días} \\ \text{Consumo de electricidad} &= 3\,289,86 \text{ Kwh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo de electricidad} &= \text{precio de Kwh} \times \text{consumo} \\ \text{Costo de electricidad} &= 1,60 \text{ Q/Kwh} \times 3\,289,86 \text{ Kwh} \\ \text{Costo de electricidad} &= \text{Q } 5\,263,78 \end{aligned}$$

Calculando el costo de la energía eléctrica para el molino crusher, se obtiene lo siguiente:

Consumo de electricidad = potencia × tiempo de funcionamiento al año

Consumo de electricidad = 1 horas × 7,5 Kw × 245 días

Consumo de electricidad = 1 837,50 Kwh

Costo de electricidad = precio de Kwh × consumo

Costo de electricidad = 1,60 Q/Kwh × 1 837,50 Kwh

Costo de electricidad = Q 2 920,40

Calculando el costo de la energía eléctrica para la sierra de mesa, se obtiene lo siguiente:

Consumo de electricidad = potencia × tiempo de funcionamiento al año

Consumo de electricidad = 3 horas × 2,238 Kw × 245 días

Consumo de electricidad = 1 644,93 Kwh

Costo de electricidad = precio de Kwh × consumo

Costo de electricidad = 1,60 Q/Kwh × 1 644,93 Kwh

Costo de electricidad = Q 2 631,89

Calculando el costo de la energía eléctrica para la balanza, previo a calcular el consumo, se debe calcular la potencia de la balanza. De esta manera se tiene lo siguiente:

Potencia = voltaje × corriente

Potencia = 110 V × 13,5 A

Potencia = 1 485,00 Watts

Consumo de electricidad = potencia × tiempo de funcionamiento al año

Consumo de electricidad = 0,5 horas × 1,485 Kw × 245 días

Consumo de electricidad = 181,91 Kwh

$$\text{Costo de electricidad} = \text{precio de Kwh} \times \text{consumo}$$

$$\text{Costo de electricidad} = 1,60 \text{ Q/Kwh} \times 181,91 \text{ Kwh}$$

$$\text{Costo de electricidad} = \text{Q } 291,06$$

Por último, se debe calcular el costo de la energía eléctrica para las bombillas, teniendo el siguiente resultado:

$$\text{Consumo de electricidad} = \text{potencia} \times \text{tiempo de funcionamiento al año}$$

$$\text{Consumo de electricidad} = 8 \text{ horas} \times 0,4 \text{ Kw} \times 245 \text{ días}$$

$$\text{Consumo de electricidad} = 784 \text{ Kwh}$$

$$\text{Costo de electricidad} = \text{precio de Kwh} \times \text{consumo}$$

$$\text{Costo de electricidad} = 1,60 \text{ Q/Kwh} \times 784 \text{ Kwh}$$

$$\text{Costo de electricidad} = \text{Q } 1\,254,40$$

Ahora para conocer el costo total anual, atribuible a la energía eléctrica, se deben sumar todos los costos de los equipos individuales de la siguiente manera:

$$\text{Costo de la energía eléctrica} = \sum \text{Costos de cada equipo}$$

$$\text{Costo de la energía eléctrica} = (\text{Q } 5\,017,00 + \text{Q } 877,30 + \text{Q } 5\,263,78 + \text{Q } 2\,920,40 + \text{Q } 2\,631,89)$$

$$\text{Costo de la energía eléctrica} = \text{Q } 18\,255,83$$

3.3.7. Otros gastos

En esta sección se mostrarán los costos que no se tienen contemplados con anterioridad, pero que son de suma importancia. Por ejemplo, el costo del jabón con el cual se lava el tetrabrik, el costo del combustible del vehículo en el

que se transporta la materia prima y costos de instalación de los equipos de trabajo.

- Jabón: el costo anual atribuible al jabón viene dado por el costo de comprar 60 bolsas de jabón en polvo de 1 000,00 gramos. A continuación se calcula ese costo:

$$\text{Costo de Jabón} = \text{núm de bolsas} \times \text{precio de cada bolsa}$$

$$\text{Costo de Jabón} = 60 \text{ bolsas} \times \text{Q } 21,35$$

$$\text{Costo de jabón} = \text{Q } 1\,281,00$$

- Cepillos: también se deben considerar los costos de la compra de 10 cepillos que se utilizan para lavar el tetrabrik, tal como se muestra a continuación:

$$\text{Costo de cepillos} = \text{precio de los cepillos} \times \text{cantidad de cepillos}$$

$$\text{Costo de cepillos} = \text{Q } 4,50 \times 10 \text{ cepillos}$$

$$\text{Costo de cepillos} = \text{Q } 45,00$$

- Costo de instalación: es un costo que se desembolsó en una sola ocasión. Por esta razón los costos de instalación de los equipos se detallan en la siguiente tabla, pero es importante acotar que, con excepción del compresor y el molino crusher. A estos se les realizó una cimentación, los demás equipos únicamente fueron instalados y asegurados a través de pernos.

Tabla VIII. **Costos de instalación**

Nombre	Costo de instalación (Q)
Horno industrial	500,00
Sierra de cinta	200,00
Compresor	700,00
Molino Crusher	750,00
Sierra de mesa	200,00
Total	2 350,00

Fuente: elaboración propia.

- Costo de combustible: este costo se tiene debido a que cuando se compra la materia prima se debe transportar desde la recicladora hasta las instalaciones del CII. También se debe considerar aquí el costo del combustible y transporte de la bodega de materia prima al CII.

Hay una distancia de la recicladora hacia el CII de 9,7 km y se compran 12 veces en el año materia prima. De la bodega de materia prima hacia el CII hay una distancia de 1,3 km y se transportan paneles 20 veces al año. Para calcular los costos equivalentes al combustible es importante resaltar que el vehículo en el que se transporta la materia prima hace un consumo de 40 km/galón de combustible.

Previo a calcular los costos de combustible, se deben determinar las distancias totales las cuales se recorren. Se consideran que las distancias las recorre de ida y vuelta, tal como se calcula a continuación:

Kilómetros de la recicladora al CII = distancia × número de viajes × 2

Kilómetros de la recicladora al CII = 9,7 km × 12 viajes/año × 2

Kilómetros de la recicladora al CII = 232,8 Km/año

Kilómetros de la bodega al CII = distancia × 2 × número de viajes

Kilómetros de la bodega al CII = 1,3 Km × 2 × 20 viajes/año

Kilómetros de la bodega al CII = 52 km/año

Kilómetros totales = Km de la recicladora al CII + km de la bodega al CII

Kilómetros totales = 232,8 Km/año + 52 Km/año

Kilómetros totales = 284,4 Km/año

Ahora que se conoce el total de kilómetros que se recorren a lo largo del año, se debe calcular el número de galones de combustible que gasta el vehículo en el cual se transporta la materia prima. Esto es de la siguiente manera.

$$\text{Número de galones} = \frac{\text{Kilómetros totales}}{\text{Kilómetros que recorre el vehículo por galón}}$$

$$\text{Número de galones} = \frac{284,4 \text{ Km/año}}{40 \text{ Km/galón}}$$

$$\text{Número de galones} = 7,11 \text{ galones/año}$$

Ahora que se conoce la cantidad de galones de combustible que se consumen durante el año, se debe calcular el costo total de combustible. Para ello se consultó la página del Ministerio de Energía y Minas de Guatemala (MEM) y según este ministerio el precio oficial de la gasolina regular es de Q 26,30 por galón, teniendo un costo anual de:

Costo anual de combustible = número de galones al año × precio por galón

Costo anual de combustible = 7,11 galones/año × 26,30 Q/galón

Costo anual de combustible = 186,99 Q/año

3.4. Determinación de los costos variables

Los costos variables están definidos como el valor monetario en el que se incurre cuando se fabrican diferentes cantidades de productos. Este valor monetario depende de la cantidad de producción que se esté manejando durante ese período.

En esta sección se analizará en especial el costo del mantenimiento debido a que los equipos son utilizados dependiendo de la cantidad de producción que se desee fabricar. También se analizará el consumo de materia prima esto debido a que se compra una cantidad específica de materia prima no toda se utiliza para fabricar sillas, también se fabrican tableros. Por último la mano de obra directa porque dependiendo de la cantidad de producción que se tiene planificada fabricar, así es la cantidad de personal que interviene en el proceso productivo.

3.4.1. Mantenimiento del equipo

Previo a determinar los costos atribuibles al mantenimiento se debe saber que estos costos se dividen en cuatro categorías. Estas categorías son: costo de las intervenciones (C_i), costo de las fallas (C_f), costo de almacenamiento (C_a) y costo de sobreinversiones (C_{si}). Por lo cual el costo atribuible al mantenimiento es la suma de los cuatro costos anteriores.

- Costo de intervenciones: (C_i) es la parte del análisis de costos en donde se incluyen los costos que generan los mantenimientos preventivos y correctivos. Aquí se deben incluir los costos de mano de obra, ya sea mano de obra interna del CII o mano de obra externa. También se deben incluir los costos que generan repuestos en bodega, o bien, los costos

que generan los repuestos que se compran para esa intervención. Por último se deben considerar los costos que se generan en el momento de comparar material para realizar la intervención.

Es de suma importancia mencionar que en el CII, cuando se planificó el proyecto, no se consideró el mantenimiento de los equipos. Es por esta razón que no se cuenta con un plan de mantenimiento preventivo aún, por consecuencia el costo de los mantenimientos preventivos es de Q 0,00.

Por la misma razón por la cual no existe un plan de mantenimiento preventivo, tampoco existe una bodega que almacene las piezas más susceptibles a fallas de los equipos. Esto significa que no se tiene ningún costo atribuible al *stock* de piezas de los equipos, es decir, el costo de tener repuestos en bodega es de Q 0,00.

Debido a la ausencia de un plan de mantenimiento preventivo se analizarán los costos de los mantenimientos correctivos que se han realizado. También se debe mencionar que no son muchos debido a que los equipos se compraron nuevos y no han presentado muchas averías.

La primera avería que se analiza es: cambio del medidor de la temperatura del horno industrial. Para la reparación de esta avería se realizó en un período de tiempo de dos horas, pero se tardó dos meses en cotizar y comprar el repuesto. Esta no impidió el funcionamiento del horno por lo cual no fue necesario repararla en el momento en el que se presentó. El costo de reparar esta avería viene dado por:

Costo de avería 1 = costo del medidor + costo de la mano de obra

La mano de obra que realizó el trabajo es la mano interna del CII. Por ello, el costo de mano de obra es equivalente a lo que gana la persona que ejecutó el trabajo. A continuación se calcula el monto al que asciende:

La persona que realizó el trabajo gana Q 650,00 por hora al mes. Por ello, se calcula el valor que gana por hora al día de la siguiente manera.

$$\text{Costo de mano de obra} = \frac{\text{Q 650,00 por hora al mes}}{30 \text{ días al mes}}$$

$$\text{Costo de mano de obra} = \text{Q 21,67 por hora al día}$$

Como se sabe que le período de reparación fue de dos horas hombre, el costo total de mano de obra por la avería uno viene dado por:

$$\text{Costo de mano de obra} = \text{costo por hora al día} \times \text{horas hombre}$$

$$\text{Costo de mano de obra} = \text{Q 21,67 por hora al día} \times 2 \text{ horas hombre}$$

$$\text{Costo de mano de obra} = \text{Q 43,33}$$

Ahora que se conoce el valor del costo de la mano de obra que ejecutó la reparación de la avería 1. Se calcula el costo total de la reparación de dicha avería de la siguiente manera:

$$\text{Costo de avería 1} = \text{costo del medidor} + \text{costo de la mano de obra}$$

$$\text{Costo de avería 1} = \text{Q 784,99} + \text{Q 43,33}$$

$$\text{Costo de avería 1} = \text{Q 828,32}$$

Debido al poco uso que se les da a las máquinas a la semana, algunas de ellas comenzaron a corroerse. Por consecuencia lo siguiente que se analiza es

el tratamiento de corrosión que se ejecutó para las paredes internas del horno industrial. Para esta actividad de mantenimiento se compró equipo para ejecutar esta actividad, dentro del equipo que se compró se tiene: un barreno, un set de cepillos de alambre para barreno, diez pliegos de lija número 120 y diez pliegos de lija número 1 000. Esta actividad se realizó durante un día completo, día durante el cual no se fabricaron productos. La persona encargada está a cargo de la fabricación de los productos. Para realizar esta actividad de mantenimiento que los costos se representan de la siguiente manera:

Tabla IX. **Costos de los insumos adquiridos**

Cantidad	Descripción	Costo (Q)
1	Barreno Bosh	1 200,00
1	Set de cepillos de alambre	224,50
10	Pliegos de lija 1 000	50,00
10	Pliegos de lija 120	65,00
	Total	1 539,50

Fuente: elaboración propia.

Para realizar esta actividad de mantenimiento, los costos vienen dado por la siguiente ecuación.

$$\text{Costo total} = \text{costo de los equipos} + \text{costo de mano de obra}$$

Para determinar el costo de la mano de obra para esta actividad, se sabe que la duración del trabajo fue de ocho horas hombre. Para ello, se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Costo de mano de obra} = \frac{\text{Q 650,00 por hora al mes}}{30 \text{ días al mes}}$$

$$\text{Costo de mano de obra} = \text{Q 21,67 por hora al día}$$

Costo de mano de obra = costo por hora al día × horas hombre

Costo de mano de obra = Q 21,67 por hora al día × 8 horas hombre

Costo de mano de obra = Q 173,36

Ahora que se conoce el valor del costo de la mano de obra que ejecutó esta actividad de mantenimiento, se calcula el costo total de la reparación. Esto de la siguiente manera:

2da. actividad de manto. = costo de adquirir equipo + costo de la mano de obra

2da. actividad de manto. = Q 1 539,50 + Q 173,36

2da. actividad de manto. = Q 1 712,86

Otra actividad de mantenimiento que se realizó fue contratar a una empresa para realizar una limpieza a los equipos. Esto debido a que el tetrabrik genera mucha mota en el momento que es triturado. Esta limpieza estuvo a cargo de una empresa externa que se encarga de este tipo de trabajos, teniendo un costo establecido en el contrato de:

Costo de limpieza = Q 3 500,00

Es importante mencionar que este trabajo lo realizaron en días que no se interfirió con la producción.

Por último se cuantificar el costo total de las intervenciones, teniendo que sumar el costo de las tres intervenciones anteriores de la siguiente manera:

Costo total de las intervenciones = \sum Intervenciones realizadas

Costo total de las intervenciones = Q 3 500,00 + Q 1 712,86 + Q 828,32

Costo total de las intervenciones = Q 6 041,18

- Costo de fallas

(C_f) es la parte del análisis de costos en donde se incluyen los costos que generan una pérdida en las utilidades por problemas atribuibles al mantenimiento de los equipos. Esto significa que una falla en los equipos produce un retraso en la producción, o bien, se da un deterioro en la calidad del producto. Este problema se puede generar debido a un mantenimiento preventivo mal definido o mal ejecutado. También pueden afectar la utilización de repuestos de baja calidad, afecta la ejecución de los mantenimientos en periodos muy largos entre mantenimientos, entre otros factores.

En esta sección se analizará la consecuencia que produjo en las utilidades el paro que se realizó para tratar la corrosión que se generó en el horno industrial. Dicho paro tuvo una duración de 8 horas hombre, lo cual significa que se paró la producción durante 8 horas de trabajo, la producción de la siguiente manera:

Según lo que se muestra en la sección 3.2.1., en los diagramas de flujo, se tienen que las sillas se fabrican en 152,2 minutos y los tableros en 146,2 minutos a partir de ahí se calcula lo siguiente:

$$\text{Tiempo de fabricar una silla} = \frac{152,2 \text{ minutos}}{60 \text{ minutos/hora}}$$

$$\text{Tiempo de fabricar una silla} = 2,54 \text{ horas}$$

Como se trabaja en una jornada diurna se fabrica la siguiente cantidad de sillas:

$$\text{Producción diaria} = \frac{8 \text{ horas}}{2,54 \text{ sillas/hora}}$$

$$\text{Producción diaria} = 3,15 \text{ sillas}$$

De la misma manera se calcula la producción diaria de tableros, teniendo los siguientes resultados:

Tabla X. **Resultado de la producción de tableros**

Tiempo de fabricar un tablero	2,44 horas
Producción diaria de tableros	3,28 tableros

Fuente: elaboración propia.

Para determinar los costos por el paro de producción atribuibles al mantenimiento, se debe calcular el valor de la producción que se dejó de fabricar. Esto debido a la parada obligatoria que se tuvo, consecuencia de ello los costos por no haber fabricado sillas vienen dado por:

$$\text{Costo de falla 1} = \text{precio de silla} \times \text{número de sillas dejadas de fabricar}$$

$$\text{Costo de falla 1} = Q 145,00 \times 3,15 \text{ sillas}$$

$$\text{Costo de falla 1} = Q 456,75$$

El costo en que se incurre al dejar de producir tableros es de:

Costo de falla 2 = precio de tablero × número de tableros dejadas de fabricar

$$\text{Costo de falla 2} = Q 45,00 \times 3,28 \text{ tableros}$$

$$\text{Costo de falla 2} = Q 147,6$$

El costo total de falla viene dado por la suma de los dos costos anteriores, tal como se realiza a continuación:

$$\text{Costo total} = \text{costo de falla 1} + \text{costo de falla 2}$$

$$\text{Costo total} = Q 456,75 + Q 147,60$$

$$\text{Costo total} = Q 604,35$$

- Costo de almacenamiento: (C_a) es la parte del análisis de costos en donde se incluyen los costos que genera el tener un inventario de piezas susceptibles a fallas e insumos en general. Estos sirven para la realización del mantenimiento. Por lo general, es el área más fácil de analizar y optimizar con el fin de reducir costos.

En esta sección no se tiene ningún costo atribuible al almacenamiento de piezas y repuestos en general. Debido a que no existe una bodega destinada a mantener el *stock* de insumos necesarios para la ejecución de los mantenimientos que se necesiten realizar, tanto correctivos como preventivos.

$$\text{Costo de almacenamiento} = Q 0,00$$

- Costo de sobreinversiones: (C_{si}) es la parte del análisis de costos que se encarga de registrar los costos pasados del mantenimiento. Se deben tener registros muy precisos, debido a que si no se tienen registros precisos no serán fiables los costos que se estimen. Se deben tener registros contables, registros correspondientes a la mano de obra,

material de mantenimiento, entre otros. Se deben actualizar los valores de las cuentas a los años actuales, es decir, por ejemplo, los precios de los materiales se deben ajustar considerando los cambios que han sufrido.

En esta sección se deben actualizar los costos de mantenimiento a los valores actuales, pero como los mantenimientos se han dado a lo largo de los últimos doce meses. Los valores aún siguen siendo los mismos, razón por la cual no ha incrementado el costo sobreinversiones, y sigue siendo de Q 0,00.

Por último se calcula el costo global de mantenimiento, como se definió al inicio de esta sección. Este costo es igual a la suma de los costos individuales anteriores, teniendo un resultado de:

$$\text{Costo global de mantenimiento} = C_i + C_f + C_a + C_{si}$$

$$\text{Costo global de mantenimiento} = Q 6 041,18 + Q 604,35 + Q 0,00 + Q 0,00$$

$$\text{Costo global de mantenimiento} = Q 6 645,53$$

3.4.2. Consumo de materia prima

En esta sección se analiza el consumo de materia prima en el proceso de fabricación. El fin es conocer si las cantidades de insumos que se compran, son las necesarias o si se está incurriendo en un costo extra, debido a un exceso de materia prima.

Primero se debe saber que los paneles de tetrabrik se fabrican de las dimensiones siguientes: 39 cm de longitud, 21,5 cm de ancho y 1,5 cm de grosor. Un panel, con las características anteriores, tiene un peso de 1 016,31 gramos. La composición de materia prima, de un panel, es como se muestra a continuación:

Tabla XI. **Composición de un panel de tetrabrik**

Composición	Cantidad en gramos
Tetrabrik	750,00
Plástico	166,31
<i>Duroport</i>	100,00
Total	1 016,31

Fuente: elaboración propia.

Previamente a calcular los costos anuales, se calcula el número de unidades que se fabrican a lo largo de los días de trabajo durante el año. Esto, de la siguiente manera:

$$\text{Número de sillas} = \text{producción diaria} \times \text{días de trabajo}$$

Al inicio del capítulo aparecen diagramas de flujo de los productos que se fabrican. Con estos puede determinarse la producción diaria de sillas y tableros, de los cuales se fabrican 3,15 y 3,28 respectivamente. Con estos datos se calcula la producción anual de cada producto y el consumo de materia prima de la siguiente manera:

- Sillas

$$\text{Número de sillas} = \text{producción diaria} \times \text{días de trabajo}$$

$$\text{Número de sillas} = 3,15 \times 245 \text{ días}$$

$$\text{Número de sillas} = 772 \text{ sillas}$$

Ahora se calcula la cantidad de tetrabrik que se necesita para elaborar las 772 sillas, para ello se tiene:

$$\text{Cantidad de tetrabrik anual} = \text{cantidad de tetrabrik} \times \text{producción anual}$$

$$\text{Cantidad de tetrabrik anual} = 750 \text{ gramos} \times 772 \text{ sillas}$$

$$\text{Cantidad de tetrabrik anual} = 579\,000,00 \text{ gramos} \cong 1\,275,33 \text{ libras}$$

Ahora se calcula la cantidad de plástico que se necesita para elaborar las 772 sillas, para ello se tiene:

$$\text{Cantidad de plástico anual} = \text{cantidad de plástico} \times \text{producción anual}$$

$$\text{Cantidad de plástico anual} = 166,31 \text{ gramos} \times 772 \text{ sillas}$$

$$\text{Cantidad de plástico anual} = 128\,391,32 \text{ gramos} \cong 282,80 \text{ libras}$$

Ahora se calcula la cantidad de *duroport* que se necesita para elaborar las 772 sillas, para ello se tiene:

$$\text{Cantidad de } \textit{duroport} \text{ anual} = \text{cantidad de } \textit{duroport} \times \text{producción anual}$$

$$\text{Cantidad de } \textit{duroport} \text{ anual} = 100 \text{ gramos} \times 772 \text{ sillas}$$

$$\text{Cantidad de } \textit{duroport} \text{ anual} = 77\,200,00 \text{ gramos} \cong 170,04 \text{ libras}$$

Ahora se calcula la cantidad de bases metálicas que se necesitan para la fabricación de las 772 sillas:

$$\text{Número de bases metálicas} = \text{producción anual} \times \text{número de bases por silla}$$

$$\text{Número de bases metálicas} = 772 \text{ sillas} \times 1 \text{ base}$$

$$\text{Número de bases metálicas} = 772 \text{ bases metálicas}$$

Ahora se calcula la cantidad de talco industrial que se necesita para la fabricación de las 772 sillas:

$$\text{Cantidad de talco} = \text{cantidad de talco por panel} \times \text{producción anual}$$

$$\text{Cantidad de talco} = 2 \text{ onzas} \times 772 \text{ sillas}$$

$$\text{Cantidad de talco} = 1\,544\,00 \text{ oz} \cong 96,5 \text{ libras}$$

Ahora se calcula la cantidad de aceite mineral que se necesita para la fabricación de las 772 sillas:

$$\text{Cantidad de aceite} = \text{cantidad de aceite por panel} \times \text{producción anual}$$

$$\text{Cantidad de aceite} = 75 \text{ ml} \times 772 \text{ sillas}$$

$$\text{Cantidad de aceite} = 57\,900,00 \text{ ml} \cong 57,9 \text{ litros} \cong 15,28 \text{ galones}$$

Por último, se calcula la cantidad de pintura que se necesita para las 772 sillas, el cálculo queda de la siguiente manera:

$$\text{Botes de pintura} = \frac{\text{Producción anual}}{\text{Sillas por botes de pintura}}$$

$$\text{Botes de pintura} = \frac{772 \text{ sillas}}{4 \text{ sillas por bote de pintura}}$$

$$\text{Botes de pintura} = 193$$

Lo último que hace falta calcular es la cantidad de tornillos que se emplean en la fabricación anual de las sillas. El cálculo queda de la siguiente forma:

Número de tornillos = producción anual × número de tornillos por silla

Número de tornillos = 772 sillas × 6 tornillos por silla

Número de tornillos = 4 632,00

- Tableros: ahora que se conoce el consumo de materia prima para fabricar sillas de paneles de tetrabrik, se realiza el mismo procedimiento para conocer el consumo de materia prima para la fabricación de tableros de tetrabrik. A continuación se muestran los cálculos:

Número de tableros = producción diaria × días de trabajo

Número de tableros = 3,28 × 245 días

Número de sillas = 804 tableros

Ahora se calcula la cantidad de tetrabrik que se necesita para elaborar los tableros, para ello se tiene:

Cantidad de tetrabrik anual = cantidad de tetrabrik × producción anual

Cantidad de tetrabrik anual = 750 gramos × 804 tableros

Cantidad de tetrabrik anual = 603 000,00 gramos \cong 1 328,19 libras

Ahora se calcula la cantidad de plástico que se necesita para elaborar los tableros, para ello se tiene:

Cantidad de plástico anual = cantidad de plástico × producción anual

Cantidad de plástico anual = 166,31 gramos × 804 tableros

Cantidad de plástico anual = 133 713,24 gramos \cong 294,52 libras

Ahora se calcula la cantidad de *duroport* que se necesita para elaborar los tableros, para ello se tiene:

Cantidad de *duroport* anual = cantidad de *duroport* × producción anual

Cantidad de *duroport* anual = 100 gramos × 804 tableros

Cantidad de *duroport* anual = 80 400,00 gramos \cong 174,09 libras.

Ahora se calcula la cantidad de ganchos que se necesitan para la fabricación de los tableros. A continuación los cálculos:

Número de ganchos = producción anual × número de ganchos por tablero

Número de ganchos = 804 tableros × 1 gancho

Número de ganchos = 804 ganchos

Ahora se calcula la cantidad de talco industrial que se necesita para la fabricación de los tableros:

Cantidad de talco = cantidad de talco por panel × producción anual

Cantidad de talco = 2 onzas × 804 tableros

Cantidad de talco = 1 608,00 oz \cong 100,5 libras

Ahora se calcula la cantidad de aceite mineral que se necesita para la fabricación de los tableros:

Cantidad de aceite = cantidad de aceite por panel × producción anual

Cantidad de aceite = 75 ml × 804 tableros

Cantidad de aceite = 60 300,00 ml \cong 60,3 litros \cong 15,91 galones

Por último, se calcula la cantidad de pintura que se necesita para los tableros. El cálculo queda de la siguiente manera:

$$\text{Botes de pintura} = \frac{\text{Producción anual}}{\text{Tableros por botes de pintura}}$$

$$\text{Botes de pintura} = \frac{804 \text{ tableros}}{10 \text{ tableros por bote de pintura}}$$

$$\text{Botes de pintura} = 80,4$$

Finalmente, se necesita calcular la cantidad de tornillos que se emplean en la fabricación anual de los tableros. El cálculo queda de la siguiente forma:

$$\text{Número de tornillos} = \text{producción anual} \times \text{número de tornillos por tableros}$$

$$\text{Número de tornillos} = 804 \text{ tableros} \times 2 \text{ tornillos por tablero}$$

$$\text{Número de tornillos} = 1\,608,00$$

3.4.3. Mano de obra directa

Como se definió previamente, la mano de obra es un elemento muy importante del costo de producción, por esa razón se analiza la mano de obra directa del proceso productivo de sillas y tableros del CII. Para la mano de obra directa, el CII tiene presupuestada una plaza de auxiliar de laboratorio, contratado durante cuatro horas al día. Por otro lado también cuentan con la mano de obra directa que ofrecen practicantes, estudiantes que realizan su EPS y trabajos de graduación en dicho lugar. Previo a calcular el costo de la mano de obra directa se debe considerar las prestaciones laborales de la Universidad de San Carlos de Guatemala:

- Bono 14
- Aguinaldo

- IGSS
- Plan de prestaciones
- Diferidos
- Bonificación decreto

Para calcular los costos de mano de obra directa es importante resaltar que únicamente se toma en cuenta el costo asociado al sueldo del auxiliar de laboratorio. También se debe considerar que esta persona gana al mes un sueldo de Q 650,00 por hora laborada. La persona está contratada para trabajar en un horario de 8:00 a.m. hasta las 12:00 horas. A continuación se muestran los costos de mano de obra directa que se tienen contemplados para el primer año de ejecución del proyecto.

Cálculo de las deducciones que se deben realizar al momento de realizar el pago al auxiliar de laboratorio:

- Impuesto Sobre la Renta (ISR)

Para determinar el monto al que asciende el ISR, es necesario que la persona gane Q 40 001,00 en adelante, razón por la cual esta deducción no aplica.

- IGSS

$$\text{IGSS} = \text{sueldo ordinario} \times 4,83 \%$$

$$\text{IGSS} = 650,00 \times 4,83 \%$$

$$\text{IGSS} = \text{Q } 31,40$$

- Plan de prestaciones

$$\text{Plan de prestaciones} = \text{sueldo ordinario} \times 10,5 \%$$

$$\text{Plan de prestaciones} = q 650.00 \times 10,5 \%$$

$$\text{Plan de prestaciones} = Q 68,25$$

Ahora que ya se han calculado las deducciones que se deben realizar a al auxiliar de laboratorio, se debe calcular el valor del monto que se le debe pagar mensual y al año.

Primero se calcula el monto que se le debe pagar por hora trabajada al mes, considerando la bonificación decreto y las deducciones que se le deben hacer a cada trabajador.

$$\text{Líquido a recibir} = \text{sueldo ordinario} + \text{bonificación decreto} - \text{deducciones}$$

$$\text{Líquido a recibir} = Q 650,00 + Q 31,25 - Q 68,25 - Q 31,40$$

$$\text{Líquido a recibir} = Q 581,60$$

Luego de conocer el valor que se le debe pagar por hora al mes, se debe calcular el valor que le corresponde por trabajar las horas por las cuales fue contratado. Esto se muestra a continuación:

$$\text{Líquido a recibir al mes} = \text{núm. de horas por jornada} \times \text{sueldo de la hora al mes}$$

$$\text{Líquido a recibir al mes} = 4 \text{ h} \times Q 581,60$$

$$\text{Líquido a recibir al mes} = Q 2 326,40$$

Para conocer el monto del cual se debe disponer para cubrir el costo de la mano de obra directa durante un año, se multiplica el valor que recibe al mes, por el número de meses del año.

Salario al año = salario mensual × 12 meses

Salario al año = Q 2 326,40 × 9 meses

Salario al año = Q 20 937,76

Adicional a esto, la Universidad de San Carlos de Guatemala le paga dos diferidos durante el año a sus trabajadores, que para la mano de obra directa asciende al valor que a continuación se calcula:

Diferido por mes = (Sueldo Ordinario – ISR) × Jornada

Diferido por mes = (Q 650,00 - 0,00) × 4 horas

Diferido por mes = Q 2 600,00

Como se pagan dos diferidos durante el transcurso de un año, el valor calculado anteriormente se debe multiplicar por dos. Esto a continuación se muestra:

Diferidos al año = diferido por mes × 2

Diferidos al año = Q 2 600,00 × 2

Diferidos al año = Q 5 200,00

Por último, se debe considerar dos prestaciones de Ley que la Universidad de San Carlos de Guatemala les da a sus trabajadores. Estas dos prestaciones se calculan de igual manera, por lo cual el monto equivale al monto que se le debe pagar al trabajador por concepto de bono 14 y aguinaldo.

Tabla XII. **Sueldos del Supervisor de Producción en el primer año**

Mes	Ordinario (Q)	Extraordinario (Q)	Total (Q)
Enero	0,00	0,00	0,00
Febrero	2 600,00	125,00	2 725,00
Marzo	2 600,00	125,00	2 725,00
Abril	2 600,00	125,00	2 725,00
Mayo	2 600,00	125,00	2 725,00
Junio	0,00	0,00	0,00
Julio	2 600,00	125,00	2 725,00
Agosto	2 600,00	125,00	2 725,00
Septiembre	2 600,00	125,00	2 725,00
Octubre	2 600,00	125,00	2 725,00
Noviembre	2 600,00	125,00	2 725,00
Diciembre	0,00	0,00	0,00

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Bono 14 y aguinaldo} = \frac{\text{Suma de los seis últimos sueldos ordinarios}}{6}$$

$$\text{Bono 14 y aguinaldo} = \frac{\text{Q } 15\,600,00}{6}$$

$$\text{Bono 14 y aguinaldo} = \text{Q } 2\,600,00$$

El valor que se acaba de calcular es equivalente al monto que se le debe de pagar al auxiliar de laboratorio, si hubiese trabajado durante un año completo dentro de los períodos de tiempo para los cuales se calcula cada prestación laboral. Por este motivo se debe calcular la proporción de cada prestación que se le debe pagar en la fecha que le corresponde a cada una.

Para calcular el valor equivalente al bono 14 en el primer año, se toman los meses que trabajó desde el primero de enero hasta el 30 de junio. Esto se muestra a continuación.

Meses	Sueldo
12	Q 2 600,00
6	x

Equis representa el valor del bono 14 que se debe pagar en el primer año, el cual asciende a un valor de:

$$\text{Bono 14} = \frac{\text{Q 2 600,00} \times 6 \text{ meses}}{12 \text{ meses}}$$

$$\text{Bono 14} = \text{Q 1 300,00}$$

De igual manera que sucedió con el bono 14, para calcular el valor equivalente del aguinaldo en el primer año, se toman los meses que trabajó desde el primero de enero hasta el 30 de noviembre. Esto se muestra a continuación.

Meses	Sueldo
12	Q 2 600,00
11	x

Equis representa el valor del aguinaldo que se debe pagar en el primer año, el cual asciende a un valor de:

$$\text{Aguinaldo} = \frac{\text{Q 2 600,00} \times 11 \text{ meses}}{12 \text{ meses}}$$

$$\text{Aguinaldo} = \text{Q 2 383,33}$$

Nota: Se trabajó con año comercial de 360 días y mes comercial de 30 días.

Es importante mencionar que los valores de bono 14 y aguinaldo a partir del segundo año, se deben pagar exactamente el valor equivalente a un año de trabajo. Esto solamente si la plaza la sigue ocupando la misma persona. En caso contrario se debe calcular la proporción correspondiente.

3.4.4. Otros gastos

En esta sección se considera un costo extra con antelación. Esto es de suma importancia, debido a que si no se toma en cuenta, puede tener repercusiones en la producción.

- Mantenimiento del vehículo: en el transcurso del período en que se han fabricado las sillas y tableros, al vehículo que transporta la materia prima y los paneles de la bodega al CII. Se le han realizado algunos mantenimientos menores, los cuales se detallan a continuación:

Tabla XIII. **Mantenimientos de vehículo**

Mantenimiento	Costo (Q)
Cambio de las 4 llantas	1 200,00
Mantenimiento de frenos	700,00
Cambio de aceite cada 20 000 km.	120,00
TOTAL	2 020,00

Fuente: elaboración propia.

3.5. Resultados de los costos unitarios

En esta sección se analizarán los costos unitarios de fabricar los productos en el CII, considerando que el costo de producción se debe calcular con los valores de la capacidad máxima de producción. Esto debido a que si no se calcula de esta manera, cuando exista poca demanda el costo de producción aumentará, esto se debe a que hay costos que no dependen de la cantidad de producción. Por lo tanto, si se calcula el costo unitario sin considerar la capacidad máxima de producción, el valor del costo que se obtenga, no será un costo real, es decir, puede variar con el tiempo y la cantidad de producción.

Previo a realizar estos cálculos, se muestra en la siguiente tabla, todos los costos anuales de operación del CII en la fabricación de sillas y tableros de tetrabrik.

Tabla XIV. Costos anuales de producción

Costos	Valor (Q)
Costos de inversión	159 690,12
Impuestos	0,00
Materia prima directa	
Tetrabrik	1 230,00
Base metálica	750,00
Tornillos	3 120,00
Pintura	6 210,00
Ganchos	6 110,00
Materia prima indirecta	
Talco industrial	2 304,00
Aceite mineral	2 700,00
Plástico	2 800,00
<i>Duroport</i>	5 000,00
Mano de obra indirecta	30 850,66
Almacenamiento de materia prima	2 705,36
Materiales de oficina	2 716,55
Suministros	
Agua potable	0,00
Energía eléctrica	18 255,83

Continuación de la tabla XIV.

Cepillos	45,00
Jabón	1 281,00
Costo de instalación	2 350,00
Combustible	186,99
Mantenimiento	6 645,53
Mano de obra directa	31 337,76
Otros gastos	
Mantenimiento del vehículo	2 020,00
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN	124 249,08

Fuente: elaboración propia.

3.5.1. Cálculo del costo de producción

Son los costos asociados con la producción dividido por el número de unidades producidas.

3.5.1.1. Panel

Finalmente, se ha determinado el valor al que asciende el costo de producción. Ahora se debe determinar cuánto cuesta fabricar un panel de tetrabrik, con el fin de obtener la rentabilidad del producto.

Para determinar el valor del costo unitario del panel se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Costo unitario} = \frac{\text{Costo de producción}}{\text{Número de unidades producidas}}$$

Esta sección corresponde analizar el costo de producción de los paneles de tetrabrik, pero para realizar este cálculo se debe recordar que el costo de producción viene dado por:

$$\text{Costo de producción} = \text{MPD} + \text{MOD} + \text{CIF}$$

En donde:

MPD= representa el valor de la materia prima directa

MOD= representa el valor de la mano de obra directa

CIF= representa el valor de los costos indirectos de fabricación

Como los costos de mano de obra directa que se tienen en el inciso anterior son costos que ascienden a 4 hh de trabajo y los paneles de tetrabrik se fabrican en 2,25 hh de trabajo, se debe calcular la diferencia con respecto al monto que ya se tiene. Esto para realizar el cálculo de diferencia se realiza con la siguiente regla de tres:

Horas	Sueldo
1	Q 581,60
2	x

$$\text{Sueldo} = \frac{\text{Q } 581,60 \times 1 \text{ h}}{2 \text{ h}}$$

$$\text{Sueldo} = \text{Q } 1 \text{ 308,60}$$

El valor que se calculó corresponde al valor de la mano de obra mensual para la fabricación de los paneles. Por ello, se debe calcular el monto de esta anual, tal como se muestra a continuación:

Sueldo anual = sueldo mensual × número de meses en el año

$$\text{Sueldo anual} = Q 1 308,60 \times 9$$

$$\text{Sueldo anual} = Q 11 777,40$$

Ahora se calcula de igual manera el valor que corresponde a las prestaciones de la universidad obteniendo los siguientes resultados:

Tabla XV. **Prestaciones**

Descripción	Costo (Q)
Bono 14	1 300,00
Aguinaldo	1 300,00
Diferido	2 925,00
Sueldo	11 777,40
Total	17 302,40

Fuente: elaboración propia.

Ahora que se conoce el valor de la mano de obra directa, se procede a calcular el valor del costo de producción de los paneles de tetrabrik de la siguiente manera:

$$\text{Costo de producción} = \text{MPD} + \text{MOD} + \text{CIF}$$

$$\text{Costo de producción} = Q 1 230,00 + Q 17 302,40 + Q 41 923,71$$

$$\text{Costo de producción} = Q 60 456,11$$

Luego de conocer el valor del costo de producción, de paneles de tetrabrik, se procede a calcular el costo unitario de estos de la siguiente manera:

$$\text{Costo unitario} = \frac{\text{Q } 60\,456,11}{1\,576 \text{ paneles}}$$

$$\text{Costo unitario} = \text{Q } 38,36$$

El resultado anterior representa el costo de producir un panel de tetrabrik, es decir, un panel de tetrabrik tiene un costo de Q 38,36.

3.5.1.2. Sillas

De igual manera que en la sección anterior se debe calcular el costo unitario de producir una silla. Por esta razón se realiza el siguiente cálculo:

$$\text{Costo de producción} = \text{MPD} + \text{MOD} + \text{CIF}$$

$$\text{Costo de producción} = \text{Q } 8\,011,03 + \text{Q } 15\,320,73 + \text{Q } 69\,593,08$$

$$\text{Costo de producción} = \text{Q } 92\,924,84$$

$$\text{Costo unitario} = \frac{\text{Costo de producción}}{\text{Número de unidades producidas}}$$

$$\text{Costo unitario} = \frac{\text{Q } 92\,924,84}{772 \text{ sillas}}$$

$$\text{Costo unitario} = \text{Q } 120,37 \text{ por silla}$$

El costo de fabricar una silla con paneles de tetrabrik asciende a Q 79,40.

Adicional a esto se calcula qué tan rentable es fabricar las sillas, con las condiciones actuales, de la siguiente manera:

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{precio de venta-costo unitario}}{\text{costo unitario}} \times 100$$

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Q } 145,00 - \text{Q } 120,37}{\text{Q } 120,37} \times 100$$

$$\text{Rentabilidad} = 20,46 \%$$

3.5.1.3. Tableros

De igual manera que en la sección anterior se debe calcular el costo unitario de producir un tablero. Por esta razón se realiza el siguiente cálculo:

$$\text{Costo de producción} = \text{MPD} + \text{MOD} + \text{CIF}$$

$$\text{Costo de producción} = \text{Q } 9\,409,00 + \text{Q } 16\,017,03 + \text{Q } 5\,898,21$$

$$\text{Costo de producción} = \text{Q } 31\,324,24$$

$$\text{Costo unitario} = \frac{\text{Costo de producción}}{\text{Número de unidades producidas}}$$

$$\text{Costo unitario} = \frac{\text{Q } 31\,324,24}{804 \text{ tableros}}$$

$$\text{Costo unitario} = \text{Q } 38,96 \text{ por tablero}$$

El costo de fabricar un tablero con paneles de tetrabrik asciende a Q 80,81.

Ahora se calcula qué tan rentable es fabricar los tableros con las condiciones actuales, de la siguiente manera:

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{precio de venta-costo unitario}}{\text{costo unitario}} \times 100$$

$$\text{Rentabilidad} = \frac{Q 45,00 - Q 38,96}{Q 38,96} \times 100$$

$$\text{Rentabilidad} = 15,50 \%$$

4. ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

4.1. Etapa de evaluación

En esta etapa se hace una comparación entre los costos y beneficios de un proyecto y con ello tomar una decisión si se invierte o no en el mismo. Existen dos tipos de evaluaciones: antes del proyecto y con el proyecto en marcha. En este capítulo se realizará una evaluación con el proyecto en ejecución.

Se analizará la rentabilidad de fabricar los productos en estudio, para ello se debe tener en cuenta todos los costos, ingresos y gastos en general que se incrementan con la ejecución del proyecto. Además se considera que el proyecto de fabricación de productos de paneles de tetrabrik es desarrollado con un enfoque social, es decir, para mejorar las condiciones en donde se reciben las clases de las escuelas de nivel primario que se definen según los convenios realizados por el CII. Adicionalmente este proyecto va alineado a la misión del CII para investigar alternativas para la solución de problemas científicos y tecnológicos del país a través de los conocimientos de las herramientas ingenieriles, estructuras de los materiales y la fabricación de productos de cualquier índole.

4.1.1. Determinación del punto de equilibrio

Aquí es donde los beneficios de las unidades vendidas son iguales a los costos por producir esas unidades, es decir, no hay utilidades. Las ventas que se realizan por encima del punto de equilibrio representan utilidades, por el

contrario, el vender una menor cantidad de unidades del punto de equilibrio genera pérdidas para la empresa.

Calcular el punto de equilibrio de la fabricación de sillas y tableros de paneles de tetrabrik, servirá para que el CII, conozca el nivel de ventas que debe alcanzar para que se pueda recuperar la inversión que han realizado. Como el proyecto ya está en ejecución, el cálculo del punto de equilibrio indicará si la producción actual es suficiente para sobrepasar el punto de equilibrio de este proceso. De no ser así indicará que se deben realizar modificaciones para cumplir con este requisito indispensable en la ejecución de los proyectos de cualquier empresa productora.

Se calcularán dos puntos de equilibrio, uno para sillas y otro para tableros, pero previo a realizar ese cálculo es necesario que se conozcan los costos fijos y costos variables para la fabricación de cada producto.

- Determinación del punto de equilibrio de sillas : para calcular el punto de equilibrio de los productos que se están fabricando en el CII, se usará de la siguiente ecuación:

$$P.E. = \frac{C.F.}{P - C.U.}$$

En donde:

P.E.= Representa el punto de equilibrio en unidades fabricadas

C.F.= Representa los costos fijos de producción

P= Representa el precio de venta del producto

C.U.= Representa el costo unitario de la fabricación del producto

Teniendo todos los elementos necesarios para calcular el punto de equilibrio de las sillas, se toman los valores de la tabla XIV queda de la siguiente forma:

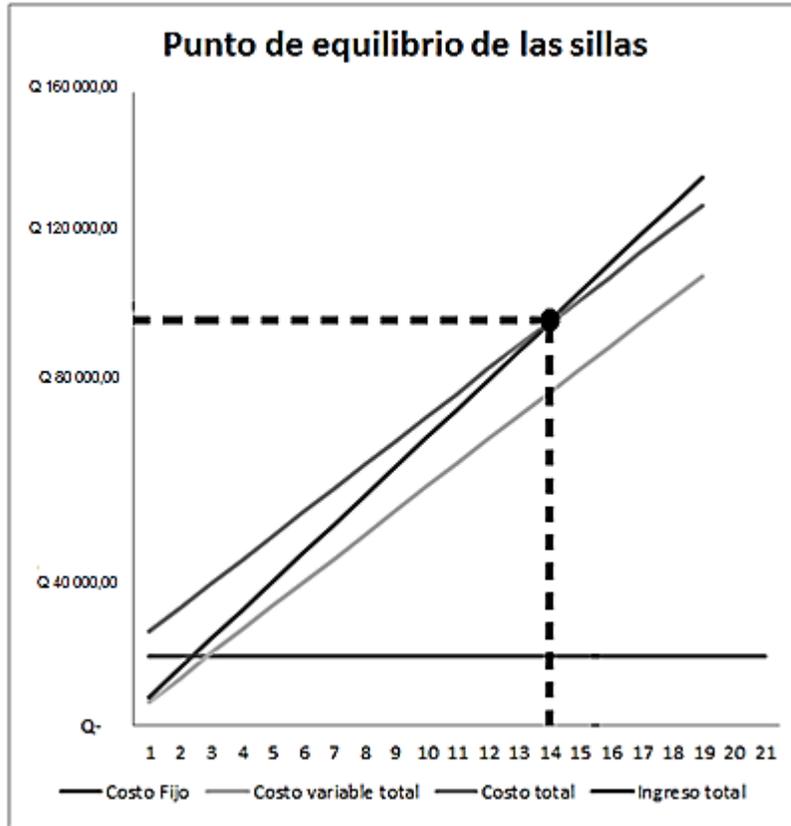
$$P.E. = \frac{C.F.}{P - C.U.}$$

$$P.E. = \frac{Q 17 640,92}{Q 145,00 - Q 120,37}$$

$$P.E. = 716,24 \cong 717 \text{ sillas}$$

Se ha calculado el punto en el cual la producción de sillas no genera ganancias, pero tampoco genera pérdidas. Teniendo para este punto la condición que los ingresos totales son exactamente igual a los costos totales, con un ingreso de Q 86 213,07.

Figura 14. Gráfica del punto de equilibrio de sillas



Fuente: elaboración propia.

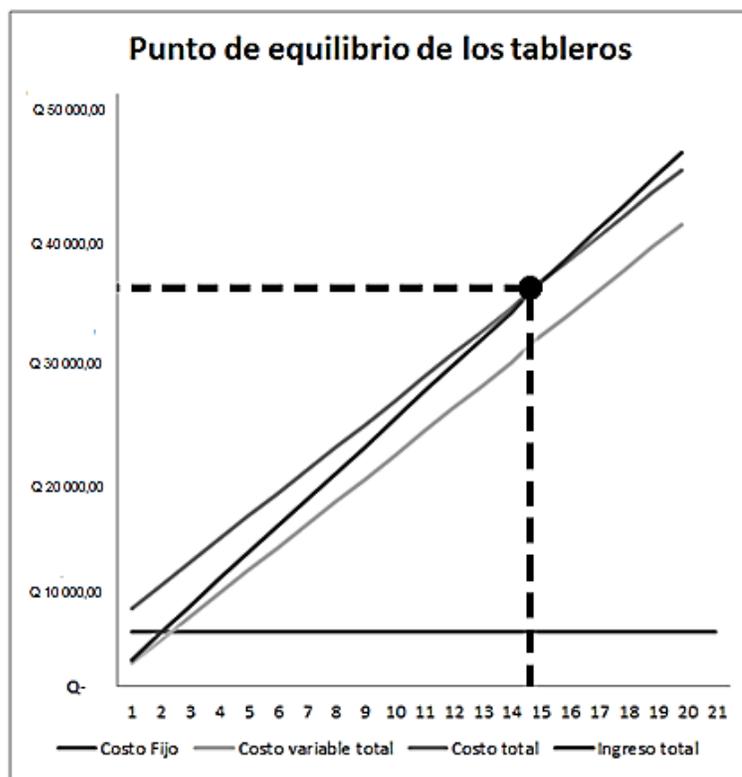
- Determinación del punto de equilibrio de los tableros realizados de paneles de tetrabrik: de igual manera que en el punto anterior, se determinará el punto de equilibrio de producir tableros, el cual se obtiene de la siguiente forma:

$$P.E. = \frac{Q\ 4\ 586,00}{Q\ 45,00 - Q\ 38,96}$$

$$P.E. = 759,27 \cong 760 \text{ tableros}$$

Se ha calculado el punto en el cual la producción de tableros no genera ganancias pero tampoco genera pérdidas. Para este punto la condición que los ingresos totales son exactamente igual a los costos totales, teniendo un ingreso de Q 29 581,60.

Figura 15. **Gráfico de punto de equilibrio de tableros**



Fuente: elaboración propia.

En el CII desean desarrollar este proyecto y obtener un 20 % de ganancias, con el fin de no depender del financiamiento de instituciones externas como se ha estado realizando en la actualidad. Por esta razón se calcula el precio de venta al cual se deben vender los productos, para obtener esa ganancias que esperan. A continuación se muestra ese cálculo.

- Determinación del precio de venta de las sillas

$$\text{Precio} = \frac{\text{Costo unitario}}{1 - \% \text{ de ganancia}}$$

$$\text{Precio} = \frac{Q 120,37}{1 - 0,20}$$

$$\text{Precio} = Q 150,46$$

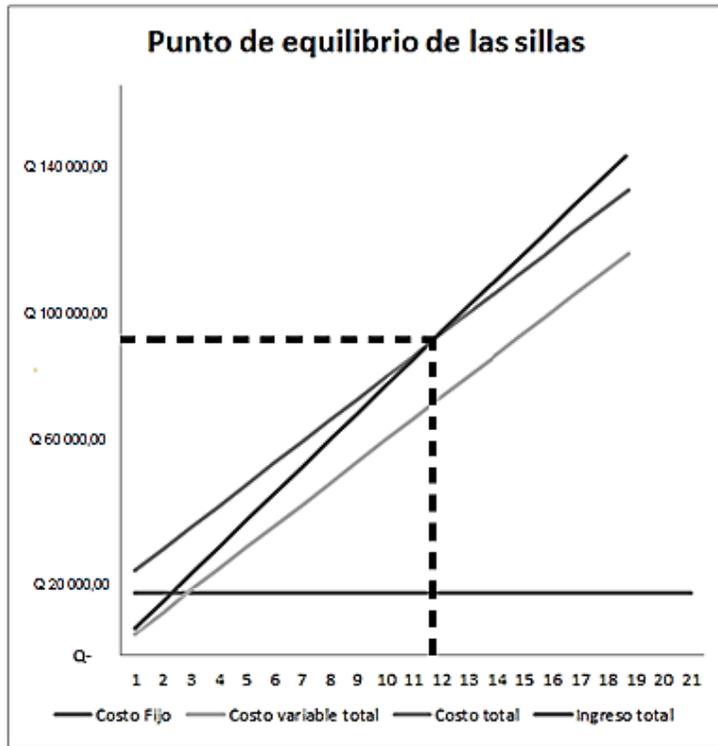
Como el precio de venta cambió, se debe calcular un nuevo punto de equilibrio. Este nuevo punto se calcula a continuación:

$$\text{P.E.} = \frac{\text{costos fijos}}{\text{precio-costos unitarios}}$$

$$\text{P.E.} = \frac{Q 17 640,92}{Q 150,46 - Q 120,37 \text{ por silla}}$$

$$\text{P.E.} = 586,27 \cong 587 \text{ sillas}$$

Figura 16. Gráfico del nuevo punto de equilibrio



Fuente: elaboración propia.

Como se sabe, el punto de equilibrio de los ingresos totales son iguales a los costos en ese punto. Se observa en la gráfica que si desean un 20 % de ganancias, el punto de equilibrio baja respecto al punto de equilibrio actual, ubicándose este en 587 sillas y Q 88 320,02.

- Determinación del precio de venta de los tableros

$$\text{Precio} = \frac{Q 38,96}{1 - 0,20}$$

$$\text{Precio} = Q 48,70$$

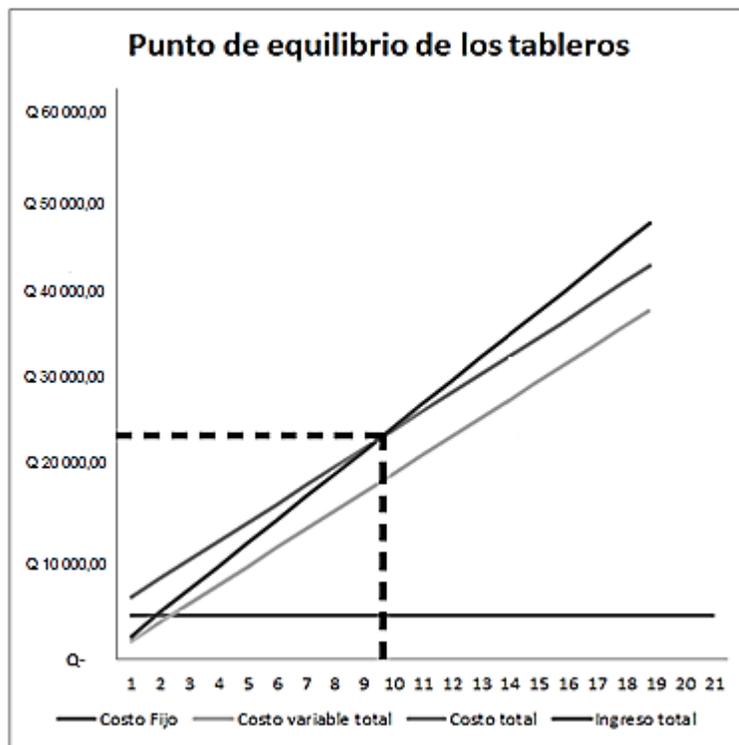
Como el precio de venta cambió, se debe calcular un nuevo punto de equilibrio. Este nuevo punto queda de la siguiente forma:

$$P.E. = \frac{\text{costos fijos}}{\text{precio-costos unitarios}}$$

$$P.E. = \frac{Q\ 4\ 586,00}{Q\ 48,70 - Q\ 38,96 \text{ por tablero}}$$

$$P.E. = 470,84 \cong 471 \text{ tableros}$$

Figura 17. **Gráfico del nuevo punto de equilibrio**



Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Flujo de fondos

Movimientos de entrada y salida de efectivo generados por las operaciones económicas, financieras y comerciales.

Tabla XVI. Flujo de los fondos

Descripción	2014	2015	2016	2017	2018
Ingresos (Q)	148 120,00	152 489,54	156 749,49	161 373,60	168 457,90
Costos de producción (Q)	121 532,53	125 117,74	128 183,12	131 964,53	137 757,78
Costo de ventas (Q)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costo de Administración (Q)	2 716,55	2 796,69	2 865,21	2 949,73	3 079,22
Total de costos (Q)	124 249,08	127 914,43	131 048,33	134 914,26	140 837,00
Utilidades (Q)	23 870,92	24 575,11	25 701,16	26 459,34	27 620,90
Depreciación					
Escritorio para PC (Q)	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Impresora (Q)	249,98	249,98	249,98	249,98	-
Computadora (Q)	1 499,85	1 499,85	1 499,85	-	-
Calculadora (Q)	43,33	43,33	43,33	-	-
Horno (Q)	6 487,50	6 487,50	6 487,50	6 487,50	-
Prensa (Q)	5 150,00	5 150,00	5 150,00	5 150,00	-
Molino (Q)	3 635,30	3 635,30	3 635,30	3 635,30	-
Balanza de plataforma (Q)	890,63	890,63	890,63	890,63	-
Balanza industrial (Q)	2 718,75	2 718,75	2 718,75	2 718,75	-
Sierra de cinta (Q)	2 425,00	2 425,00	2 425,00	2 425,00	-
Compresor (Q)	2 165,13	2 165,13	2 165,13	2 165,13	-
Lavadora (Q)	4 870,00	4 870,00	4 870,00	4 870,00	-
Mesa de trabajo (Q)	468,75	468,75	468,75	468,75	-
Moldes de metal (Q)	7 950,00	7 950,00	7 950,00	7 950,00	-
Herramientas (Q)	293,20	293,20	293,20	293,20	-
Total de depreciaciones (Q)	38 907,42	38 907,42	38 907,42	37 364,24	60,00
Flujo neto de efectivo (Q)	62 778,34	63 482,53	64 608,58	63 823,58	27 680,9

Fuente: elaboración propia.

Este flujo de fondos es un informe financiero que representa los ingresos y egresos que se han realizado. Esto desde que se comenzó a ejecutar el

proyecto hasta los fondos que se tienen proyectados para los próximos años de ejecución del proyecto de fabricación de sillas y tableros en el CII. Es importante mencionar que las utilidades no se ven afectadas por impuestos, debido a lo que se especificó en la sección 3.3.1.3. El flujo neto de efectivo de este proyecto se puede considerar como un indicador de liquidez del CII.

4.1.3. Valor actual neto

Este método considera la importancia del flujo de efectivo a través del tiempo. Se encarga de actualizar los beneficios, gastos, inversiones, costos, y otros, de un proyecto. Esto para realizar una diferencia entre los beneficios y costos de un proyecto con una tasa de interés mínima aceptada por el CII para descontar los flujos. Con esto se logrará determinar si es recomendable ejecutar un proyecto o no.

4.1.3.1. Tasa de rendimiento mínima aceptada (TMAR)

Es la tasa de rendimiento mínima que el CII espera obtener en el momento de la ejecución del proyecto. Esta tasa está compuesta por el porcentaje de inflación y un porcentaje de riesgo que el CII correrá por ejecutar el proyecto. La tasa de rendimiento sin inflación que en el CII tienen estimada es del 4 %, considerando un promedio de inflaciones para los próximos años. La tasa de rendimiento mínima aceptada para el CII queda de la siguiente manera:

$$\text{TMAR} = \text{Tasa de inflación} + \% \text{ de riesgo} + \text{riesgo} \times \text{inflación}$$

$$\text{TMAR} = 3,24 + 4 + 4 \times 3,24$$

$$\text{TMAR} = 20,2\%$$

Ahora que se conoce la tasa mínima de rendimiento se puede calcular el valor actual neto con la siguiente ecuación:

$$VAN = - P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{FNE_5+VS}{(1+i)^5}$$

En donde:

VAN = representa el valor actual neto

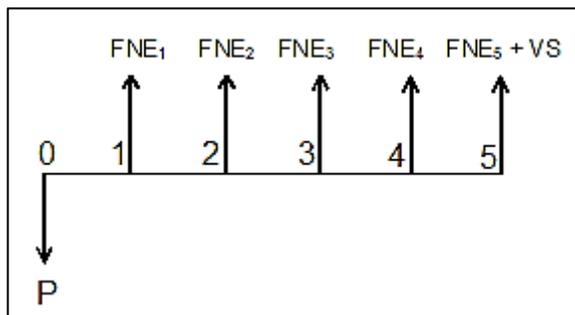
P = representa la inversión inicial

FNE = representa el flujo neto de efectivo

I = representa la tasa de interés del proyecto

VS = representa el valor de salvamento

Figura 18. Diagrama de flujo de efectivo



Fuente: elaboración propia.

$$VAN = - Q 159 690,12 + \frac{Q 62 778,34}{(1+0,202)^1} + \frac{Q 63 482,53}{(1+0,202)^2} + \frac{Q 64 608,58}{(1+0,202)^3} + \dots$$

$$\dots + \frac{Q\ 63\ 823,58}{(1+0,202)^4} + \frac{Q\ 27\ 680,90 + Q\ 37\ 364,24}{(1+0,202)^5}$$

$$VAN = Q\ 30\ 177,73$$

El valor actual neto desde el punto de vista del CII es Q 30 177,73 lo cual representa que sí se recuperará la inversión inicial. Además como el proyecto es 50 % económico y 50 % social, el VAN representa que el proyecto si es rentable. El VAN es interpretado desde el punto de vista del CII, debido a que el Concyt lo único que le interesa es que los fondos, que ellos desembolsan, se utilicen para ayudar a las escuelas que se tienen establecidas.

4.1.4. Relación beneficio costo

Se utiliza para determinar si se realiza o no un proyecto, brinda la conveniencia que existe entre la alternativa que se decide trabajar. Este análisis será utilizado para evaluar la parte social del proyecto, es decir, si le conviene al Concyt continuar financiando el proyecto.

Los beneficios en los que se incurren en el momento de ejecutar el proyecto son: Q 148 120,00. Los costos en los que se incurren para obtener dichos beneficios ascienden a: Q 124 249,08. Como se indicó con anterioridad que se debe interpretar la relación de estos, es decir el cociente de ellos, se tiene lo siguiente:

$$B/C = \frac{\text{beneficios del proyecto}}{\text{costos del proyecto}}$$

$$B/C = \frac{Q\ 148\ 120,00}{Q\ 124\ 249,08}$$

$$B/C = 1,19$$

4.1.5. Establecer la Tasa interna de retorno (TIR) del proyecto

Para realizar este cálculo es necesario conocer que la TIR simboliza una tasa de interés máxima. Donde él o los inversionistas pueden invertir sin perder sus fondos, siempre y cuando los fondos del proyecto se pretendan pagar con los beneficios que se obtengan del proyecto. Esta es la razón por la cual en esta sección se calcula dicha tasa, puesto que en el futuro el área de gestión de la calidad pretende autofinanciar la ejecución de dicho proyecto. La TIR de este proyecto se calcula igualando el valor actual neto a cero, tal como lo indica la siguiente ecuación:

$$TIR = VAN = 0$$

Es decir:

$$VAN = - P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{FNE_5+VS}{(1+i)^5}$$

En donde:

VAN = representa el valor actual neto

P = representa la inversión inicial

FNE = representa el flujo neto de efectivo

I = representa la tasa de interna de retorno

VS = representa el valor de salvamento

Sustituyendo los valores para determinar la TIR se obtiene:

$$0 = - Q 159 690,12 + \frac{Q 62 778,34}{(1 + TIR)^1} + \frac{Q 63 482,53}{(1 + TIR)^2} + \frac{Q 64 608,58}{(1 + TIR)^3} + \dots$$

$$\dots + \frac{Q 63 823,58}{(1 + TIR)^4} + \frac{Q 27 680,90 + Q 37 364,24}{(1 + TIR)^5}$$

$$TIR = 29 \%$$

4.1.6. Análisis de sensibilidad del proyecto

Se calcula con el fin de determinar la rentabilidad del proyecto ante los cambios de las variables. El análisis de sensibilidad ayuda a CII para determinar hasta dónde pueden modificar el valor de una variable. Esto para que el proyecto de fabricación de sillas de tetrabrik continúe siendo rentable.

Primero se hará un análisis de lo que sucede si la tasa de descuento varía, porque el riesgo de ejecución del proyecto sufra un cambio o por el porcentaje de inflación de los años futuros no siga la tendencia de los años anteriores. Para realizar la comparación entre estos cambios, se analiza la variación de la tasa de descuento en a) -6 % +10 % y +2 %. Como segundo análisis se efectuará una variación entre los beneficios de +/-10 % anuales y -20 % anual.

Para determinar la rentabilidad se calculará el VAN, teniendo los siguientes resultados:

Tabla XVII. **Variaciones de la tasa de descuento**

Variaciones	Resultados
VAN a una tasa de descuento de 14,20 %	Q 58 351,47
VAN a una tasa de descuento de 30,20 %	Q -5 158,80
VAN a una tasa de descuento de 22,20 %	Q 22 093,43

Fuente: elaboración propia.

Como lo indica la tabla anterior, si el porcentaje de inflación o de riesgo disminuye, producirán un decremento en la tasa de descuento. Esto por consecuencia hará que el proyecto cada vez sea más rentable, pero puede que al contrario, el porcentaje de inflación o de riesgo hace que la tasa de descuento aumente por encima de la TIR. Esto entonces perderá su rentabilidad y solo se tendrán pérdidas económicas si se continúa con la fabricación de los productos. Ahora para analizar que sucede cuando varían los beneficios, se obtienen los siguientes cambios en el valor actual neto:

Tabla XVIII. **Variaciones de los beneficios**

Variación	Resultado
Van al 20,20 % y aumento de los beneficios en 10%	Q 48 164,52
Van al 20,20 % y decremento de los beneficios en 10%	Q 11 190,95
Van al 20,20 % y decremento de los beneficios en 20%	Q - 7 795,84

Fuente: elaboración propia.

Esta variación puede ocurrir si se reducen los costos de fabricación del proyecto, o bien, si se da un incremento en los precios de los productos. Para alcanzar el nivel de rentabilidad que el CII desea, tal como se calculó en la sección 4.1.1., el proyecto será rentable si se tienen incrementos en los

beneficios. Sin embargo, si se reducen los beneficios en un porcentaje muy alto, el proyecto dejará de ser rentable.

Otro parámetro que se analizará es la variación que pueden tener las ventas respecto a la variación que pueden tener los costos de fabricación. Para ellos se tienen los datos siguientes:

Tabla XIX. **Datos del producto**

Descripción	Monto
Inversión	Q 159 690,12
Ventas	Q 148 120,00
Gastos Fijos	Q 22 226,92
Gastos Variables	Q 102 022,16
Ganancia	Q 23 870,92

Fuente: elaboración propia.

Se realizará un análisis de sensibilidad para estudiar la variación de las ganancias que se obtienen. Esto es si se da un incremento en las ventas actuales o bien, si se tiene un decremento en las mismas, respecto a un incremento o decremento en los costos variables del proyecto de fabricación de sillas y tableros. También servirá para observar hasta que puntos el proyecto continúa siendo rentable si se presentan cambios inesperados en la ejecución del proyecto.

Tabla XX. **Variación de ganancias**

Costos (Q)	Ventas (Q)				
	130 000,00	140 000,00	150 000,00	160 000,00	170 000,00
80 000,0	27 773,08	37 773,08	47 773,08	57 773,08	67 773,08
100 000,0	7 773,08	17 773,08	27 773,08	37 773,08	47 773,08
120 000,0	-12 226,92	-2 226,92	07 773,08	17 773,08	27 773,08
140 000,0	-32 226,92	-22 226,92	-12 226,92	-2 226,92	07 773,08

Fuente: elaboración propia.

Como lo muestra la tabla anterior, un incremento en las ventas y una reducción de los costos variables producirán utilidades máximas, lo cual significa que el proyecto será rentable. Por el contrario, si se da un aumento en los costos variables, se tiene que dar un aumento proporcional en las ventas para que el proyecto siga siendo rentable. De lo contrario si esa condición no se da, el proyecto de fabricación de sillas y tableros de tetrabrik, dejará de producir utilidades. Por lo tanto, se tendrán pérdidas económicas y no convendrá continuar con la ejecución del proyecto.

5. DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO

5.1. Descripción de los equipos

En esta sección se realizará una descripción de todos los equipos que se utilizan en el CII durante el proceso de fabricación de sillas y tableros de tetrabrik. El fin es conocer las características con las que cuenta cada equipo, y diseñar un plan de mantenimiento preventivo. Esto para que dichos equipos, funcionen de manera adecuada bajo las condiciones en las que se encuentran trabajando actualmente y se alargue la vida útil de estos. A su vez producirá una reacción en cadena y con ello se pueda reducir los costos de producción y hacer que el proyecto sea más rentable a través del tiempo.

5.1.1. Horno

Es el equipo que trabaja durante más tiempo en el proceso de fabricación de los productos. Es un horno digital que funciona por convección forzada de marca Serproma, es decir, produce una uniformidad en la cocción de los paneles y distribuye de igual manera la temperatura dentro de la cámara. El interior del horno está fabricado por láminas de acero inoxidable según la Norma AISI 304L, posee un temporizador digital que ayuda a controlar de una manera más precisa los tiempos de cocción. Tiene una capacidad de 3,8 ft³, el rango de temperaturas en las que el horno puede trabajar es de 45 a 225 °C, el fabricante de dichos hornos es la empresa Serproma. Las dimensiones del horno son de 28,5 plg de ancho x 16 plg de fondo x 42 plg de alto tiene un peso de 118 lb.

Figura 19. **Horno de convección forzada**



Fuente: Centro de Investigaciones (CII) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Fiusac).

5.1.2. Sierras

Durante el proceso de fabricación de paneles de tetrabrik se utilizan dos sierras diferentes, pero ambas realizan la misma función. Por ello, la primera sierra que se analizará es una sierra de cinta alemana marca Scheppach modelo M90141. El distribuidor aquí en Guatemala es la empresa Productos del Aire.

Esta es una sierra de cinta vertical que puede realizar cortes rectangulares y redondos con capacidad de corte de 8-1/4 plg, tanto a maderas como a metales. Tiene unas dimensiones de 44 cm de ancho x 58 cm de largo x 1,70 m

de alto y un peso de 214 lb. Además, tiene una mesa de trabajo de hierro fundido con dimensiones de 15-3/4 plg de ancho x 21-1/2 plg de largo x 1 plg de grosor. Esta permite realizar cortes de precisión o cortes de desplazamientos. Posee una longitud de lámina de 2,55 m, la hoja funciona a dos velocidades a 1 680 fpm y 3 390 fpm con un espesor de 0,020 plg y un ancho de 3/4 plg y una altura de 22 plg. Tiene un puerto de escape de 4 plg, conectado a un sistema de recolección de polvo para mantener limpia el área de trabajo.

Esta sierra viene con un motor incorporado de 1 HP, 120 VCA, 10 A, 1 fase y 60 Hz. Tiene una capacidad de corte a 90° de 9 plg y de 6 plg a 45°. La sierra tiene una profundidad de garganta de 13-1/2 plg, lo cual permite que se puedan cortar al centro de piezas de 27 plg.

Figura 20. **Sierra de cinta vertical**



Fuente: Centro de Investigaciones (CII) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Fiusac).

La otra sierra, que es utilizada durante el proceso de producción, es una sierra de mesa marca UNPROSFU. Esta es una marca china distribuida aquí en Guatemala por Importadora De Maquinaria Industrial S. A. La sierra de mesa es modelo TS-0012K, para su funcionamiento necesita una conexión de 220 V, posee una potencia de 3Hp y una frecuencia de 60Hz, utiliza corriente 30/15 A, y funciona a una rotación de 3 450 RPM. Las dimensiones de esta máquina son de 1,10 x 1,10 x 1,00 m

Figura 21. **Sierra de mesa**

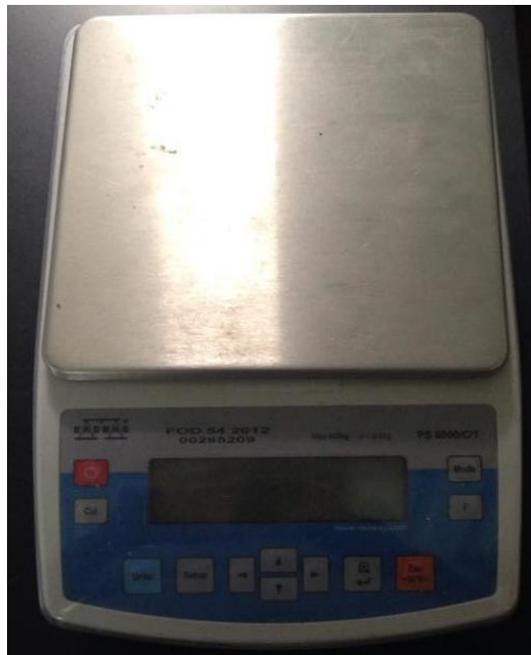


Fuente: Centro de Investigaciones (CII) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Fiusac).

5.1.3. Balanzas

En el proceso de fabricación se utiliza una balanza Radwag PS de 6 000 g x 0,01 g. Esta es utilizada para medir la cantidad de masa que se emplea de tetrabrik y otros insumos de los cuales se componen los paneles de tetrabrik. Este modelo es utilizado para una balanza de precisión que por lo general es utilizada en los laboratorios. Por ello, cumple con las Normas ISO 9 001 - 2 002, la plataforma es de acero inoxidable con dimensiones de 195 x 195 mm. La balanza es de 6 000 g x 0,01 g, que significa que puede medir en un rango de 0 a 6 000 g y que tiene una precisión o resolución de 0,01 g. Posee una calibración automática interna, pantalla táctil de 5,7 pulg.

Figura 22. **Balanza de precisión**



Fuente: Centro de Investigaciones (CII) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Fiusac).

5.1.4. Prensa hidráulica

La prensa hidráulica que tenían contemplado adquirir en el momento que se comenzó con el proyecto, fue sustituida por una prensa neumática marca Mega modelo KCK-50. Esta prensa tiene dos opciones de bombas, ya sea manual de dos velocidades, o bien, manualneumáticas o eléctricas, esto depende de la velocidad de trabajo que se necesite. Tiene una mesa de trabajo que se adapta a cuatro alturas diferentes, dos apoyos en V, manómetro con amortiguación para prolongar la vida útil a la altura de la vista, pistón con retorno automático. Para seguridad de la máquina, la prensa tiene una válvula de seguridad contra sobrecargas, peso de 206 Kg.

Figura 23. Prensa neumática



Fuente: Centro de Investigaciones (CII) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Fiusac).

Ahora se tiene la descripción del compresor con el que se acciona la prensa. El compresor es de marca Black Bull Tools, modelo Cyclone, funcionamiento eléctrico, con una potencia de trabajo de 3 HP, 60 Hz de frecuencia y corriente de 20 A, el proveedor de este compresor es la Distribuidora Solarsa, S. A. Incluye manguera y filtro de aire para su funcionamiento y sus dimensiones son 1,12 m de alto x 64 cm de largo x 60 cm de ancho. La presión de trabajo es de 145 PSI. El compresor es de dos cilindros y trabaja con 115 Lit., de aire.

Figura 24. **Compresor**



Fuente: Centro de Investigaciones (CII) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Fiusac).

5.1.5. Lavadora

Es un equipo que se fabricó directamente en el CII, debido a que es difícil conseguir un equipo con esas características aquí en Guatemala. Esta lavadora tiene como función el lavado y desengrase de los pliegos de tetrabrik en una sola etapa, sin importar el tamaño o forma del pliego de tetrabrik. Posee una capacidad de lavado de 25 lb de tetrabrik. El diseño y construcción de esta lavadora se realizó con base en la función que iba a tener dentro del proceso productivo.

Debido a que esta lavadora se fabricó con materiales no muy costosos, la convierte en un equipo fácil de mantener y utilizar. Algo importante de acotar en esta sección es que, aún se le están realizando pruebas en cuanto a su funcionamiento. Esto para que posteriormente se pueda incorporar a la línea de producción sin que presente problemas en el momento de que esté operando y se convierta en un cuello de botella.

Esta lavadora funciona con una frecuencia de 60 Hz, con un motor eléctrico de 1,5 Hp y 1 100 Rpm. Utiliza un voltaje de 110 V, por lo cual no es necesario hacer una instalación de 220 V. Además esta lavadora utiliza 20 A de corriente, las dimensiones son las siguientes: 1,15 m de alto x 42 cm de diámetro. Los materiales de los cuales está construida son: plástico en sus paredes, y en la parte de arriba láminas de acero inoxidable. Estos se separan en el área de lavado del lugar en donde se encuentran los accesorios de este equipo.

Figura 25. **Lavadora**



Fuente: Centro de Investigaciones (CII) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Fiusac).

5.1.6. Trituradora o molino Crusher

Para que el tetrabrik sea utilizado debe someterse a un proceso previo donde se tiene que desmenuzar, para un mayor aprovechamiento de sus características. La máquina que es utilizada para que el tetrabrik sea desmenuzado es un molino para plásticos, modelo FS-3 el cual tiene las siguientes dimensiones: 1,45 m de alto x 1,10 m de largo x 70 cm de ancho.

Por otro lado, este molino tiene una tolva que sirve como entrada de tetrabrik de 40 cm x 30 cm. Además, este molino tiene un funcionamiento

eléctrico para lo cual necesita una conexión trifásica de 220 V, la corriente que utiliza es de 26 A. El molino tiene un motor eléctrico de 10 Hp. Esta máquina tiene una capacidad de salida, es decir, produce 150 Kg/h de tetrabrik desmenuzado. Esto debido a que tiene 5 cuchillas de acero inoxidable, las cuales permiten una rápida operación. El peso del molino es de 400 kg.

Figura 26. **Molino para plásticos**



Fuente: Centro de Investigaciones (CII) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Fiusac).

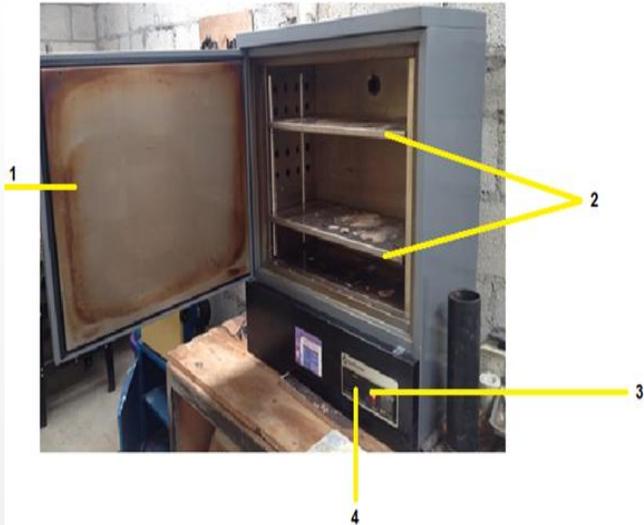
5.2. Elaboración de fichas técnicas de los equipos

A continuación se presentan los documentos en forma de sumario que contiene la descripción del equipo.

Figura 27. Ficha técnica del horno

	FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS HORNO DIGITAL DE CONVECCIÓN FORAZADA		PROCESO DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE TETRABRIK
			PLAN DE MANTENIMIENTO
Elaborado por: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Revisado por: Ing. Oswing Melgar	Fecha: 01 de junio	Versión: 2015

INFORMACIÓN GENERAL			
Descripción Física:	Horno de convección forzada color gris, con tres compartimentos en su interior y un temporizador de temperatura en la parte exterior.		
Marca:	SERPROMA	Fecha de compra:	No registra
Modelo:	FS-3		
Serie:	No registra		
Proveedor:	SERPROMA		
Dirección:	6 Av. 19-65, zona 11 Colonia Mariscal		
Teléfono:	55258116 - 24733175		

CARACTERÍSTICAS	
<p>Especificaciones Técnicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia: 50/60 Hz • Voltaje: 110 VAC • Funcionamiento eléctrico • Potencia: 1 600 W • Capacidad: 3,8 pies cúbicos • Corriente: 18 A • Dimensiones: <p>Alto 32 plg. Exterior 22 plg. Interior</p> <p>Fondo 16 plg. Exterior 12 plg. Interior</p> <p>Ancho 28,5 plg. Exterior 24,5 plg. Interior</p>	

Continuación de la figura 27.

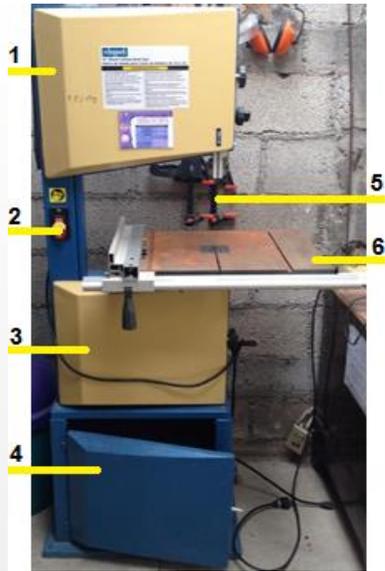
	FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS HORNO DIGITAL DE CONVECCIÓN FORAZADA		PROCESO DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE TETRABRIK
			PLAN DE MANTENIMIENTO
Elaborado por: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Revisado por: Ing. Oswing Melgar	Fecha: 01 de junio	Versión: 2015
TEMPERATURA <ul style="list-style-type: none"> • Rango de temperatura: 45 – 220 °C. • Tiempo de recuperación de temperatura: 30 min. • Temporizador digital programable. • Flujo de aire horizontal para una distribución uniforme de la temperatura. • Motor para recirculación de aire marca Dayton, diseñado para altas temperaturas. • Damper para entrada de aire a temperatura ambiente. • Damper para salida de vapores caliente del equipo. • Ductos galvanizados para extracción de gases al exterior del laboratorio. 		PARTES <ol style="list-style-type: none"> 1. Puerta. 2. Parrillas. 3. Botón de encendido y apagado. 4. Temporizador digital programable. 5. Las partes que se ven en la figura, son las que se encuentran a la vista, las demás partes del horno están en partes internas a este. 	
		CONSTRUCCIÓN <ul style="list-style-type: none"> • Cámara interior fabricada de acero inoxidable según norma AISI 304L, recubierta con aislante térmico de fibra de vidrio. • Exterior de lámina negra recubierta con pintura electrostática plastizada de color gris. 	
DESCRIPCIÓN GENERAL <p>Horno de convección forzada, diseñado para proveer a la muestra con una corriente de aire con temperatura homogénea y estable. Interior de acero inoxidable. Posee temporizador que inicia una cuenta regresiva cuando el equipo ha alcanzado la temperatura de operación.</p>			
MANTENIMIENTO <ul style="list-style-type: none"> • Revisar la espiga del horno y los cables del horno. • Evitar la presencia de objetos extraños o desechos de paneles de tetrabrik en el interior del horno. • Revisar periódicamente la perilla para controlar la suciedad. • Revisar los botones del temporizador. • Realizar los mantenimientos preventivos y correctivos dependiendo el caso en que sea necesario aplicar cada uno de estos. 			
OBSERVACIONES			

Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

Figura 28. Ficha técnica de la sierra vertical

	FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS SIERRA DE CINTA VERTICAL		PROCESO DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE TETRABRIK
			PLAN DE MANTENIMIENTO
Elaborado por: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Revisado por: Ing. Oswing Melgar	Fecha: 01 de junio	Versión: 2015

INFORMACIÓN GENERAL			
Descripción Física:	Sierra de cinta vertical, color azul y crema con una mesa móvil de trabajo de hierro fundido, ideal para trabajar madera y metales.		
Marca:	SCHEPPACH	Fecha de compra:	23/01/2013
Modelo:	14" BAND SAW M90141		
Serie:	51300039		
Proveedor:	PRODUCTOS DEL AIRE DE GUATEMALA, S. A.		
Dirección:	41 calle 6-27 zona 8, Ciudad de Guatemala, C. A.		
Teléfono:	(502) 24210400 Ext 346		

CARACTERÍSTICAS	
<p>Especificaciones Técnicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de corte de 8-¼ plg. • Peso de 214 lb. • Mesa de trabajo de hierro fundido 15-¾ plg de ancho por 21-½ plg de largo y 1 plg de grosor. • Longitud de lámina de 2,55 m. • Velocidades de 1 680 fpm y 3 390 fpm. • Espesor de la hoja de 0,020 plg y ¾ plg de ancho por una altura de 22 plg 	

Continuación de la figura 28.

	FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS SIERRA DE CINTA VERTICAL		PROCESO DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE TETRABRIK
			PLAN DE MANTENIMIENTO
Elaborado por: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Revisado por: Ing. Oswing Melgar	Fecha: 01 de junio	Versión: 2015

Especificaciones Técnicas <ul style="list-style-type: none"> • Puerto de escape 4 plg. • Sistema de recolección de polvos. • Motor de 1HP, 120 VCA, 10A, 1 fase y 60 Hz. • Profundidad de garganta de 13-1/3 plg • Capacidad de corte a 90 grados de 9 plg y de 6 plg a 45 °. • Dimensiones: Alto: 1,70 m Ancho: 44 cm Largo: 58 cm 	PARTES <ol style="list-style-type: none"> 1. Caja de cambio de velocidades. 2. Botón de encendido y apagado. 3. Caja del motor. 4. Caja de almacenamiento de polvos. 5. Sierra. 6. Mesa de trabajo de hierro fundido.
	CONSTRUCCIÓN <ul style="list-style-type: none"> • Todas las partes de esta sierra son fabricadas con hierro fundido según la norma DIN 1 691. • Exterior de la máquina pintada con pintura anticorrosiva para proteger las láminas de los ambientes en donde se utilice.
DESCRIPCIÓN GENERAL <p>Sierra de cinta vertical, diseñada para realizar cortes rectangulares y redondos tanto en maderas como en metales. Esta sierra tiene una garganta la cual le permite que se puedan trabajar con piezas de hasta 27 plg.</p>	
MANTENIMIENTO <ul style="list-style-type: none"> • Revisar periódicamente la espiga de la sierra. • Limpiar constantemente la caja de almacenamiento de polvos. • Revisar y ajustar de ser necesario las fajas de las poleas en la caja de velocidad. • Revisar el interruptor del botón de encendido. • Lubricar la mesa de trabajo para que se pueda mover con facilidad. • Realizar los mantenimientos preventivos y correctivos dependiendo el caso en que sea necesario aplicar cada uno de estos. 	
OBSERVACIONES	

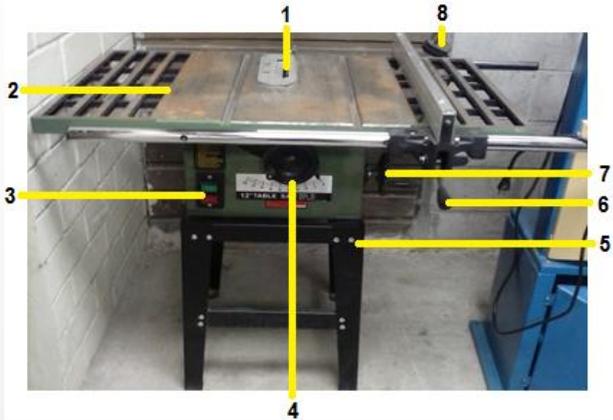
Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

Figura 29. Ficha técnica de la sierra de mesa

	FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS SIERRA DE MESA		PROCESO DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE TETRABRIK
			PLAN DE MANTENIMIENTO
Elaborado por: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Revisado por: Ing. Oswing Melgar	Fecha: 01 de junio	Versión: 2015

INFORMACIÓN GENERAL			
Descripción Física:	Sierra de mesa, color verde con negro, posee una mesa móvil de trabajo de hierro fundido, diseñada para trabajar con madera y metales.		
Marca:	UNPROSFU	Fecha de compra:	22/01/2013
Modelo:	TS-0012K		
Serie:	1312809		
Proveedor:	IMPORTADORA DE MAQUINARIA INDUSTRIAL S. A.		
Dirección:	Ruta 6. 3-19 Zona 4, Guatemala, Guatemala		
Teléfono:	(502) 23323066		

CARACTERÍSTICAS

<p>Especificaciones Técnicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conexión trifásica de 220 V. • Utiliza 30/15 A de corriente. • Motor eléctrico de 3 Hp. • Frecuencia 60Hz. • Mesa de trabajo de hierro fundido de: 45 cm de largo 40 cm de ancho • Sierra de disco de 6 plg de diámetro. • Velocidad de rotación de 3 450 RPM. • Espesor del disco de 3 mm. 	
--	--

Continuación de la figura 29.

	FICHA TECNICA DE EQUIPOS SIERRA DE MESA		PROCESO DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE TETRABRIK
			PLAN DE MANTENIMIENTO
Elaborado por: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Revisado por: Ing. Oswing Melgar	Fecha: 01 de junio	Versión: 2015

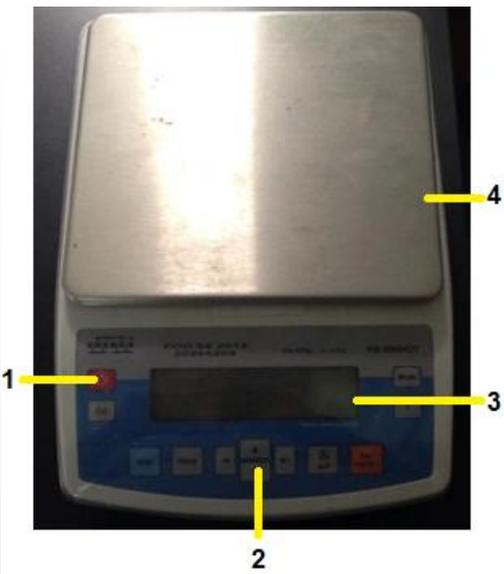
<p>Especificaciones Técnicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones: Alto: 1,10 m Ancho: 1,10 m Largo 1,0 m • Peso de la máquina de 150 lb 	<p>PARTES</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Disco de corte. 2. Mesa de trabajo. 3. Botones de mando On/Off. 4. Volante de la mesa de trabajo. 5. Base metálica de la sierra. 6. Palanca para montaje y desmontaje del accesorio para cortes angulares. 7. Volante para mover la mesa de trabajo a lo largo de la sierra. 8. Cable con espiga.
<p>CONSTRUCCIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> • Exterior de la máquina pintada con pintura anticorrosiva color verde y negro. • Montada sobre una base metálica, asegurada con pernos para evitar vibraciones mientras se encuentre operando. • Su mesa de trabajo de hierro fundido la hace muy resistente y apropiada para trabajar con metales. 	
<p>DESCRIPCIÓN GENERAL</p> <p>Sierra de cinta vertical, diseñada para realizar cortes rectangulares y redondos tanto en maderas como en metales. Esta sierra tiene una garganta la cuál le permite que se puedan trabajar con piezas de hasta 27 plg.</p>	
<p>MANTENIMIENTO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisar y proteger los cables de la sierra. • Lubricar la parte móvil de la mesa de trabajo. • Realizar tratamientos. • Revisar el interruptor del botón de encendido. • Realizar los mantenimientos preventivos y correctivos dependiendo el caso en que sea necesario aplicar cada uno de estos. 	
<p>OBSERVACIONES</p>	

Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

Figura 30. Ficha técnica de la balanza

	FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS BALANZA DE PRECISIÓN		PROCESO DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE TETRABRIK
			PLAN DE MANTENIMIENTO
Elaborado por: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Revisado por: Ing. Oswing Melgar	Fecha: 01 de junio	Versión: 2015

INFORMACIÓN GENERAL			
Descripción Física:	Balanza de precisión, diseñada para la determinación de masa de forma rápida y precisa ya sea en condiciones industriales o en laboratorios.		
Marca:	RADWAG	Fecha de compra:	21/01/2013
Modelo:	PS 6000-C-1		
Serie:	No registra		
Proveedor:	PROQUIMICA		
Dirección:	4a. Av. 15-70 zona 10 Edificio Paladium Oficina 4E		
Teléfono:	(502) 23664270 (502) 23664271		

CARACTERÍSTICAS	
<p>Especificaciones Técnicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • No necesita una conexión trifásica de 220 V. • Batería interna recargable. • Plato de acero inoxidable. • Dimensiones del plato. 195 por 195 mm • Pantalla LCD retroiluminda. • Capacidad 0-6 000 g. • Dimensiones. <p>Alto 10 cm Largo 32 cm Ancho 21 cm</p>	

Continuación de la figura 30.

	FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS BALANZA DE PRECISIÓN		PROCESO DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE TETRABRIK
			PLAN DE MANTENIMIENTO
Elaborado por: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Revisado por: Ing. Oswing Melgar	Fecha: 01 de junio	Versión: 2015

Especificaciones Técnicas <ul style="list-style-type: none"> • Corriente 13,5 +16 VC • Conexión eléctrica 110V • Resolución 0,01g 	PARTES <ol style="list-style-type: none"> 1. Botón On/Off. 2. Bonotes de mando. 3. Pantalla LCD. 4. Plato de acero inoxidable.
DESCRIPCIÓN GENERAL <ul style="list-style-type: none"> • Es una balanza de precisión, elaborada en España con base en la Norma ISO 9 001-2 002, lo cual la convierte en un equipo muy confiable para desempeñar las tareas para la cual fue diseñado. 	
MANTENIMIENTO <ul style="list-style-type: none"> • Mantenerla en un lugar limpio y en ambiente fresco. • Limpiarla constantemente para evitar que la suciedad afecte su funcionamiento. • Para darle un mantenimiento general, lo mejor es contactar al fabricante, ya que ellos ofrecen servicio técnico por lo que respaldan su trabajo con la norma ISO. 	
OBSERVACIONES	

Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

Figura 31. Ficha técnica de la prensa

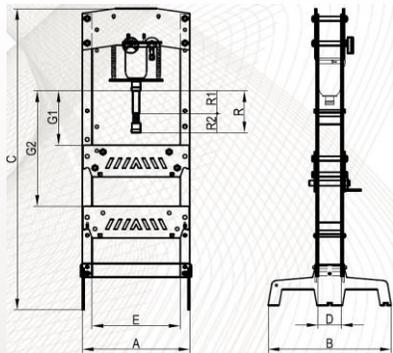
	FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS PRENSA NEUMÁTICA		PROCESO DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE TETRABRIK
			PLAN DE MANTENIMIENTO
Elaborado por: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Revisado por: Ing. Oswing Melgar	Fecha: 01 de junio	Versión: 2015

INFORMACIÓN GENERAL			
Descripción Física:	Prensa neumática que integra todos los elementos dentro del chasis, diseñada para trabajar a 4 alturas diferentes y a diferentes velocidades de trabajo.		
Marca:	MEGA	Fecha de compra:	No registra
Modelo:	KCK-50		
Serie:	No registra		
Proveedor:	SOLARSA S. A.		
Dirección:	3 avenida 5-05 zona 9		
Teléfono:	(502) 23602035 / 23603701		

CARACTERÍSTICAS	
<p>Especificaciones Técnicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones Alto 1,90 m Largo 88 cm Ancho 77 cm • Mesa de trabajo ajustable a diferentes alturas. • Bombas: manual de dos velocidades, manual neumáticas o eléctricas. • Pistón con retorno automático. • Limitador de recorrido. • Dos apoyos en V. • Capacidad de 50 t. • Peso 206 kg. 	

Continuación de la figura 31.

	FICHA TECNICA DE EQUIPOS PRESA NEUMÁTICA		PROCESO DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE TETRABRIK
			PLAN DE MANTENIMIENTO
Elaborado por: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Revisado por: Ing. Oswing Melgar	Fecha: 01 de junio	Versión: 2015

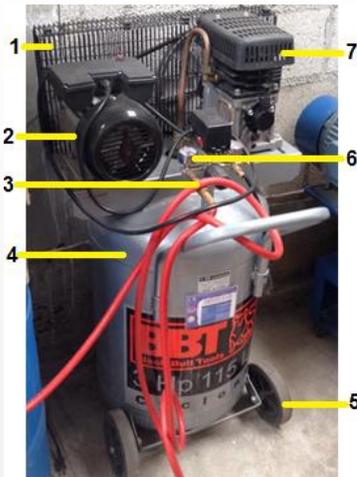
	Capacidad (t) 50 Medidas en (mm) A 710 B 770 C 1 895 D 1 445 E 550 G1 Mínimo 155 G2 Máximo 715 R1 Recorrido 120 R2 Recorrido husillo 75 R Recorrido total 195
CONSIGNAS DE SEGURIDAD <ul style="list-style-type: none"> • No sobrepasar la fuerza nominal de la prensa. • Colocar una placa de protección en la parte trasera de la zona de trabajo que impida el escape de alguna pieza de trabajo. • No introducir alguna parte del cuerpo en el área de trabajo. • No manipular la válvula de sobrepresión. 	
MANTENIMIENTO <ul style="list-style-type: none"> • Engrasar periódicamente los ejes y partes móviles en general. • Mantener limpios todos los componentes de la prensa. • Verificar periódicamente el nivel de aceite de la bomba. • No realizar tareas de mantenimiento si no se conoce el equipo adecuadamente. 	
OBSERVACIONES	

Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

Figura 32. Ficha técnica del compresor

	FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS COMPRESOR		PROCESO DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE TETRABRIK
			PLAN DE MANTENIMIENTO
Elaborado por: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Revisado por: Ing. Oswing Melgar	Fecha: 01 de junio	Versión: 2015

INFORMACIÓN GENERAL			
Descripción Física:	Compresor diseñado para comprimir una gran cantidad de aire, color gris, de doble escalonamiento y con filtro de aire.		
Marca:	BLACK BULL TOOLS	Fecha de compra:	24/01/2013
Modelo:	CYCLONE		
Serie:	No registra		
Proveedor:	SOLARSA, S. A.		
Dirección:	3a. Av. 5-05 zona 9, Ciudad de Guatemala		
Teléfono:	(502) 55154089		

CARACTERÍSTICAS	
<p>Especificaciones Técnicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3 Hp de potencia y 60Hz de frecuencia. • Corriente de 20A. • Conexión eléctrica de 110V. • Rotación de la faja de 1 400 RPM. • Utiliza 2 cilindros. • Capacidad de 115 Lit. del tanque. • 145 Psi de presión. • 10,5 CFM de aire. • Caudal de Aire: 5,2 CFM a 40 PSI 6,3 CFM a 90 PSI 8,7 CFM desalojo 	

Continuación de la figura 32.

	FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS COMPRESOR		PROCESO DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE TETRABRIK
			PLAN DE MANTENIMIENTO
Elaborado por: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Revisado por: Ing. Oswing Melgar	Fecha: 01 de junio	Versión: 2015

PARTES

1. Faja
2. Motor eléctrico
3. Tomas de aire
4. Deposito
5. Llantas para movilizar el compresor
6. Manómetro
7. Filtro de aire

FUNCIÓN

Este compresor es utilizado para que se pueda accionar la prensa a través de un medio neumático. Esto se debe a su bajo costo y su rapidez en el momento de que se efectúa el trabajo en la prensa. También se utilizará para otras funciones con forme se desarrolle el proceso de producción actual.

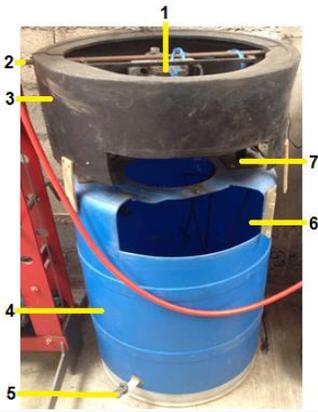
MANTENIMIENTO

- Revisar periódicamente las conexiones eléctricas.
- Limpiar el compresor frecuentemente.
- Verificar la lubricación de los elementos internos del compresor.
- Purgar el compresor si hay una acumulación de agua.
- Verificar la tensión de la faja del compresor.

OBSERVACIONES

Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

Figura 33. Ficha técnica de la lavadora

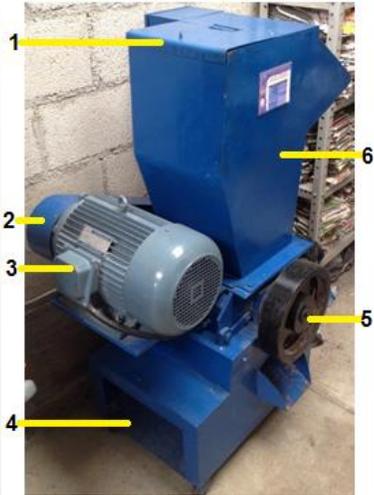
	FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS LAVADORA		PROCESO DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE TETRABRIK
			PLAN DE MANTENIMIENTO
Elaborado por: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Revisado por: Ing. Oswing Melgar	Fecha: 01 de junio	Versión: 2015
INFORMACIÓN GENERAL			
Descripción General:	Es un equipo fabricado por un estudiante de la Facultad de Ingeniería de la USAC, bajo la supervisión técnica del CII. El fin es tener una máquina capaz de lavar la materia prima que se utiliza en el proceso de fabricación de uno de los productos que ahí fabrican.		
CARACTERÍSTICAS			
Especificaciones Técnicas <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de 25 lb. • Frecuencia de 60Hz. • Motor eléctrico de 1,5 Hp. • Rotación de la máquina de 1 100 rpm. • Conexión eléctrica de 110 V. • Corriente de 20A. • Dimensiones. Alto 1,15 m Diámetro 42 cm			
PARTES <ol style="list-style-type: none"> 1. Motor eléctrico. 2. Montantes estructurales. 3. Protección de acero inoxidable. 4. Depósito. 5. Drenaje. 6. Entrada de materia prima. 7. Montantes estructurales. 	MANTENIMIENTO <ul style="list-style-type: none"> • Revisar las conexiones eléctricas de la máquina. • Mantener limpia y en un ambiente libre de polvo. • Revisar periódicamente la estructura de la máquina y verificar que no se sobrepase la capacidad de trabajo de la misma. 		
OBSERVACIONES			

Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

Figura 34. Ficha técnica del molino

	FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS MOLINO CRUSHER		PROCESO DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE TETRABRIK
			PLAN DE MANTENIMIENTO
Elaborado por: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Revisado por: Ing. Oswing Melgar	Fecha: 01 de junio	Versión: 2015

INFORMACIÓN GENERAL			
Descripción Física:	Molino crusher con una tolva de 40 cm x 30 cm color azul, fabricado con acero inoxidable y cinco filosas cuchillas.		
Marca:	UNIVERSAL	Fecha de compra:	18/01/2013
Modelo:	FS-3		
Serie:	JB/T10391-2002		
Proveedor:	UNIVERSAL		
Dirección:	Anillo Periférico 4-15, zona 2 – C.P. 01002 Guatemala, Guatemala, C.A.		
Teléfono:	(502) 22540646		

CARACTERÍSTICAS	
<p>Especificaciones Técnicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conexión trifásica de 220 V. • Potencia del motor eléctrico de 10 Hp. • Capacidad nominal. • Corriente de 26 A. • Salida de tritura de 150 kg/h. • Peso 400 Kg. • Dimensiones <p>Alto 1,45 m Largo 1,10 m Ancho 70 cm</p>	

Continuación de la figura 34.

	FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS MOLINON CRUSHER		PROCESO DE FABRICACIÓN DE PRODUCTOS DE TETRABRIK
			PLAN DE MANTENIMIENTO
Elaborado por: Jaime Francisco del Cid Chávez.	Revisado por: Ing. Oswing Melgar	Fecha: 01 de junio	Versión: 2015

<p>CARÁCTERÍSTICAS ESPECIALES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuchillas de acero inoxidable. • El espacio entre cuchillas es ajustable. • Fácil desmontaje de las cuchillas. • Tornillos de alta intensidad que sujetan las cuchillas. • Paredes diseñadas para aislar el ruido. • Motor que se protege contra exceso de carga con bloqueo de la fuente de alimentación mediante un dispositivo de protección. • Gran capacidad de corte. 	<p>PARTES</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tolva. 2. Faja. 3. Motor eléctrico. 4. Bandeja de salida de materia prima. 5. Eje y volante. 6. Carcasa de acero inoxidable.
<p>MANTENIMIENTO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisar las conexiones eléctricas del motor. • Afilar las cuchillas dependiendo del uso que se le den a las mismas. • Ajustar la distancia a la cual deben estar colocadas las mismas. • Mantener limpio después de cada vez que se utilice. • Verificar la tensión de la faja. 	
<p>OBSERVACIONES</p>	

Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

5.3. Determinación de la criticidad de los equipos

Para realizar un análisis de criticidad de los equipos, que conforman la línea de producción en el CII, es necesario conocer que es un método que funciona como un indicador de riesgo. Este permite establecer jerarquías entre las máquinas y los elementos que componen las máquinas. Estas jerarquías se forman respecto al impacto que tienen en la producción, la frecuencia en que estos equipos fallan, la gravedad de las fallas, los daños que se le pueden ocasionar a las personas que operan las máquinas, así como las instalaciones del lugar. Este análisis se ejecuta con un solo fin, el cual consiste en apoyar la toma de decisiones en la gestión de mantenimiento en la línea de producción de productos con base en tetrabrik, para que esto produzca una reducción de costos de fabricación.

Para ejecutar este análisis se utilizará una herramienta llamada FMECA siendo una metodología que ayuda a expresar numéricamente la magnitud de las consecuencias de las fallas de los equipos que conforman un sistema, en este caso los equipos de la línea de producción del CII. La frecuencia con que se presentan las fallas para determinar las actividades de mantenimiento en las áreas en donde se generen las fallas que afectan la funcionalidad de los equipos con el fin de moderar la frecuencia de ocurrencia de las mismas o eliminarlas por completo.

Para realizar el análisis de criticidad de la línea de producción del CII se realizan los siguientes pasos:

- Primer paso: en ese paso se tiene que definir el nivel del análisis. Esto debido a que el estudio se puede utilizar como un indicador de riesgo. Se puede realizar en varios niveles, los cuales consisten en: instalaciones, sistemas, equipos, en general en cualquier lugar en donde sea necesario realizar una jerarquización de los activos de una empresa. El análisis de criticidad se realizará específicamente en los equipos de la línea de producción de los productos de tetrabrik.
- Segundo paso: consiste en definir la criticidad, para esto se debe considerar la frecuencia de las fallas y el efecto que estas producen. En este punto se debe estimar la frecuencia de las fallas, pues para cada equipo pueden existir más de una falla. Se elige la falla que causa el efecto más grande en el proceso de producción, la frecuencia de ocurrencia de las fallas viene dada por el número de veces que se repite a lo largo de un año.

Para determinar la frecuencia de cada falla se utiliza la siguiente tabla, la cual está dividida en cinco frecuencias diferentes. Posteriormente, para conocer las consecuencias de las fallas se emplean los siguientes criterios: daños al personal, daños a las instalaciones, impacto en la producción, impacto al ambiente e impacto a la población.

Tabla XXI. **Categorías de frecuencias**

Categoría	Tiempo promedio entre fallas TPEF, en años	Número de fallas por año	Interpretación
5	$TPEF < 1$	$\beta > 1$	Es probable que ocurra varias veces en un año.
4	$1 \leq TPEF < 10$	$0,1 < \beta \leq 1$	Es probable que ocurra algunas veces en 10 años, pero es poco probable que ocurra en un año

Continuación de la tabla XXI.

3	$10 \leq \text{TPEF} < 100$	$0,01 < \beta \leq 0,1$	Es poco probable que ocurra una vez en 10 años
2	$100 \leq \text{TPEF} < 1000$	$0,001 < \beta \leq 0,01$	Es poco probable que ocurra en 100 años
1	$\text{TPEF} \geq 1000$	$0,001 \leq \beta$	Es poco probable que ocurra en 1 000 años

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Costos respecto criticidad**

Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida en producción en Q	Daños a la instalación en Q
5	Muerte o incapacidad total en uno o más miembros de la empresa.	Muerte o incapacidad total en uno o más miembros de la comunidad.	Daños irreversibles al ambiente que violen las leyes ambientales.	Mayor de 5 mil	Mayor de 5 mil
4	Incapacidad parcial, heridas en uno o más miembros de la empresa.	Incapacidad parcial, heridas en uno o más miembros de la población.	Daños irreversibles al ambiente pero que no violan las leyes ambientales.	De 4 mil a 5 mil	De 4 mil a 5 mil
3	Daños de varias personas de la instalación.	Puede resultar en la hospitalización de al menos 3 personas.	Daños que no son irreversibles y sin violación a las leyes.	De 3 mil a 4 mil	De 3 mil a 4 mil
2	El personal de la planta requiere tratamiento médico.	Puede resultar en heridas o enfermedades que requieran tratamiento médico.	Daños mínimos ambientales sin violación de leyes.	De 2 mil a 3 mil	De 2 mil a 3 mil
1	Sin impacto en el personal de la planta.	Sin efecto en la población.	Sin daños ambientales.	De 0 a 2 mil	De 0 a 2 mil

Fuente: elaboración propia.

Figura 35. **Matriz de criticidad PEP**



Fuente: QUIJADA MONROY, Verónica del Carmen. *Aprendizaje virtual*.

<https://books.google.com.gt/books?id=yH1VBAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=aprendizaje+virtual&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiVg6LP19HKAhWHpR4KHY-NDG0Q6AEIIDAB#v=onepage&q=aprendizaje%20virtual&f=false>. Consulta: mayo de 2014.

- Tercer paso: en este punto se debe calcular el nivel de criticidad de cada equipo mediante una ecuación que viene dada por:

$$\text{Criticidad} = \text{frecuencia} \times \text{consecuencia}$$

Cuando ya se tiene el valor de criticidad, se busca en la matriz de criticidad (Figura 62), de donde se obtiene el nivel de criticidad para los valores y jerarquización establecidos.

- Cuarto paso: en este paso se deben validar los resultados obtenidos, es decir, se deben tomar acciones para mitigar los efectos que producen las fallas de los equipos. Cuando ya se ha logrado se le debe dar un seguimiento, con el fin de verificar si se minimizan las fallas.

- Criticidad del horno
 - Equipo: Horno Seproma FS-3
 - Condiciones operacionales: funcionamiento eléctrico, temperatura de operación 220 °C.
 - Modo de falla representativo: falta de uniformidad en la temperatura del horno.
 - Tiempo de reparación: 3 días.
 - Consecuencias: pérdida del 100 % de la producción diaria, costo de reparación Q 950,00.

Para determinar el nivel de criticidad se saca la frecuencia de la falla de la tabla de frecuencias y se debe calcular el impacto total, calculando primero el impacto de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Impacto} &= \sum 5 \text{ Criterios} \\ \text{Impacto} &= 2 + 1 + 1 + 1 + 1 \\ \text{Impacto} &= 6 \end{aligned}$$

$$\text{Criticidad} = \text{frecuencia de la falla} \times \text{impacto total}$$

$$\text{Criticidad} = 4 \times 6$$

$$\text{Nivel de criticidad} = 24$$

Según la matriz de criticidad, la criticidad del horno es baja.

- Criticidad de la sierra vertical
 - Equipo: Sierra Scheppach 14" Band Saw M90141

- Condiciones operacionales: funcionamiento eléctrico, velocidad máxima de trabajo 3 390 fpm.
- Modo de falla representativo: quebradura de la hoja de corte.
- Tiempo de reparación: 0,5 horas.
- Consecuencias: pérdida del 6,25 % de la producción diaria, daños al personal que requieren primeros auxilios, costo de reparación Q 50,00.

Para determinar el nivel de criticidad se realizan los mismos pasos calculados para el equipo anterior. Esto queda de la siguiente manera:

$$\text{Impacto} = \sum 5 \text{ Criterios}$$

$$\text{Impacto} = 2 + 1+1+1+1$$

$$\text{Impacto} = 6$$

$$\text{Criticidad} = \text{frecuencia de la falla} \times \text{impacto total}$$

$$\text{Criticidad} = 5 \times 6$$

$$\text{Nivel de criticidad} = 30$$

Según la matriz de criticidad, la criticidad de la sierra vertical es media.

- Criticidad de la sierra de mesa
 - Equipo: Sierra Unprosfu TS-0012K
 - Condiciones operacionales: funcionamiento eléctrico, velocidad máxima de trabajo 3 450 rpm.
 - Modo de falla representativo: sobrecarga del motor eléctrico.

- Tiempo de reparación: 8 horas.
- Consecuencias: retraso del 6,25 % de la producción diaria, no causa daños al personal pero es probable que cause daños a las instalaciones, costo de reparación Q 100,00.

Determinando el nivel de criticidad, se obtiene:

$$\text{Impacto} = \sum 5 \text{ Criterios}$$

$$\text{Impacto} = 1 + 1+1+1+1$$

$$\text{Impacto} = 5$$

$$\text{Criticidad} = \text{frecuencia de la falla} \times \text{impacto total}$$

$$\text{Criticidad} = 5 \times 5$$

$$\text{Nivel de criticidad} = 25$$

Según la matriz de criticidad, la criticidad de la sierra de mesa es baja.

- Criticidad de la balanza
 - Equipo: Balanza Radwag Ps 6000-c-1
 - Condiciones operacionales: funcionamiento eléctrico, capacidad máxima 6 000 g.
 - Modo de falla representativo: pérdida de la calibración.
 - Tiempo de reparación: 1 semana.
 - Consecuencias: pérdida de la producción diaria, no causa algún otro daño, costo de reparación Q 400,00.

Para determinar el nivel de criticidad se realizan los mismos pasos calculados para el equipo anterior. Esto queda de la siguiente manera:

$$\text{Impacto} = \sum 5 \text{ Criterios}$$

$$\text{Impacto} = 3 + 1+1+1+1$$

$$\text{Impacto} = 7$$

Criticidad = frecuencia de la falla \times impacto total

$$\text{Criticidad} = 4 \times 7$$

$$\text{Nivel de criticidad} = 28$$

Según la matriz de criticidad, la criticidad de la balanza es baja.

- Criticidad de la prensa
 - Equipo: Prensa Mega KCK-50
 - Condiciones operacionales: funcionamiento neumático y manual, capacidad máxima 50 toneladas.
 - Modo de falla representativo: falla de la bomba.
 - Tiempo de reparación: 1 día.
 - Consecuencias: pérdida de la producción diaria, no causa algún otro daño, costo de reparación Q 250,00.

Para determinar el nivel de criticidad se realizan los mismos pasos calculados para el equipo anterior. Esto queda de la siguiente manera:

$$\text{Impacto} = \sum 5 \text{ Criterios}$$

$$\text{Impacto} = 2+1+1+1+1$$

$$\text{Impacto} = 6$$

Criticidad = frecuencia de la falla × impacto total

$$\text{Criticidad} = 4 \times 6$$

$$\text{Nivel de criticidad} = 24$$

Según la matriz de criticidad, la criticidad de la prensa es baja.

- Criticidad del compresor
 - Equipo: Compresor Cyclone
 - Condiciones operacionales: funcionamiento eléctrico, presión 115 PSI
 - Modo de falla representativo: Caídas de voltaje.
 - Tiempo de reparación: 4 horas.
 - Consecuencias: pérdida de la producción diaria, no causa algún otro daño, costo de reparación Q 150,00.

Para determinar el nivel de criticidad se realizan los mismos pasos calculados para el equipo anterior. Esto queda de la siguiente manera:

$$\text{Impacto} = \sum 5 \text{ Criterios}$$

$$\text{Impacto} = 1+1+1+1+1$$

$$\text{Impacto} = 5$$

Criticidad = frecuencia de la falla × impacto total

$$\text{Criticidad} = 4 \times 5$$

$$\text{Nivel de criticidad} = 20$$

Según la matriz de criticidad, la criticidad del compresor es baja.

- Criticidad del triturador
 - Equipo: molino Fs-3
 - Condiciones operacionales: funcionamiento eléctrico, potencia de trabajo de 10 Hp.
 - Modo de falla representativo: fallas en el motor eléctrico.
 - Tiempo de reparación: 8 horas.
 - Consecuencias: retraso de la producción diaria, daños leves a las instalaciones, no causa daños al personal, costo de reparación Q 100,00.

Para determinar el nivel de criticidad se realizan los mismos pasos calculados para el equipo anterior. Esto queda de la siguiente manera:

$$\text{Impacto} = \sum 5 \text{ Criterios}$$

$$\text{Impacto} = 1+1+1+1+1$$

$$\text{Impacto} = 5$$

$$\text{Criticidad} = \text{frecuencia de la falla} \times \text{impacto total}$$

$$\text{Criticidad} = 5 \times 5$$

$$\text{Nivel de criticidad} = 25$$

Según la matriz de criticidad, la criticidad del molino es baja.

5.4. Codificación de los equipos

En la gestión del mantenimiento, la codificación de los equipos industriales de una planta de producción es de suma importancia. Esto funciona como un instrumento que ayuda a simplificar dicha gestión en un sistema de

mantenimiento. Este instrumento tiene como fin, identificar todos los equipos, herramientas y activos en general de una empresa para prevenir el riesgo de equivocar los equipos, por su función, nombre, color, marca o algún otro factor que puedan tener en común. Esto dependiendo el proceso productivo y el tipo de empresa, cuentan con varias unidades de un determinado equipo.

La codificación de los equipos de la línea de producción de paneles de tetrabrik del CII, se realizará de forma no significativa. Este tipo de codificación se realiza en plantas de producción pequeñas, es decir, en empresas en las que cuentan con un número limitado de equipos o bien, espacio reducido dentro de la planta de producción. Este es el caso de la línea de producción del CII.

Para la codificación de los equipos de los cuales se habla en este capítulo, se empleó un sistema alfanumérico de seis caracteres. De estos, los primeros dos caracteres corresponden a letras y los siguientes cuatro a números. A continuación se muestra un ejemplo de cómo se codificó cada equipo de la línea de producción de paneles de tetrabrik del CII.

XX0000

En donde:

La primera letra: hace referencia al nombre de la máquina.

La segunda letra: hace referencia a la marca de la máquina.

Los primeros dos números: representan el proceso productivo para la cuál es utilizada.

Los últimos dos dígitos: representan la cantidad de máquinas que hay en la línea de producción.

Tabla XXIII. **Códigos de los equipos de la línea de producción**

Equipo	Letras	Proceso	Número de máquinas	Código
Horno industrial	HS	01	01	HS0101
Sierra de cinta	SS	01	01	SS0101
Sierra de mesa	SU	01	01	SU0101
Balanza digital	BR	01	01	BR0101
Prensa	PM	01	01	PM0101
Compresor	CB	01	01	CB0101
Lavadora	L-	01	01	L-0101
Molino crusher	MU	01	01	MU0101

Fuente: elaboración propia.

El número 01 en el proceso significa: proceso fabricación de paneles de tetrabrik. También se debe acotar que si en un futuro se amplía la línea de producción para codificar de una mejor manera los equipos se pueden agregar dos números más. En donde estos pueden representar, color, capacidad, funcionamiento o cualquier otro factor en general que sirva para diferenciar un equipo de otro.

5.5. Plan de mantenimiento para los equipos

Su finalidad es conservar en excelentes condiciones los equipos para su adecuado funcionamiento y que produzca una reacción en cadena. Para que se obtenga un rendimiento máximo de los equipos y se reduzcan los costos atribuibles al mantenimiento.

A continuación se describen las actividades que se deben realizar a cada equipo en particular, para conservarlos de la mejor manera posible. Es importante resaltar, que se debe contar con un registro de todas las actividades

que se le realicen a cada equipo. Por ende, este registro debe estar actualizado.

- Horno

Tabla XXIV. **Actividades de mantenimiento del horno**

Actividad	Frecuencia
Revisar y limpiar los contactos del temporizador.	Cada 500 hrs de uso
Revisión del empaque de la puerta.	Cada 500 hrs de uso
Limpieza de las paredes internas y externas.	Cada 650 hrs de uso
Revisión del ventilador.	Cada 750 hrs de uso
Revisar que las tuberías y dampers se encuentren libres de obstrucciones.	Cada 750 hrs de uso
Revisión y lubricación de las bisagras de la puerta.	Cada 750 hrs de uso
Revisión y lubricación del pasador de la puerta.	Cada 750 hrs de uso
Revisar las conexiones eléctricas del horno.	Cada 1 000 hrs de uso
Cambio del termo par.	Cada 2 000 hrs de uso
Verificar la programación del controlador integral y derivativo.	Cada 2 000 hrs de uso
Cambio del empaque de la puerta.	Cada 2 000 hrs de uso

Fuente: elaboración propia.

- Sierra vertical

Tabla XXV. **Actividades de mantenimiento de la sierra vertical**

Actividad	Frecuencia
Limpieza de la máquina.	Cada 8 hrs de uso
Limpiar la caja de polvos.	Cada 200 hrs de uso
Engrasar las piezas móviles.	Cada 400 hrs de uso
Revisar la tensión de la faja.	Cada 500 hrs de uso
Cambiar y afilar las cuchillas.	Cada 500 hrs de uso
Lubricación de cojinete.	Cada 500 hrs de uso
Revisar las conexiones eléctricas.	Cada 1 000 hrs de uso

Fuente: elaboración propia.

- Sierra de mesa

Tabla XXVI. **Actividades de mantenimiento de la sierra de mesa**

Actividad	Frecuencia
Limpieza de la máquina.	Cada 8 hrs de uso
Lubricar la mesa de trabajo.	Cada 400 hrs de uso
Limpiar la entrada y salida de aire de la sierra.	Cada 500 hrs de uso
Cambiar y afilar el disco de trabajo.	Cada 500 hrs de uso
Lubricación del volante de velocidades de rotación.	Cada 500 hrs de uso
Inspeccionar visualmente las conexiones eléctricas.	Cada 1 000 hrs de uso
Verificar la tensión en las terminales del motor y comparar con la indicada por el fabricante.	Cada 1 000 hrs de uso

Fuente: elaboración propia.

- Prensa

Tabla XXVII. **Actividades de mantenimiento de la prensa**

Actividad	Frecuencia
Limpieza de la prensa.	Cada 250 hrs de uso
Verificar el nivel de aceite de la bomba.	Cada 250 hrs de uso
Engrasar los ejes y partes móviles.	Cada 500 hrs de uso
Cambio de aceite a la bomba.	Cada 1 000 hrs de uso
Verificar la calibración del manómetro, tal como lo indica el fabricante.	Cada 2 000 hrs de uso
Verificar el buen estado de la válvula de sobrepresión.	Cada 2 000 hrs de uso
Cambio de anillos del pistón.	Cada 5 000 hrs de uso

Fuente: elaboración propia.

- Compresor

Tabla XXVIII. **Actividades de mantenimiento del compresor**

Actividad	Frecuencia
Cambio de aceite al cabezal.	Cada 100 hrs de uso
Verificar que no hayan caídas de voltaje.	Cada 500 hrs de uso
Limpieza del compresor.	Cada 500 hrs de uso
Limpieza del filtro de aire.	Cada 500 hrs de uso
Desconectar el compresor y revisar las conexiones eléctricas.	Cada 500 hrs de uso
Verificar la calibración de los manómetros.	Cada 1 000 hrs de uso
Cambio de anillos del pistón.	Cada 2 000 hrs de uso
Cambio de cojinetes.	Cada 2 000 hrs de uso
Servicio de válvulas.	Cada 2 000 hrs de uso
Cambio de los retenedores.	Cada 2 000 hrs de uso

Fuente: elaboración propia

- Molino crusher

Tabla XXIX. **Actividades de mantenimiento del molino**

Actividad	Frecuencia
Limpieza del molino.	Cada 8 hrs de uso
Engrase del eje principal.	Cada 500 hrs de uso
Cambio y afilado de cuchillas.	Cada 500 hrs de uso
Verificar y ajustar la distancia entre cuchillas.	Cada 500 hrs de uso
Revisar las conexiones eléctricas.	Cada 500 hrs de uso
Revisar si existen caídas de voltaje.	Cada 500 hrs de uso
Verificar si la vibración ha aflojado tornillos.	Cada 1 000 hrs de uso

Fuente: elaboración propia.

- Balanza digital

Tabla XXX. **Actividades de mantenimiento de la balanza**

Actividad	Frecuencia
Limpieza de la balanza	Cada 8 hrs de uso
Mandar a calibrar	Cada 2 000 hrs de uso

Fuente: elaboración propia.

- Lavadora

Tabla XXXI. **Actividades de mantenimiento de la lavadora**

Actividad	Frecuencia
Limpieza de la lavadora.	Cada 200 hrs de uso
Buscar si hay filtración de humedad.	Cada 200 hrs de uso
Verificar que las conexiones eléctricas estén adecuadamente.	Cada 500 hrs de uso
Inspeccionar el funcionamiento del motor.	Cada 750 hrs de uso
Engrasar el rotor principal de la lavadora.	Cada 750 hrs de uso

Fuente: elaboración propia.

07 Zona 12, Colonia Carmen Conmutador, Tel: (502) 2442-2570. Esta es una empresa que cuenta con los mismos productos que la anterior, pero los precios son más elevados. Además esta empresa también tiene a la venta repuestos de maquinaria industrial. Estos pueden ser necesitados para los equipos.

5.6.2. Especificaciones

El aceite que el fabricante de la prensa recomienda es el aceite de uso hidráulico, tipo HL o HM. Esto con un grado ISO de viscosidad cinemática de 30 CTS a 40 °C.

El aceite que se recomienda utilizar para el cabezal del compresor es un aceite Castrol 40.

Para el engrase de las bisagras y pasadores se recomienda utilizar un aceite WD-40 3-EN-UNO. Este es un lubricante líder en el mercado y es fácil de adquirir, pero que cumple con las características que se necesitan, las cuales son: que limpie las partes móviles. A la vez forma una barrera que proteja de la corrosión y que libere de objetos que se encuentren atascados dentro de las piezas móviles.

Para las demás piezas que se deben lubricar se recomienda el uso de una grasa lubricante, como la Grasa de litio núm.2 EP. Esto debido a que es una grasa universal de grado 2, la cual es utilizada en una gran gama de equipos industriales y se puede aplicar bajo una gran gama de temperaturas, presiones altas, protege contra la humedad, protege contra la corrosión, gran estabilidad mecánica y condiciones de polvo. Esto la convierte en una grasa ideal para aplicar en los equipos de la línea de producción del CII, ya que al momento de

triturar el tetrabrik se produce una gran cantidad de polvillo. Por ello, hay que estar limpiando frecuentemente los equipos.

5.7. Procedimientos específicos de cada equipo

- Para cuando se realice la revisión de las conexiones eléctricas en el horno se debe mantener el horno desconectado, remover la tapadera inferior de color negra y verificar el ensamble de la misma. Esto es un lugar en donde se da la corrosión y no se identifica con una inspección visual de rutina. Cuando se verifica que los *dampers* y tuberías se encuentran libres de obstáculos, es necesario que se quiten las parrillas del horno y se mantengan en un ambiente libre de humedad para prevenir la corrosión.
- Para realizar las actividades de mantenimiento de la prensa, no existe ningún procedimiento que se deba realizar con suma precaución. El único cuidado que se debe tener es que cuando se verifica el nivel de aceite de la bomba, se cercioran que no se esté utilizando líquido de frenos en vez del aceite recomendado en la sección anterior.
- Para la sierra de cinta vertical y la de mesa, el único procedimiento que sobresale a las actividades que se le realizan a estos equipos, es que en el momento de que se efectúe el cambio de las cuchillas y discos, se debe tener cuidado de no dejarlos caer al suelo. Esto debido a que se quiebran y se les achata el filo. Además es importante mencionar que previo a quitar el disco de la sierra de mesa se debe remover el tornillo de seguridad del disco, de lo contrario al forzar el disco, se puede torcer o quebrar.

- Para el compresor, el procedimiento en el que se debe tener mayor cuidado es en el de limpieza del filtro de aire. Este no se puede golpear, y se debe manipular en un lugar libre de polvos y de cualquier clase de basura que pueda entrar en este.
- Para el molino triturador se debe saber que para el cambio de las cuchillas, no es necesario desmontar las tolvas, pues se puede realizar este trabajo desde un costado del molino, ahorrando tiempo en la realización de esta actividad.

5.8. Personal necesario para el mantenimiento

Para realizar las actividades de mantenimiento en la línea de producción del CII, no es necesario, crear un Departamento de Mantenimiento. A este pertenecen uno o más colaboradores para la ejecución del trabajo programado. Por ello, se analizó el proceso productivo y se observó que existe un tiempo de ocio de la persona que fabrica los paneles en el momento en que se espera que el horno llegue a la temperatura de trabajo recomendada y en el enfriamiento a presión de los paneles.

Por lo cual se puede eliminar ese tiempo de ocio si se le asigna una actividad de mantenimiento programada, ya que son pocas máquinas. Las actividades de mantenimiento vienen dadas por las horas de uso de cada equipo, razón por la cual no se ejecutan las tareas simultáneamente. También se le puede asignar esta actividad a un practicante del CII, por lo cual se debe instruir previamente sobre el funcionamiento e importancia del mantenimiento a los equipos de la línea de producción.

La actividad que requiere mayor conocimiento para su ejecución es la del cambio de anillos al pistón del compresor, cambio de cojinetes y válvulas. Por ello, se tiene la opción de contactar al servicio técnico de Black Bull Tools Guatemala, y coordinar una fecha para llevar el compresor para que ellos le hagan el mantenimiento. Esto no causará un retraso en la producción, ya que la prensa se puede accionar manualmente, pero si producirá un incremento en el costo de mantenimiento. Esto debido a diversos factores como, combustible, depreciación del vehículo, sueldo de la persona que transporta, entre otros.

5.9. Documentación del programa de mantenimiento

La documentación que se recomienda utilizar en esta sección será utilizada para llevar un orden y registro de las actividades de mantenimiento que se tengan programadas. Esto es para las máquinas de la línea de producción de paneles de tetrabrik del CII.

5.9.1. Órdenes de trabajo

A continuación se muestra un modelo propuesto para realizar órdenes de trabajos, en el área de gestión de la calidad del CII.

Figura 37. Modelo de orden de trabajo

	ÁREA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA	Núm. DE ORDEN _____
		Fecha de Vigencia: __/__/__
ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO		
FECHA Y HORA DE LA SOLICITUD:		DEPARTAMENTO QUE SOLICITA:
CÓDIGO DEL EQUIPO:		NOMBRE DEL EQUIPO:
PERSONA QUE SOLICITA EL TRABAJO:		
TRABAJO A REALIZAR MECÁNICO <input type="checkbox"/> ELÉCTRICO <input type="checkbox"/> OTRO <input type="checkbox"/>	TIPO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO <input type="checkbox"/> CORRECTIVO <input type="checkbox"/> OTRO <input type="checkbox"/>	HORA DE INICIO DEL TRABAJO _____ HORA DE FINALIZACIÓN DEL TRABAJO _____ DURACIÓN DEL TRABAJO _____
TRABAJO A REALIZAR		
_____ _____ _____ _____ _____		
TRABAJO REALIZADO		
_____ _____ _____ _____		
MATERIALES Y REPUESTOS A USAR	OBSERVACIONES:	
EQUIPO NECESARIO PARA EJECUTA EL TRABAJO		
FIRMA DE LA PERSONA QUE REALIZÓ EL TRABAJO		

Fuente: elaboración propia.

5.9.2. Solicitudes de repuestos a coordinación

A continuación se muestra un modelo propuesto para realizar solicitudes de repuestos en el área de gestión de la calidad del CII.

Figura 38. Modelo de solicitud de repuestos

	ÁREA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA	Núm. DE DOCUMENTO _____
		Fecha: __/__/__
SOLICITUD DE MATERIALES		
Coordinador del área de gestión de la calidad _____, por este medio se le solicitan los siguientes materiales y repuestos, para realizar el siguiente trabajo de mantenimiento:		
Correctivo <input type="checkbox"/> Preventivo <input type="checkbox"/>		
Del equipo que a continuación se describe:		
Código: _____ Marca: _____ Serie: _____ Modelo: _____		
Descripción del mantenimiento: _____ _____ _____ _____		
Núm.	Descripción del material	Cantidad
Sin nada mas que agregar, Atentamente:		
Encargado de mantenimiento: _____		
Firma del Encargado de mantenimiento: _____		
Nombre de quien autoriza la solicitud: _____		
Firma de autorización: _____		

Fuente: elaboración propia.

5.9.3. Hojas de control de mantenimientos preventivos

A continuación se muestra un modelo propuesto para realizar controles de mantenimientos de trabajos realizados a las máquinas de la línea de producción, en el área de gestión de la calidad del CII.

Figura 39. **Modelo de control de mantenimientos**

	ÁREA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA			Núm. DE DOCUMENTO _____
CONTROL DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS				
EQUIPO:				
CÓDIGO:				
MARCA:				
MODELO:				
No.	RUTINA	ATRASADO	EN PROCESO	ADELANTADO
NOMBRE DEL ENCARGADO DEL MANTENIMIENTO				
NOMBRE DEL ENCARGADO DEL SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO				
OBSERVACIONES:		FIRMA		

Fuente: elaboración propia.

5.9.4. Hojas de supervisión

A continuación se muestra un modelo propuesto para realizar hojas de supervisión en el área de gestión de la calidad del CII.

Figura 40. **Modelo de hoja de supervisión**

	ÁREA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA	Núm. DE DOCUMENTO _____
		Fecha: __/__/__
HOJA DE SUPERVISIÓN DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS		
EQUIPO:		
CÓDIGO:		
MARCA:		
MODELO:		
Descripción del trabajo realizado:		
NOMBRE DE QUIEN REALIZÓ EL MANTENIMIENTO		
NOMBRE DE QUIEN SUPERVISÓ EL MANTENIMIENTO		
OBSERVACIONES		
FIRMA DE QUIEN REALIZÓ EL MANTENIMIENTO _____	FIRMA DE QUIEN SUPERVISÓ EL MANTENIMIENTO _____	

Fuente: elaboración propia.

5.9.5. Informes a coordinación sobre mantenimiento

Los debe realizar la persona encargada del mantenimiento. Esto consiste en detallar la programación de mantenimiento para el mes en curso. Las tareas de mantenimiento retrasadas, en proceso y terminadas, fecha en que se realizó la última actividad de mantenimiento y la fecha en que se tiene programada la siguiente actividad a ese equipo. Para que el coordinador del área de Gestión de la Calidad esté informado de los detalles del mantenimiento de la línea de producción. Por ende se recomienda realizar estos informes mensuales, pues no existe un número grande de equipos y no se requiere un control muy estricto para estar enterado de la situación de cada equipo.

5.10. Costo del plan de mantenimiento

El sector de mantenimiento en la planta o en la empresa puede ser considerado por algunos gerentes como un gasto, para otros como una inversión en la protección del equipo físico, y para algunos como un seguro de producción.

Tabla XXXII. **Tabla de los costos de los equipos industriales**

Equipo industrial	Costo (Q)
Horno industrial	25 950,00
Prensa hidráulica	20 600,00
Molino Crusher	14 541,18
Balanza de plataforma de 30 kg	7 125,00
Balanza industrial	10 875,00
Sierra de cinta	9 700,00
Compresor	8 660,54
Lavadora de plástico industrial	19 480,00
Mesa de trabajo	1 875,00
Moldes de metal	31 800,00
Total	150 606,72

Fuente: elaboración propia.

En esta sección se analiza el costo del plan de mantenimiento, teniendo en cuenta lo siguiente:

Según el Baca Urbina, “los costos de mantenimientos preventivos no deben de sobrepasar el 4 % anual del valor de la maquinaria”,¹⁰ razón por la cual se calcula el monto máximo con el que se puede trabajar y ejecutar este plan de mantenimiento:

$$\text{Monto anual} = 4 \% \times \text{Valor de la maquinaria}$$

$$\text{Monto anual} = 4 \% \times \text{Q } 151\,230,00$$

$$\text{Monto anual} = \text{Q } 6\,049,20$$

Lo anterior significa que no podemos sobrepasar los Q 6 049,20 anuales, para lo cual se analizan los siguientes factores, pues afectan los costos de mantenimiento de este plan.

- Mano de obra: las actividades del plan de mantenimiento serán ejecutadas por el operario de la línea de producción en sus tiempos de ocio. Por ello, esto no implica un costo para la ejecución del plan.
- Repuestos: los costos de los repuestos se obtuvieron de cotizaciones telefónicas a los proveedores indicados anteriormente, teniendo los siguientes resultados:

¹⁰ BACA URBINA, Gabriel. *Evaluación de Proyectos*. p. 126

Tabla XXXIII. **Cotización de precios de los repuestos**

Núm.	Repuesto	Precio (Q)
1	Cubeta de aceite HL	677,60
1	Litro de aceite Castrol 40	046,37
1	Bote de grasa de 14.5 oz	046,70
2	Juegos de anillos para pistón	450,00
2	Cojinete	084,50
4	Válvulas para el compresor	358,00
2	Empaque para culata	175,50
2	Retenedores	086,00
1	Bote de aceite 3 en 1	033,50
	Total	1 958,17

Fuente: elaboración propia.

- Costos de almacenamiento: para no incurrir en un costo de almacenamiento de los repuestos, se compraran dos días antes de la fecha en que se vayan a utilizar. Por esta razón se necesita que la persona encargada del mantenimiento, coloque estos datos en el informe mensual a coordinación.
- Otros costos: también se tiene la opción de llevar el compresor al servicio técnico de Black bull tools aquí en Guatemala, si no se cuenta con una persona capacitada para realizar el mantenimiento al compresor. Esto incrementaría los costos por Q 350,00 que es lo que cobran por mano de obra, más los costos de transporte que ascienden a Q 75,00 teniendo un total de Q 425,00. Por lo cual, el costo total del plan de mantenimiento asciende a:

Costo total de mantenimiento = Cto. de repuestos + Cto. m.o. + Otros cts.

Costo total de mantenimiento = Q 1 958,17 + Q 425,00

Costo total de mantenimiento = Q 2 383,17

CONCLUSIONES

1. Para la fabricación de sillas y tableros en el CII se necesita contar con una cantidad de Q 30 224,00 anuales. Esto para adquirir la materia prima y ejecutar el proceso de fabricación y producir 804 tableros y 772 sillas.
2. El costo que representa la mano de obra directa para la fabricación de los productos en estudio es de Q 31 337,76 anuales. Esto representa un 25,22 % del costo total de fabricación.
3. Los costos variables del proceso de fabricación actual se ven afectados por factores como: talco industrial, aceite mineral, almacenamiento, entre otros. Estos costos ascienden a un monto anual de Q 102 022,16 lo cual representa un costo por silla de Q 90,15 y Q 7,34 tablero.
4. Trabajando bajos las condiciones actuales en la línea de producción es necesario fabricar 717 sillas y 760 tableros para no tener pérdidas económicas, lo cual representa un ingreso de Q 86 213,07 y Q 29 581,60 respectivamente. Por otro lado la tasa interna de retorno máxima a la cual deben ejecutar el proyecto para no obtener pérdidas es de 29 %.
5. La implementación de un plan de mantenimiento preventivo por el número de horas de uso de cada equipo tiene un costo de Q 1 958,17 anuales, respecto al valor de Q 6 645,53 anuales. Estos se gastan por las averías ocurridas anteriormente, refleja una reducción del 70,53 % de los costos, reduciendo a la vez los costos de fabricación de los productos.

RECOMENDACIONES

1. Realizar una reducción de los costos de materia prima a través de la creación de convenios con escuelas y así utilizar únicamente el tetrabrik que ellas proporcionen.
2. Dar un enfoque económicosocial al proyecto, con el fin de ser autofinanciable y no continuar el financiamiento del Concyt. Esto beneficiará al CII pues se dará a conocer y continuará ejecutando el proyecto cumpliendo así con la visión de esta institución.
3. Reducir los costos de fabricación para alcanzar más rápidamente el punto de equilibrio y aumentar las utilidades. Esto a través de reducción de costos de adquisición de materia prima, mantenimiento, entre otros.
4. Implementar el plan de mantenimiento propuesto para alargar la vida de los equipos, así se garantizará la eliminación de pausas inesperadas, las cuales producen un retraso de la producción.
5. La creación de documentación para el mantenimiento es un factor que ayuda a establecer un control sobre los equipos de la línea de producción. Además con las actividades de mantenimiento propuestas, se cultiva una cultura de conservación de las unidades, mejorando las condiciones de la línea de producción.

BIBLIOGRAFÍA

1. BACA URBINA, Gabriel. *Evaluación de proyectos*. 4a ed. México: McGraw-Hill, 2001. 238 p.
2. TORRES SALINAS, Aldo S. *Contabilidad de Costos: Análisis para la toma de decisiones*. 3a ed. México: McGraw-Hill, 2010. 245 p.
3. PERDOMO SALGUERO, Mario Leonel. *Contabilidad con base en normas internacionales de contabilidad (NIC´s)*. 7a ed. Guatemala: Ediciones Contables Administrativas, 2006. 159 p.
4. CHAIN, Nassir Sapag; CHAIN, Reinaldo Sapag. *Preparación y evaluación de proyectos*. 5a ed. Colombia: McGraw-Hill, 2008. 445 p.
5. GUERRERO SPINOLA DE LOPEZ, Alba Maritza. *Formulación y evaluación de proyectos*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. 110 p.
6. Banco de Guatemala. Inflación total [en línea]. <<http://www.banguat.gob.gt/inc/ver.asp?id=/imm/imm01>>. [Consulta: 10 de julio de 2015].

7. Guatemala, Congreso de la República. *Ley del impuesto al valor agregado*. Decreto 27-92. [en línea]. <<http://www.leydeguatemala.com/reglamento-de-la-ley-del-iva/>>. [Consulta: 10 de julio de 2015].
8. Mega. *Catálogo de prensas de suelo estándar*. [en línea]. <http://www.mega.es/catalogo_automocion/catalogo_automocion_detalle.php?sldioma=es&nIdCategoria=8&nIdSubcategoria=20>. [Consulta: 10 de julio de 2015].
9. Black Bull Tools. *Especificaciones de compresores de aire*. [en línea]. <http://www.blackbulltools.com/index.php?option=com_virtuemart&view=category&virtuemart_category_id=7&categorylayout=0&Itemid=118>. [Consulta: 10 de julio de 2015].
10. PEMEX. *Metodología Análisis de Criticidad*. [en línea]. <http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias_pdf/Guia_SCO_Analisis_Criticidad.pdf>. [Consulta: 10 de julio de 2015].
11. Spirax Sarco. *Guía de referencia técnica de distribución del vapor*. [en línea]. <<http://www2.spiraxsarco.com/ar/pdfs/training/gcm-03.pdf>>. [Consulta: 10 de julio de 2015].
12. PROMONEGOCIOS. *Teoría de costos*. [en línea]. <<http://www.promonegocios.net/costos/costos-fijos.html>>. [Consulta; 10 de julio de 2015].

APÉNDICES

Una forma rápida de determinar el porcentaje de inflación para los años futuros, es determinar la tasa de inflación respecto a los años anteriores, para el cálculo de la tasa que se utilizó en el flujo de fondos, se realizó de esa forma, obteniendo los siguientes resultados:

Período	2014	2015	2016	2017	2018
Ritmo de inflación	2,95	2,45	2,95	4,39	3,45

ANEXOS

4a. Av. 15-70 zona 10 Edificio Paladium Oficina 4E
 Teléfono: 2366.4270 Teléfono: 2366.4271
 office@proquimicainfo.com www.proquimicainfo.com

PROQUIMICA *Distribuidora De Equipo de Laboratorio*




Página #1

COTIZACIÓN IG-091-13

27.Feb.2013

USAC

Ing. Oswin Antonio Melgar

Item	Cantidad	Catálogo	Descripción	Unitario	Total
1	1	PS6000C1	Balanza Radwag PS de 6000g x 0.01 gramos - Fabricada 100% en Europa certificada ISO 9001-2002 - Plataforma de acero 195 x 195 mm - Rango de 0 a 6000 g con resolución de 0.01g - pantalla iluminada backlight - adaptador 110 voltios	Q10,875.00	Q10,875.00
					
2	1	WLC 30/K	Balanza de Plataforma de 30 Kg X 0.001Kg - Fabricada 100% en Europa bajo ISO 9001-2002 - Rango de 0 a 30 Kg con resolución de 0.001 Kg (1g) - Función de conteo de piezas y pantalla iluminada - La pantalla unida con cable de 2 mt - Plataforma de acero inox de 29 x 36 cm - Operación a 110 voltios & 60 Hz	Q7,125.00	Q7,125.00
					

CONDICIONES DE LA OFERTA:

Tiempo de entrega: De 2 a 3 semanas

Forma de pago: anticipado

Validez de la oferta: 30 días.

Garantía 12 Meses.

Contamos con servicio técnico.

Precio puesto en su laboratorio

Q18,000.00

[Incluye i.v.a]

Atentamente,

Ivon González

Tel. 2366.4270



SOLARSA - S.A.
 3A. AVE 5-05 Z. 9 PBX 360-2035 FAX 360-3701

CLIENTE : SENACYT
 DIRECCION : 3AV. 13-28 ZONA 1 CIUDAD
 ATENCION : ERICK MORALES
 TIEMPO DE ENTREGA : INMEDIATA
 COTIZACION No. 92618
 TELEFONO(S): 55154089
 FORMA DE PAGO : CONTADO 24.01.2013

CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCION DEL PRODUCTO	P.UNITARIO	TOTAL
4822	1.00	UNI COMPRESOR 03 HP 60 GAL IL3106016 VER COL 220 VOLTIOS MONOFASICO. 6 MESES DE GARANTIA REPUESTOS Y TALLER.	8,210.54	8,210.54
99998	1.00	MANGUERA Y ACCESORIOS	450.00	450.00
			TOTAL Q.	8,660.54

OBSERVACIONES:

- Precios sujetos a cambio sin previo aviso.
- Ofrecemos diferentes planes de financiamiento.
- Aceptamos Tarjetas de Crédito y Cheques Personales.

DAVID MORALES
 Asesor Técnico

SolarSA, S.A.
 3a. Avenida 5-05, Zona 09
 PBX: 2360-2035 FAX: 2360-3701
 E-mail: ventas@solarsa.com.gt

PBX (502) 2360-2035 FAX (502) 2360-3701
 saladeventas@solarsa.com.gt
 3ra Av. 5-05, zona 9
 www.solarsa.com.gt



No. 13041001

Guatemala
Abril 10, 2013

Señores
SENACYT
3ª Avenida 13-28, zona 1
Ciudad de Guatemala, Guatemala C.A.
Presente

Apreciables señores del departamento de compras:

Por medio de la presente envío la cotización por el siguiente equipo:

CANT	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Horno digital de convección forzada, interior fabricado de acero inoxidable norma AISI 304L, temporizador digital, capacidad de 3.7 pies cúbicos, rango de temperatura de 45 a 220°C, fabricado en Guatemala por SERPROMA	Q. 25,950.00	Q. 25,950.00
TOTAL			Q. 25,950.00

#	DESCRIPCION	PRECIO UNI	TOTAL
1	sierra Cinta Vertical, corte 8-1/4 rectángulo y redondo Capacidad 8-1/4 In. x., 13-1/2 Capacidad de corte cuadrado 8-1/4 x 8-1/4 pulg., Voltage 120, 1 HP, plazos de 1600, 3300 fpm, Max . Espesor de corte 8-1/4 In. Capacidad 45 grados, Max. 100-3/4 Logitud de lamina, Ancho de la hoja 3/4 pulg., Espesor de la hoja 0.020 In., Altura 65 In., Ancho 31 In., Profundidad total 22 In., Corte en ángulo de 45 grados, 10 amperios de CA, 1 fase, 60 Hz, Dimensiones de la mesa 14 x 14 In.	Q9,700.00	Q9,700.00
			
	M90141 SCHEPPACH		
	TIEMPO DE ENTREGA 20 a 25 DIAS HABILES		

Validez de la oferta 5días hábiles

Disponibilidad, precios y tiempo de entrega sujetos a cambios sin previo aviso

forma de pago 50% anticipo y 50% contra entrega u Orden de Compra

ATENTAMENTE,

Licda. Jacqueline Sowa

ASESORA MARCA

jsowa@productosdelaire.com

PRODUCTOS DEL AIRE DE GUATEMALA, S.A, NIT 837297-7

TEL (502) 2421-0400 Ext 346 Fax (502) 2440-9666





Anillo Periférico 4-15, Zona 2 - C.P. 01002 - Guatemala, Guatemala, C.A.
Tel. (502) 2254-0640/41, (502) 2254-0648/50, Fax: (502) 2254-0646
E-mail: industrial@universal-machines.com universe.gt@gmail.com

Guatemala, 18 de enero de 2013

Señores

SECRETARIA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA "SENACYT"

3ª. Avenida 13-28, Zona 1

PBX 2317-2600

NIT: 841585-4

Email: oswinmelgar@yahoo.com

Guatemala

Estimados Señores:

Le saludamos atentamente y de acuerdo con su solicitud, nos permitimos presentar para su consideración la oferta siguiente:

MOLINO (CRUSHER) PARA PLASTICOS

MARCA: UNIVERSAL

Modelo: FS-3.....US\$1,901.76

Alimentación eléctrica: Trifásica, 220V

Potencia: 7.5Kw (10HP), 26Amp

Tamiz: mesh de 3/8" de diámetro (*)



SPECIFICATION:

Model of Machine	FS-3
Output	150Kg/h (Approx.)
Quantity of Knives	5 Pc
Material Inlet	400*300mm

Guatemala, 23 de Enero de 2013	Cotización No.	AL-9622-2
--------------------------------	----------------	-----------

Cliente	SENACYT / SECRETARIA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA		
Dirección	3Ave 13-28 Zona 1		
Teléfono	Fax	Atención	

Por este medio sometemos a su consideración la siguiente proforma.

NIT 841585-4

#	DESCRIPCION	PRECIO UNI	TOTAL
1	Se suministran completamente montadas y listas para trabajar. Diferentes opciones de bombas: una o dos velocidades, manual-neumáticas o eléctricas en función de la velocidad de trabajo requerida. Cabrestante para una manipulación fácil y rápida de la mesa de trabajo. Mesa de trabajo ajustable en distintas alturas. Pistón con retorno automático. Incluyen 2 apoyos en V. Manómetro con amortiguación para prolongar su vida útil. Posicionamiento del manómetro a la altura de los ojos para facilitar su lectura.	Q20,600.00	Q20,600.00
			
	KCK-50 AL MARCA MEGA Mientras dure en existencia		
	TIEMPO DE ENTREGA 5 DIA HABILES		

NOTA: NO SE ACEPTAN DEVOLUCIONES EL CLIENTE LEE Y ACEPTA LAS ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Validez de la oferta 5 días hábiles

Disponibilidad, precios y tiempo de entrega sujetos a cambios sin previo aviso

forma de pago 50% anticipo y 50% contra entrega u Orden de Compra si tiene credito

ATENTAMENTE,

Jacqueline Sowa

ASESORA DE MARCA

jsowa@productosdelaire.com

PRODUCTOS DEL AIRE DE GUATEMALA, S.A, NIT 837297-7

TEL (502) 2421-0400 Ext 346 Fax (502) 2440-9666



INFLACIÓN TOTAL
RITMO INFLACIONARIO
AÑOS 1996 - 2015
PORCENTAJES

Periodo	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Enero	9.76	10.80	7.29	6.29	5.27	6.05	8.85	6.20	6.21	9.04	8.08	6.22	8.39	7.88	1.43	4.90	5.44	3.86	4.14	2.32
Febrero	10.83	12.66	5.45	5.17	6.62	5.99	9.01	6.00	6.26	9.04	7.26	6.62	8.76	6.30	2.48	3.24	3.17	4.18	3.30	2.44
Marzo	11.48	11.51	6.11	3.99	8.28	5.42	9.13	5.78	6.37	8.77	7.28	7.02	9.10	5.00	3.93	4.99	4.55	4.34	3.25	2.43
Abril	11.95	10.13	6.94	3.47	9.07	4.87	9.25	5.67	6.65	8.88	7.48	6.40	10.37	3.62	3.75	5.76	4.27	4.13	3.27	2.38
Mayo	11.02	9.61	7.32	3.73	7.36	6.05	9.31	5.56	7.27	8.52	7.62	5.47	12.24	2.29	3.51	6.39	3.90	4.27	3.22	2.55
Junio	10.34	8.97	7.43	4.22	7.23	6.30	9.14	5.24	7.40	8.80	7.55	5.31	13.56	0.62	4.07	6.42	3.47	4.79	3.13	2.39
Julio	11.60	7.98	7.27	5.22	6.14	6.97	9.10	4.65	7.64	9.30	7.04	5.39	14.16	-0.30	4.12	7.04	2.86	4.74	3.41	
Agosto	12.03	8.05	6.31	6.03	4.71	8.79	7.73	4.96	7.66	9.37	7.00	6.21	13.69	-0.73	4.10	7.63	2.71	4.42	3.70	
Septiembre	11.77	8.33	5.49	6.79	4.29	8.99	7.10	5.68	8.05	9.45	5.70	7.33	12.75	0.03	3.76	7.25	3.28	4.21	3.45	
Octubre	10.64	8.48	4.97	7.37	3.84	9.47	6.60	5.84	8.64	10.29	3.85	7.72	12.93	-0.65	4.51	6.65	3.35	4.15	3.64	
Noviembre	10.44	7.66	7.35	5.15	4.17	9.51	6.34	5.84	9.22	9.25	4.40	9.13	10.85	-0.61	5.25	6.05	3.11	4.63	3.38	
Diciembre	10.85	7.13	7.48	4.92	5.08	8.91	6.33	5.85	9.23	8.57	5.79	8.75	9.40	-0.28	5.39	6.20	3.45	4.39	2.95	

