



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

**ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO PARA LA INVESTIGACIÓN Y
DESARROLLO DE TABLEROS DE PARTÍCULAS DE MADERA Y POLÍMEROS SINTÉTICOS
REFORZADOS COMO UN SERVICIO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE
INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Keyla Analy Barrera Martínez

Asesorado por el Ing. Oswin Antonio Melgar Hernández

Guatemala, octubre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO PARA LA INVESTIGACIÓN Y
DESARROLLO DE TABLEROS DE PARTÍCULAS DE MADERA Y POLÍMEROS SINTÉTICOS
REFORZADOS COMO UN SERVICIO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE
INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

KEYLA ANALY BARRERA MARTÍNEZ
ASESORADO POR EL ING. OSWIN ANTONIO MELGAR HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

| | |
|------------|---------------------------------------|
| DECANA | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| VOCAL I | Ing. José Francisco Gómez Rivera |
| VOCAL II | Ing. Mario Renato Escobedo Martínez |
| VOCAL III | Ing. José Milton de León Bran |
| VOCAL IV | Br. Luis Diego Aguilar Ralón |
| VOCAL V | Br. Christian Daniel Estrada Santizo |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|-------------|-----------------------------------------|
| DECANO | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| EXAMINADORA | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| EXAMINADOR | Ing. Alberto Eulalio Hernández García |
| EXAMINADOR | Ing. Francisco Arturo Hernández Arriaza |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO PARA LA INVESTIGACIÓN Y
DESARROLLO DE TABLEROS DE PARTÍCULAS DE MADERA Y POLÍMEROS SINTÉTICOS
REFORZADOS COMO UN SERVICIO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES 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 17 de julio de 2018.



Keyla Analy Barrera Martínez

Guatemala, julio de 2019

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

Atentamente me dirijo a usted para informarle que la estudiante universitaria Keyla Analy Barrera Martínez, con número de carné 201314712, documento de identificación DPI No. 2633 98129 0101, ha concluido el trabajo de graduación titulado: **“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO PARA LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE TABLEROS DE PARTÍCULAS DE MADERA Y POLÍMEROS SINTÉTICOS REFORZADOS COMO UN SERVICIO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA”**.

Después de asesorar y efectuar las revisiones correspondientes, considero que dicho trabajo llena satisfactoriamente los requisitos existentes en la Facultad de Ingeniería, procediendo por este medio a su aprobación.

Agradeciendo su atención a la presente, me suscribo de usted.



Ingeniero Oswin Antonio Melgar Hernández
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 9443



REF.REV.EMI.081.019

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO PARA LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE TABLEROS DE PARTÍCULAS DE MADERA Y POLÍMEROS SINTÉTICOS REFORZADOS COMO UN SERVICIO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria **Keyla Analy Barrera Martínez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Danilo González Trejo
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO ACTIVO 6182

Ing. Erwin Danilo González Trejo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, septiembre de 2019.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.DIR.EMI.166.019

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 **ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO PARA LA INVESTIGACION Y DESARROLLO DE TABLEROS DE PARTÍCULAS DE MADERA Y POLÍMEROS SINTÉTICOS REFORZADOS COMO UN SERVICIO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria **Keyla Analy Barrera Martínez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizu Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2019.

/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala

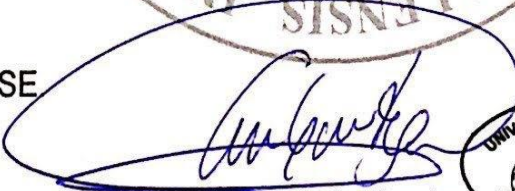


Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.459.2019

La Decana 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 Y DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO PARA LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE TABLEROS DE PARTÍCULAS DE MADERA Y POLÍMEROS SINTÉTICOS REFORZADOS COMO UN SERVICIO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria: **Keyla Analy Barrera Martínez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE


Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, Octubre de 2019

AACE/asga
/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser mi Padre celestial, mi primer amor y mi motivo de vida; por las bendiciones infinitas al crearme, permitirme conocerle cada día, iluminar mi camino y por su amor incondicional.
- Mis padres** Ana Cristina Martínez de Barrera y Jacobo Barrera Pinto por ser mi inspiración para crecer, luchar y cumplir esta meta; porque gracias a su amor, esfuerzo, paciencia, dedicación, enseñanza y cariño he logrado convertir mis sueños en realidad; pero sobre todo les agradezco haberme creado en un hogar dedicado a Dios.
- Mis hermanos** Maidelyn, Wilber, Luis Fernando y Snoopy Barrera por brindarme su apoyo y cariño durante el transcurso de estos años, al estar conmigo durante cada uno de mis logros y caídas.
- Mis abuelos** María Reyes Puluc, Ernesto Martínez e Israel Barrera por ser mis ángeles y quienes estuvieron conmigo desde mi niñez y me criaron bajo el amor de Dios. A Tránsito Pinto por los consejos y apoyo incondicional.

Mi familia

Tíos, tías, primos y primas por su amor, alegrías compartidas y apoyo a lo largo de mis estudios universitarios.

Mis sobrinos

Jacob y Matthew Hill por alegrar cada uno de mis días, por ser mi motivación para luchar y ser un ejemplo de perseverancia para ellos.

Mi novio

Edgar Salguero por acompañarme desde el inicio de mis estudios universitarios, su amor, cariño, comprensión, el estar conmigo durante momentos fundamentales, de felicidad y tristeza. Por ser un ejemplo de vida y lucha constante en lo cotidiano y profesional.

AGRADECIMIENTOS A:

| | |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Universidad de San Carlos de Guatemala | Por ser mi <i>alma mater</i> y permitir mi formación como profesional en esta casa de estudios. |
| Facultad de Ingeniería | Por darme la oportunidad de adquirir conocimiento técnico y científico. |
| Departamento de Matemática | En especial al Ing. Arturo Samayoa por confiar en mis habilidades y conocimientos para brindarme la oportunidad de laborar en dicha institución y poder culminar mis estudios académicos. |
| Amigos de la Facultad | Por todos los momentos compartidos a lo largo de la carrera, amistad, apoyo y consejos. En especial a Teresa Texaj, Paola Rodas, Andrés Oliva, Brandon Monroy y Gabriela Donis. |
| Vivian Reyes | Por su amistad y apoyo en la ejecución del desarrollo de mis prácticas finales y en el presente trabajo de graduación. |
| Centro de Investigaciones de Ingeniería | En especial a las secciones de Gestión de la Calidad y Tecnología de la Madera por permitirme realizar mi trabajo de graduación y compartir los conocimientos para el óptimo |

desarrollo de este.

Mi asesor

Ing. Oswin Melgar por apoyarme durante esta trayectoria al compartirme sus conocimientos y asesoría para el desarrollo de mi trabajo de graduación.

| | | | |
|------|------------|--------------------------------------------------------------------|----|
| | 1.2.5.1.1. | Reseña histórica de la carrera de Ingeniería Industrial..... | 13 |
| | 1.2.5.1.2. | Objetivos | 14 |
| | 1.2.5.1.3. | Misión de EMI | 14 |
| | 1.2.5.1.4. | Visión de EMI | 14 |
| 1.3. | | Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) | 15 |
| | 1.3.1. | Ubicación geográfica..... | 15 |
| | 1.3.2. | Objetivos y funciones | 15 |
| | 1.3.3. | Visión de CII | 17 |
| | 1.3.4. | Misión de CII | 17 |
| | 1.3.5. | Organigrama | 17 |
| | 1.3.5.1. | Secciones del CII | 19 |
| 1.4. | | Planta industrial (piloto)..... | 22 |
| | 1.4.1. | Definición..... | 22 |
| | 1.4.2. | Características técnicas | 23 |
| | 1.4.3. | Lineamientos de diseño a seguir..... | 25 |
| | 1.4.3.1. | Iluminación | 25 |
| | 1.4.3.2. | Ventilación..... | 28 |
| | 1.4.3.3. | Techo industrial | 28 |
| | 1.4.3.4. | Piso industrial | 29 |
| | 1.4.3.5. | Pintura | 30 |
| 1.5. | | Distribución de planta..... | 31 |
| | 1.5.1. | Tipos de distribución | 32 |
| | 1.5.1.1. | Distribución de acuerdo al proceso | 32 |
| | 1.5.1.2. | Distribución de acuerdo al producto | 32 |
| | 1.5.1.3. | Distribución por punto fijo | 33 |
| 1.6. | | Distribución de maquinaria..... | 33 |
| 1.7. | | Salud y Seguridad Ocupacional | 34 |

| | | |
|----------|-----------------------------------------------------|----|
| 1.7.1. | Análisis de riesgos..... | 34 |
| 1.7.2. | Carga de ocupación..... | 35 |
| 1.7.3. | Equipo de protección personal | 38 |
| 1.7.4. | Señalización | 40 |
| 2. | DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL | 43 |
| 2.1. | Organización de Sección de Gestión de Calidad | 43 |
| 2.2. | Área disponible..... | 43 |
| 2.2.1. | Ubicación | 44 |
| 2.2.2. | Plano actual | 45 |
| 2.2.3. | Limitaciones en el espacio..... | 45 |
| 2.3. | Evaluación de las condiciones de trabajo..... | 46 |
| 2.3.1. | Estudio de iluminación actual | 46 |
| 2.3.2. | Ventilación | 49 |
| 2.3.3. | Estudio de ruido actual | 53 |
| 2.3.4. | Piso industrial | 55 |
| 2.3.5. | Techo..... | 56 |
| 2.4. | Recursos materiales disponibles | 58 |
| 2.4.1. | Maquinaria actual | 59 |
| 2.4.2. | Materia prima..... | 59 |
| 2.4.3. | Equipo industrial | 60 |
| 2.5. | Proceso actual para la elaboración de tableros..... | 61 |
| 2.5.1. | Tableros de partículas de madera | 61 |
| 2.5.1.1. | Diagrama de operaciones actual | 63 |
| 2.5.1.2. | Diagrama de flujo actual | 66 |
| 2.5.1.3. | Diagrama de recorrido | 69 |
| 2.5.2. | Tableros de polímeros sintéticos | 70 |
| 2.5.2.1. | Diagrama de operaciones actual | 72 |
| 2.5.2.2. | Diagrama de flujo actual | 75 |

| | | | |
|------|----------|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| | 2.5.2.3. | Diagrama de recorrido..... | 78 |
| 2.6. | | Seguridad industrial en el área..... | 79 |
| | 2.6.1. | Análisis de riesgos actuales | 79 |
| | 2.6.2. | Rutas de evacuación | 84 |
| | 2.6.3. | Equipo de protección personal | 87 |
| | 2.6.4. | Señalización | 89 |
| 2.7. | | Evaluación de los métodos de trabajo..... | 91 |
| 3. | | PROPUESTA PARA REALIZAR UN ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA PLANTA PILOTO | 97 |
| 3.1. | | Análisis de las características básicas | 97 |
| | 3.1.1. | Localización óptima..... | 97 |
| | 3.1.2. | Macro localización | 98 |
| | 3.1.3. | Micro localización | 99 |
| 3.2. | | Ingeniería del proyecto..... | 100 |
| | 3.2.1. | Equipamiento necesario | 101 |
| | | 3.2.1.1. Mobiliario y equipo | 101 |
| | | 3.2.1.2. Maquinaria..... | 106 |
| | | 3.2.1.3. Herramientas..... | 108 |
| | 3.2.2. | Materia prima | 109 |
| | | 3.2.2.1. Partículas de madera | 110 |
| | | 3.2.2.2. Polímeros sintéticos | 110 |
| 3.3. | | Diseño de las instalaciones en función del proceso..... | 112 |
| | 3.3.1. | Distribución de planta | 113 |
| | | 3.3.1.1. Estudio de distribución de maquinaria | 116 |
| | | 3.3.1.2. Distribución de áreas de trabajo..... | 117 |
| | 3.3.2. | Condiciones del entorno de trabajo..... | 119 |

| | | | |
|------|----------|-----------------------------------------------------|-----|
| | 3.3.2.1. | Condiciones necesarias de iluminación..... | 120 |
| | 3.3.2.2. | Sistema de ventilación requerido..... | 121 |
| | 3.3.2.3. | Ruido | 122 |
| | 3.3.2.4. | Tipo de piso | 122 |
| | 3.3.2.5. | Tipo de techo..... | 123 |
| | 3.3.2.6. | Descripción de paredes | 124 |
| | 3.3.3. | Salud y Seguridad Industrial | 125 |
| | 3.3.3.1. | Carga de ocupación máxima | 125 |
| | 3.3.3.2. | Señalización industrial | 126 |
| | 3.3.3.3. | Equipo de protección personal | 129 |
| | 3.3.3.4. | Salidas de emergencia requeridas | 131 |
| | 3.3.3.5. | Botiquín de primeros auxilios..... | 132 |
| | 3.3.3.6. | Equipo contra incendio | 134 |
| 3.4. | | Diseño de estaciones de trabajo | 134 |
| | 3.4.1. | Manejo de materiales | 134 |
| | 3.4.2. | Materia prima..... | 136 |
| 3.5. | | Propuesta de prototipo de tableros..... | 136 |
| | 3.5.1. | Tableros de partículas de madera | 137 |
| | 3.5.1.1. | Especificación de producto | 138 |
| | 3.5.1.2. | Diseño del proceso | 139 |
| | 3.5.2. | Tableros de polímeros sintéticos reforzados | 145 |
| | 3.5.2.1. | Especificación de producto | 145 |
| | 3.5.2.2. | Diseño del proceso | 147 |
| 4. | | IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA..... | 153 |
| | 4.1. | Organización de personal a cargo de la planta | 153 |
| | 4.1.1. | Organigrama..... | 153 |
| | 4.1.2. | Descripción de responsabilidades | 154 |

| | | |
|----------|----------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.2. | Inversión inicial..... | 155 |
| 4.2.1. | Reacondicionamiento del área | 155 |
| 4.2.1.1. | Iluminación | 156 |
| 4.2.1.2. | Ventilación..... | 156 |
| 4.2.1.3. | Techo industrial | 157 |
| 4.2.1.4. | Piso industrial | 158 |
| 4.2.1.5. | Distribución de planta | 158 |
| 4.2.1.6. | Servicios básicos..... | 159 |
| 4.2.1.7. | Herramientas y equipo | 160 |
| 4.2.2. | Costos asociados a las medidas de Salud y Seguridad Industrial | 161 |
| 4.2.2.1. | Equipo de protección personal | 161 |
| 4.2.2.2. | Señalización industrial..... | 162 |
| 4.2.2.3. | Equipo de seguridad contra incendios | 163 |
| 4.3. | Análisis del costo del servicio..... | 163 |
| 4.3.1. | Energía eléctrica | 164 |
| 4.3.2. | Adhesivos..... | 165 |
| 4.3.3. | Mano de obra por asesoramiento..... | 165 |
| 4.3.4. | Otros costos asociados | 166 |
| 4.3.5. | Costo servicio total | 167 |
| 4.4. | Análisis beneficio-costos..... | 168 |
| 4.4.1. | Valor presente neto beneficios | 169 |
| 4.4.2. | Valor presente neto de los costos | 170 |
| 4.4.3. | Evaluación de resultados | 170 |
| 4.5. | Diseño de formato de los informes técnicos..... | 172 |
| 4.5.1. | Secciones del informe técnico..... | 172 |
| 4.5.2. | Diseño de modelo de informe técnico | 174 |
| 4.6. | Capacitación a personal de la planta piloto..... | 177 |

| | | |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.6.1. | Uso de maquinaria..... | 177 |
| 4.6.2. | Medidas de seguridad | 178 |
| 5. | SEGUIMIENTO Y MEJORA | 181 |
| 5.1. | Plan de seguimiento para la implementación de la planta piloto..... | 181 |
| 5.1.1. | Diagrama de Gantt | 181 |
| 5.1.2. | Condiciones de trabajo | 182 |
| 5.1.3. | Proceso de elaboración de tableros | 184 |
| 5.2. | Plan de contingencia | 185 |
| 5.2.1. | Primeros auxilios | 185 |
| 5.2.2. | Equipo contra incendios | 187 |
| 5.2.3. | Equipo de protección personal | 187 |
| 5.3. | Auditorías internas..... | 188 |
| 5.3.1. | 5s de orden y limpieza | 189 |
| 5.4. | Auditorías externas..... | 192 |
| 5.4.1. | Entes acreditadores..... | 192 |
| 5.5. | Materiales alternativos para el desarrollo de tableros | 197 |
| 5.6. | Propuesta de laboratorio para la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial..... | 198 |
| 5.6.1. | Cursos aplicables a EMI para uso de la planta piloto | 199 |
| | CONCLUSIONES | 203 |
| | RECOMENDACIONES | 207 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 211 |
| | APÉNDICES | 215 |
| | ANEXOS..... | 223 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | | |
|-----|---------------------------------------------------------------------|----|
| 1. | Ubicación geográfica USAC..... | 3 |
| 2. | Organigrama general USAC | 6 |
| 3. | Organigrama de la Facultad de Ingeniería | 11 |
| 4. | Organigrama del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) | 18 |
| 5. | Nivel de iluminación en áreas de trabajo..... | 27 |
| 6. | Área disponible para instalación de planta piloto | 44 |
| 7. | Plano actual de Sección de Gestión de la Calidad..... | 45 |
| 8. | Iluminación actual en Sección de Gestión de la Calidad | 47 |
| 9. | Iluminación actual en Laboratorio Multipropósitos | 47 |
| 10. | Ventilación actual en Sección de Gestión de la Calidad | 50 |
| 11. | Ventilación actual en Laboratorio Multipropósitos | 50 |
| 12. | Piso Industrial actual en Sección de Gestión de la Calidad | 55 |
| 13. | Piso Industrial actual en Laboratorio Multipropósitos | 56 |
| 14. | Techo actual en Sección de Gestión de la Calidad | 57 |
| 15. | Techo actual en Laboratorio Multipropósitos..... | 58 |
| 16. | Diagrama de operaciones / tableros de partículas de madera | 64 |
| 17. | Diagrama de flujo / tableros de partículas de madera | 66 |
| 18. | Diagrama de recorrido / tableros de partículas de madera | 69 |
| 19. | Diagrama de operaciones / tableros de polímeros sintéticos | 72 |
| 20. | Diagrama de flujo / tableros de polímeros sintéticos | 75 |
| 21. | Diagrama de recorrido / tableros de polímeros sintéticos | 78 |
| 22. | Ruta de evacuación 1 en Sección de Gestión de la Calidad..... | 85 |
| 23. | Ruta de evacuación 2 en Sección de Gestión de la Calidad..... | 86 |

| | | |
|-----|------------------------------------------------------------------------|-----|
| 24. | Ruta de evacuación en Laboratorio Multipropósitos | 87 |
| 25. | Señalización actual en Sección de Gestión de la Calidad | 90 |
| 26. | Señalización actual en Laboratorio Multipropósitos | 91 |
| 27. | Macro localización de planta piloto | 99 |
| 28. | Micro localización de planta piloto | 100 |
| 29. | Distribución de maquinaria para elaboración de tableros | 117 |
| 30. | Distribución de planta piloto | 119 |
| 31. | Diseño del proceso / tableros de partículas de madera | 143 |
| 32. | Diseño del proceso / tableros de polímeros sintéticos reforzados | 150 |
| 33. | Organigrama de planta piloto | 154 |
| 34. | Modelo de informe técnico | 175 |
| 35. | Diagrama de Gantt | 182 |
| 36. | Modelo de informe de auditoría interna / Metodología 5s | 191 |

TABLAS

| | | |
|-------|-------------------------------------------------------------------------|----|
| I. | Carga máxima de ocupación | 36 |
| II. | Cantidad de salidas de emergencia mínima | 37 |
| III. | Colores de seguridad | 41 |
| IV. | Formas geométricas utilizadas para señalización | 42 |
| V. | Estudio de iluminación en Sección de Gestión de la Calidad | 48 |
| VI. | Estudio de iluminación en Laboratorio Multipropósitos | 48 |
| VII. | Estudio de ventilación actual. | 52 |
| VIII. | Estudio de ruido en Sección de Gestión de la Calidad. | 53 |
| IX. | Estudio de ruido en Laboratorio Multipropósitos | 54 |
| X. | Ánalysis de riesgos / tableros de partículas de madera | 80 |
| XI. | Ánalysis de riesgos / tableros de polímeros sintéticos reforzados | 82 |
| XII. | Estudio del método de trabajo / tableros de partículas de madera | 92 |

| | | |
|----------|------------------------------------------------------------------------|-----|
| XIII. | Estudio del método de trabajo / tableros de polímeros sintéticos. | 94 |
| XIV. | Equipo industrial / tableros de partículas de madera. | 103 |
| XV. | Equipo industrial / tableros de polímeros sintéticos reforzados..... | 104 |
| XVI. | Maquinaria a emplear para elaboración de tableros. | 107 |
| XVII. | Herramientas a utilizar para elaboración de tableros. | 109 |
| XVIII. | Método de distribución LAYOUT..... | 118 |
| XIX. | Iluminación propuesta para planta piloto..... | 120 |
| XX. | Carga de ocupación para planta piloto..... | 126 |
| XXI. | Señalización industrial propuesta..... | 127 |
| XXII. | Equipo de protección personal requerido..... | 130 |
| XXIII. | Botiquín de primeros auxilios. | 133 |
| XXIV. | Costo de iluminación..... | 156 |
| XXV. | Costo de ventilación..... | 157 |
| XXVI. | Costo de techo industrial..... | 157 |
| XXVII. | Costo de piso industrial. | 158 |
| XXVIII. | Costos asociados a la distribución de planta. | 159 |
| XXIX. | Costo de equipos y herramientas..... | 160 |
| XXX. | Costo del equipo de protección personal. | 161 |
| XXXI. | Costo de señalización industrial..... | 162 |
| XXXII. | Costo de equipo de seguridad contra incendios. | 163 |
| XXXIII. | Costo de energía eléctrica. | 164 |
| XXXIV. | Otros costos asociados a la elaboración de tableros. | 166 |
| XXXV. | Costo del servicio para la elaboración de tableros..... | 167 |
| XXXVI. | Capacitación para uso de maquinaria..... | 177 |
| XXXVII. | Capacitación de seguridad industrial..... | 178 |
| XXXVIII. | Evaluación e inspección de condiciones de trabajo. | 183 |
| XXXIX. | Primeros auxilios (plan de contingencias)..... | 185 |
| XL. | Equipo de protección personal (plan de contingencias)..... | 188 |
| XLI. | Evaluación de Metodología 5s de orden y limpieza. | 189 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|-----------------------|---------------------------------------|
| A | Amperio |
| %A | Porcentaje de absorción |
| B/C | Relación Beneficio/Costo |
| C | Lugar de trabajo |
| °C | Grados centígrado |
| cc | Centímetro cúbico |
| C/E | Análisis Costo/Eficiencia |
| cm | Centímetro |
| cm² | Centímetro cuadrado |
| %CV | Porcentaje de contracción volumétrica |
| dB | Decibel |
| g | Gramo |
| %H | Porcentaje de humedad |
| Hp | Caballo de fuerza |
| in | Pulgada |
| kg | Kilogramo |
| kWH | Kilovatio-hora |
| lb | Libra |
| m | Metro |
| m³ | Metro cúbico |
| min | Minuto |
| mm | Milímetro |
| ft | Pie |

| | |
|-----------------------|----------------------------|
| ft² | Pie cuadrado |
| PSI | Libra por pulgada cuadrada |
| ud | Unidades |
| V | Voltio |

GLOSARIO

| | |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Acreditación | Proceso mediante el cual una institución adquiere la competencia técnica para realizar una actividad. |
| Agente desmoldante | Material cuya función es facilitar el retiro del molde. |
| ASTM | American Society of Testing Materials. |
| CESEM | Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas. |
| CO | Carga Ocupacional. |
| COGUANOR | Comisión Guatemalteca de Normas. |
| Contracción Volumétrica | Porcentaje mínimo de agua por debajo del cual no se produce reducción de volumen. |
| Densidad | Grado de compactación de un material. |
| Dureza | Resistencia de un material a ser penetrado por una semiesfera de acero con sección transversal de 1 cm ² . |
| Eficacia | Capacidad de lograr un objetivo o meta establecida. |
| Eficiente | Capacidad de lograr un objetivo con la menor cantidad de recursos y tiempo posible. |

| | |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| EPP | Equipo de Protección Personal. |
| ERIS | Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos. |
| Fibra | Fragmento de origen natural o sintético. |
| Flexión | Estado de un cuerpo sometido a una fuerza transversal aplicada en el centro del mismo. |
| Humedad | Cantidad de agua contenida en un material, generalmente expresada en porcentaje. |
| I+D | Investigación y Desarrollo. |
| Layout | Metodología empleada para realizar distribución de áreas de trabajo en una planta industrial, tomando en consideración la importancia de proximidad y relación entre ellas. |
| Lux | Unidad utilizada para referirse al nivel de iluminación, equivale a un lumen/m ² . |
| Muestreo | Proceso de elaboración de la muestra para que sea posteriormente analizado. |
| NTG/ISO/IEC | Normas Técnicas Guatemaltecas/International Organization for Standardization/International Electrothechnical Comission. |

| | |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OGA | Oficina Guatemalteca de Acreditación. |
| Optimizar | Forma eficiente de emplear los recursos involucrados en un proceso productivo. |
| PET | Tereftalato de polietileno. |
| Polímero Sintético | Macromoléculas conformadas por la unión de monómeros, obtenidos en forma artificial por procesos de polimerización a partir de elementos de la naturaleza. También es conocido como plástico. |
| Reflexión de luz | Cambio de dirección que experimenta un rayo de luz cuando incide sobre una superficie. |
| SSO | Salud y Seguridad Ocupacional. |
| UTM | Universal Transvase Mercator. |

RESUMEN

Debido a que la cantidad de residuos generados por los distintos sectores industriales es alta y en su mayoría son desechados sin ser reutilizados, se propone aprovechar y emplear dichos residuos como materia prima para la investigación y elaboración de tableros, partículas de madera y tableros de polímeros sintéticos reforzados como subproductos sustitutos de materiales utilizados comúnmente para la construcción.

Uno de los aspectos fundamentales al momento de ejecutar un proyecto de investigación y diseñar un nuevo producto es la fabricación del mismo, por lo que se propone el uso de una planta piloto para llevar a cabo el proceso de elaboración de dichos tableros de una forma óptima y eficiente, tomando como prioridad el bienestar del usuario investigador al prestar un servicio integral que cuente con todos los parámetros relacionados a las condiciones de trabajo y aspectos de salud y seguridad industrial establecidos en el Acuerdo Gubernativo 33-2016 y la Norma de Reducción de Desastres Número 2 (NRD2).

Con base en el tipo de proceso, actividades y espacio físico disponible, se estableció la localización óptima de la planta piloto; la distribución de maquinaria y de planta adecuada que optimizará el proceso, el equipo y maquinaria necesaria para cumplir con dicho propósito; uno de los aspectos fundamentales fue el evaluar el método de trabajo empleado actualmente, el cual fue mejorado mediante el estudio del mismo y finalmente se determinó el monto final de la inversión para poder implementar la propuesta.

OBJETIVOS

General

Analizar y diseñar una planta piloto para la investigación y desarrollo de tableros de partículas de madera y polímeros sintéticos reforzados como un servicio en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Específicos

1. Optimizar el proceso de elaboración de tableros a través de la correcta distribución de las instalaciones dentro del espacio físico disponible.
2. Establecer las condiciones de trabajo requeridas por el Acuerdo Gubernativo 33-2016 y a la Norma de Reducción de Desastres Número 2, adecuadas al proceso de elaboración de tableros.
3. Plantear el diseño del proceso de elaboración de tableros de partículas de madera como alternativa de materia prima, para la construcción de muebles.
4. Diseñar el proceso de elaboración de tableros de polímeros sintéticos reforzados como alternativa a los materiales de construcción.
5. Determinar los costos y gastos asociados a la implementación y correcto funcionamiento de la planta piloto.

6. Realizar un análisis beneficio-costos para determinar la viabilidad de la planta piloto para el desarrollo de tableros.
7. Proponer el diseño de un formato que cumpla con los requerimientos de un informe técnico de laboratorio, para los ensayos de tableros de partículas de madera y polímeros sintéticos reforzados.

INTRODUCCIÓN

El Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), forma parte de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, entre sus principales funciones se encuentra la de promover la investigación e innovación y buscar soluciones a distintos problemas que se presentan en el área industrial, civil y química; para ello cuenta con distintas secciones necesarias para realizar pruebas y ensayos enfocados al desarrollo de nuevas ideas y productos, ejecución de proyectos que buscan mejorar aspectos administrativos, académicos y ecológicos, estos últimos tienen como objetivo encontrar alternativas a los residuos generados por la industria. El CII presta su servicio a entidades públicas y privadas, gubernamentales y no gubernamentales, y a personas individuales que buscan la solución a problemas técnicos específicos, obteniendo por medio de ellas un beneficio económico.

Hoy en día la gestión y aprovechamiento asociado a los residuos de madera, agroindustriales y polímeros sintéticos ha ido incrementando por todos aquellos sectores que utilizan estos tipos de materiales en el proceso de fabricación y elaboración de distintos productos, buscando reducir impactos ambientales y aumentar sus beneficios económicos por la reutilización de estos residuos, creando en base a ellos subproductos que puedan ser sustitutos de aquellos que utilizan materia prima virgen.

El presente trabajo de graduación consistirá en diseñar una planta de proceso para la investigación y desarrollo de tableros de partículas de madera y polímeros sintéticos reforzados en el antiguo Centro de Investigaciones de Ingeniería, específicamente en la Sección de Gestión de la Calidad tomando en

cuenta los parámetros adecuados en cuanto al diseño industrial, ergonomía, condiciones de trabajo requeridas por el Acuerdo Gubernativo 33-2016 y Norma de Reducción de Desastres Número 2 , servicio, seguridad, entre otros; con el fin de que se preste un servicio completo e integrado por parte del Centro de Investigaciones a todas aquellas personas e instituciones que busquen el desarrollo de proyectos de investigación, utilizando residuos producidos por la industria con los cuales se pueda elaborar tableros que puedan ser utilizados como alternativas de materiales de construcción, y como productos sustitutos en áreas industriales, poseyendo un valor agregado frente a las demás empresas y competidores debido a la sensibilización ambiental con la que contara dicha institución por la reutilización de residuos.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC)

La Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) es la única universidad estatal en Guatemala y ha formado parte fundamental para el desarrollo del país, esta posee a su cargo la educación superior, cooperar con el estudio y solución de problemas nacionales. Actualmente cuenta con 343 años de fundación, 74 años de autonomía y con las siguientes unidades académicas:

- 10 facultades
- 8 Escuelas
- 18 Centros Regionales
- 1 Instituto Tecnológico Maya de Estudios Superiores
- 1 Instituto Tecnológico Universitario Guatemala Sur (ITUGS)

1.1.1. Reseña histórica

En una recopilación de información (Periódico Universidad número 234, 2013) da a conocer que la Universidad de San Carlos de Guatemala fue fundada el 31 de enero de 1676, sin embargo, entro en labores hasta el 7 de enero de 1681; en ese momento la universidad únicamente ofrecía dos idiomas indígenas, derecho, ciencias médicas, teología y filosofía; y para las cuales 60 alumnos se encontraban matriculados para iniciar sus estudios.

El 9 de noviembre de 1944 surgió un hecho histórico para la Universidad de San Carlos de Guatemala, debido a que por medio del decreto número 12 le fue

otorgada la autonomía universitaria, proporcionándole la facultad para divulgar conocimientos sin la intervención de ningún gobierno y el poder de gobernarse por sí misma; sin embargo, fue hasta el 1 de diciembre de 1944 que dicho decreto entro en vigor, y esta última fecha es reconocida oficialmente como Día de la Autonomía Universitaria.

La Autonomía Universitaria y su papel rector en la educación superior del país se encuentra garantizada en la Constitución Política de la República de Guatemala, de igual manera la obligatoriedad de su financiamiento con no menos del cinco por ciento del Presupuesto General de Gastos Ordinarios del Estado.

1.1.2. Ubicación geográfica

Su sede central se encuentra en la Ciudad Universitaria, en la 11^a Avenida, Zona 12 de la ciudad de Guatemala y cuenta con una extensión de 177 manzanas (aproximadamente 126 hectáreas) conformadas por edificios de enseñanza; espacios verdes alrededor del todo el campus; Plaza de los mártires, representado un espacio dedicado a todos aquellos estudiantes y profesionales brindaron su vida por un país libre y justo; distintas paredes con murales revolucionarios y una Biblioteca Central.

Como se mencionaba anteriormente cuenta con otros centros universitarios pertenecientes a esta, ubicados en casi todas las regiones de Guatemala y con un Centro Universitario Metropolitano (CUM), donde funcionan la Facultad de Medicina y la Escuela de Psicología. Este último se ubica en la 9 Avenida, Zona 11 de la Ciudad de Guatemala.

El mapa de la Universidad de San Carlos de Guatemala y como está se encuentra distribuida se muestra a continuación:

Figura 1. **Ubicación geográfica USAC**



Fuente: *Mapa USAC*. <https://www.usac.edu.gt/mapausac.php>. Consulta: 18 de septiembre de 2018.

1.1.3. **Centros Regionales**

Los Centros Regionales forman parte de las Unidades Académicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala y se ubican en las distintas regiones ecológicas y productivas del país. Entre ellos:

- Centro Universitario de Baja Verapaz (CUNBAV)
- Centro Universitario de Chimaltenango (CUNDECH)
- Centro Universitario de el Progreso (CUNPROGRESO)

- Centro Universitario de Izabal (CUNIZAB)
- Centro Universitario de Jutiapa (JUSAC)
- Centro Universitario de Nor-Occidente (CUNOROC)
- Centro Universitario de Nor-Oriente (CUNORI)
- Centro Universitario de Occidente (CUNOC)
- Centro Universitario de Quiché (CUSACQ)
- Centro Universitario de San Marcos (CUSAM)
- Centro Universitario de Sur Oriente (CUNSORORI)
- Centro Universitario de Totonicapán (CUNTOTO)
- Centro Universitario de Sacatepéquez (CUNSAC)
- Centro Universitario del Petén (CUDEP)
- Centro Universitario del Sur (CUNSUR)
- Centro Universitario de Sur Occidente (CUNSUROC)
- Centro Universitario de Zacapa (CUNZAC)¹

1.1.4. Misión

La misión de la Universidad de San Carlos de Guatemala es la siguiente:

En su carácter de única universidad estatal le corresponde con exclusividad dirigir, organizar y desarrollar la educación superior del Estado y la educación estatal, así como la difusión de la cultura en todas sus manifestaciones. Promoverá por todos los medios a su alcance la investigación en todas las esferas del saber humano y cooperará al estudio y solución de los problemas nacionales.

Su fin fundamental es elevar el nivel espiritual de los habitantes de la República, conservando, promoviendo y difundiendo la cultura y el saber científico.

Contribuirá a la realización de la unión del Centro América y para tal fin procurará el intercambio de académicos, estudiantes y todo cuanto tienda a la vinculación espiritual de los pueblos del istmo.²

1.1.5. Visión

La visión de la Universidad de San Carlos de Guatemala es la siguiente:

La Universidad de San Carlos de Guatemala es la institución superior estatal, autónoma, con cultura democrática, con enfoque multi e intercultural, vinculada y comprometida con el desarrollo científico, social, humanista y ambiental, con una

¹ *Unidades Académicas/Centros*. <https://www.usac.edu.gt/>. Consulta: 7 de octubre de 2018.

² *Misión, Visión y Valores*. www.usac.edu.gt/misionvision.php. Consulta: 8 de octubre de 2018.

gestión actualizada, dinámica, efectiva y con recursos óptimamente utilizados para alcanzar sus fines y objetivos, formadora de profesionales con principios éticos y excelencia académica.³

1.1.6. Organigrama general

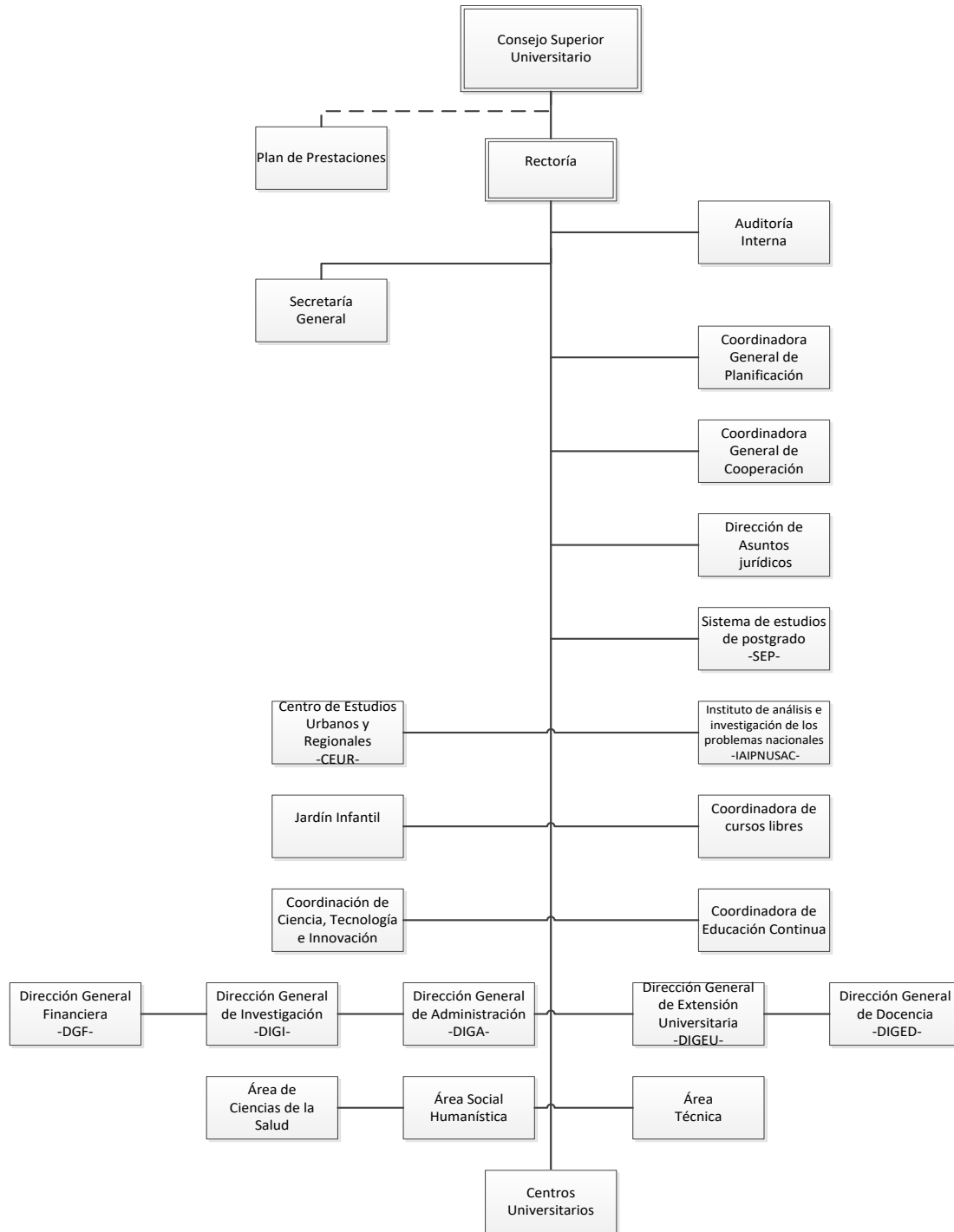
“La Estructura Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se encuentra integrada por unidades de decisión superior, unidades de apoyo funcional y las unidades ejecutoras del desarrollo de las funciones de docencia, investigación y extensión de la Universidad”⁴.

El organigrama de la Universidad de San Carlos de Guatemala es el siguiente:

³ *Misión, Visión y Valores.* www.usac.edu.gt/misionvision.php. Consulta: 8 de octubre de 2018.

⁴ *Acerca de la USAC/Organigrama.* www.usac.edu.gt/organigrama.php. Consulta: 8 de octubre de 2018.

Figura 2. Organigrama general USAC



Fuente: *Organigrama de la USAC*. www.usac.edu.gt/organigrama.php. Consulta: 8 de octubre de 2018.

1.1.7. Facultades y escuelas

Las facultades y escuelas de la Universidad de San Carlos de Guatemala tienen el objetivo de contribuir con la formación académica de los estudiantes pertenecientes a cada una de ellas, proporcionándoles los conocimientos y herramientas necesarias (según la rama y especialización) para ejercer la profesión correspondiente; siendo estas:

- **Facultades**

Entre ellas se encuentran:

- Facultad de Agronomía
- Facultad de Arquitectura
- Facultad de Ciencias Económicas
- Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales
- Facultad de Ciencias Médicas
- Facultad de Ciencias Químicas y Farmacias
- Facultad de Humanidades
- Facultad de Ingeniería
- Facultad de Odontología
- Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

- **Escuelas**

Entre ellas se encuentran:

- Escuela de Ciencia y Tecnología de la Actividad Física y el Deporte (ECTAFIDE).
- Escuela de Ciencias de la Comunicación.
- Escuela de Ciencias Físicas y Matemáticas.

- Escuela de Ciencia Política.
- Escuela de Ciencias Psicológicas.
- Escuela de Formación de Profesores de Enseñanza Media (EFPEM).
- Escuela de Historia.
- Escuela Superior de Arte.
- Escuela de Trabajo Social.

1.2. Facultad de Ingeniería

Según (Historia de la Facultad de Ingeniería, USAC) en 1882 la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala fue titulada como tal, teniendo como primer Decano al Ingeniero Cayetano Batres del Castillo; pero no fue hasta la gestión del Ingeniero José E. Irungaray que el programa de estudios fue reformado al disminuir dos años de duración de la carrera (de 8 paso a 6 años).

Uno de los acontecimientos más importantes para dicha facultad, fue el incluir al programa de estudios conocimientos de física, termodinámica, química, mecánica y electricidad, siendo estos conocimientos fundamentales para afrontar las necesidades de desarrollo de Guatemala.

En 1963 se creó el Centro de Investigaciones de Ingeniería para fomentar y coordinar la investigación científica, con participación de varias instituciones públicas y privadas. En 1967 se integró la Escuela de Ingeniería Química y la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, teniendo esta última a su cargo las carreras de Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica y la combinación de ambas (carrera de Ingeniería Mecánica Industrial); pero un año después la carrera de

Ingeniería Mecánica se separó de dicha escuela y paso a formar parte de la ahora conocida Escuela de Mecánica.

Actualmente la Facultad de Ingeniería se encuentra organizada en Escuelas Facultativas, Departamentos y Unidades académico-administrativas; esta a su vez se encuentra integrada por el Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), Centro de Cálculo e Investigación Educativa, Biblioteca “Ing. Mauricio Castillo C.”, Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), y la Unidad de Servicio de Apoyo al Estudiante y de Apoyo al Profesor (SAE-SAP); cuenta con doce programas de pregrado y catorce programas de maestría.

1.2.1. Ubicación geográfica

La sede de la Facultad de Ingeniería se encuentra ubicada en la Ciudad Universitaria, zona 12 de la ciudad de Guatemala. Esta se encuentra en el extremo noreste de la Facultad de Arquitectura y cuenta con varios edificios de denominación T, siendo está una nomenclatura utilizada en el campus central para indicar edificios de carreras técnicas.

Los edificios pertenecientes a la Facultad de Ingeniería para cumplir con su objetivo académico son: T-1, T-3, T-4, T-5, T-6 y T-7. Estos son utilizados generalmente como aulas, oficinas para departamentos de ciencias básicas, oficinas de la facultad, escuelas facultativas y para algunas de las secciones del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

La Facultad de Ingeniería también cuenta con los edificios S-12 y S-11 como anexos, en los que habitualmente se imparten cursos del área común a estudiantes de primer ingreso.

1.2.2. Visión de Facultad de Ingeniería

“Ser una institución académica con incidencia en la solución de la problemática nacional; formamos profesionales en las distintas áreas de la ingeniería, con sólidos conceptos científicos, tecnológicos, éticos y sociales, fundamentados en la investigación y promoción de procesos innovadores orientados hacia la excelencia profesional.”⁵

1.2.3. Misión de Facultad de Ingeniería

“Formar profesionales en las distintas áreas de la Ingeniería que, a través de la aplicación de la ciencia y la tecnología, conscientes de la realidad nacional y regional, y comprometidos con nuestras sociedades, sean capaces de generar soluciones que se adapten a los desafíos del desarrollo sostenible y los retos del contexto global.”⁶

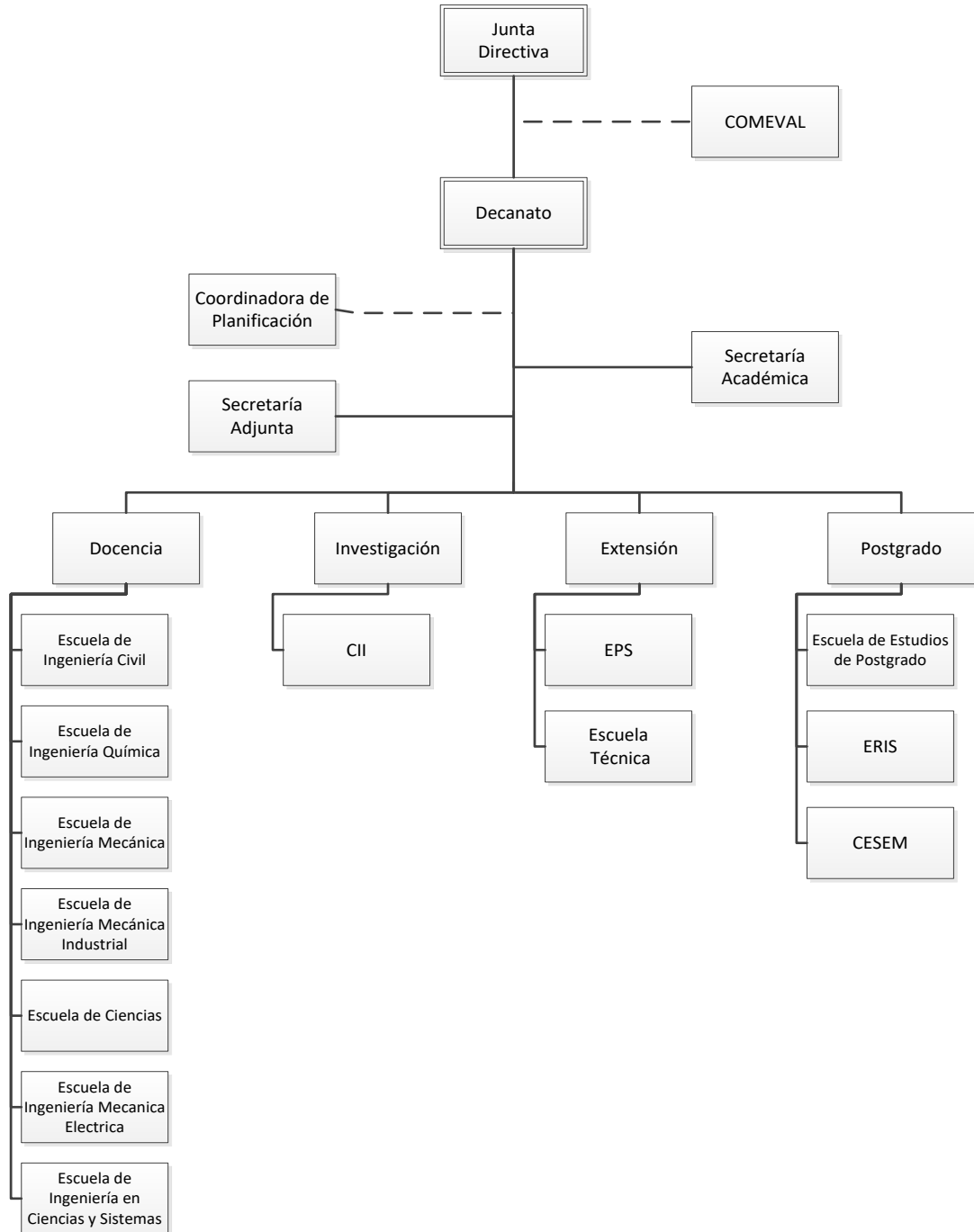
1.2.4. Organigrama

El organigrama de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala es el siguiente:

⁵ Facultad de Ingeniería.
<https://portal.ingenieria.usac.edu.gt/index.php/aspirante/antecedentes>. Consulta: 5 de octubre de 2018.

⁶ *Ibíd.*

Figura 3. Organigrama de la Facultad de Ingeniería



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería. *Manuales de Organización, de Normas y Procedimientos*.p.40.

1.2.5. Escuelas

La Facultad de Ingeniería cuenta con diferentes escuelas (centros de formación de educación superior encargados de impartir estudios de pregrado y posgrado) para cumplir con el objetivo fundamental de la enseñanza y proporcionar los conocimientos técnico-científicos que le permitan al estudiante adquirir las habilidades necesarias para su posterior aplicación en un entorno laboral, siendo estas las siguientes:

- Escuela de Ciencias
- Escuela de Ingeniería Civil
- Escuela de Ingeniería Química
- Escuela de Ingeniería Mecánica
- Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
- Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
- Escuela de Ingeniería en Industrias Agropecuarias y Forestales
- Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas
- Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS)

1.2.5.1. Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

La Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial forma parte de las nueve escuelas de la Facultad de Ingeniería y se ubica en el tercer nivel del edificio T-1 de la Ciudad Universitaria. Actualmente cuenta con tres áreas de estudio que tienen como propósito que el estudiante adquiera los conocimientos fundamentales en cada una de ellas:

- Área Cuantitativa: el estudiante aprenderá a identificar y comparar la diversidad de métodos y criterios para la toma de decisiones en administración, basados en el análisis y asignación de recursos para la

optimización de costos en el ámbito que se desarrolle; es de gran necesidad esta área ya que implica el buscar soluciones y métodos de mejora continua, siempre apoyados en la producción y en una completa administración de recursos.⁷

- **Área Administrativa:** esta área atiende a las necesidades del estudiante en el aprendizaje de métodos que le permitan lograr una buena utilización de medios tales como: planificación, organización, dirección y control de los recursos (humanos, financieros, materiales, tecnológicos, conocimiento, etc.) de determinada organización, con el fin de obtener el máximo beneficio posible.⁸
- **Área de Producción:** el alumno deberá crear y procesar materia prima para lograr un resultado transformado de un bien o servicio; el proceso que conlleva los conocimientos que adquiere en esta área, le servirán para su correcta aplicación, desde los implementos que necesita hasta los medios o métodos para alcanzar dicho resultado.⁹

1.2.5.1.1. Reseña histórica de la carrera de Ingeniería Industrial

El 8 de enero de 1966 la Facultad de Ingeniería propuso la creación de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial y fue hasta el 24 de septiembre de ese mismo año que se dictó la aprobación de dicha carrera con un plan de estudios de 12 semestres. Las labores dieron inicio el 14 de enero de 1967 y fue finalmente hasta el 11 de noviembre del año en mención que se aprobó el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Industrial.

⁷ *Área Cuantitativa.* <http://emi.ingenieria.usac.edu.gt/courses/area-cuantitativa/>. Consulta: 5 de octubre de 2018.

⁸ *Área Administrativa.* <http://emi.ingenieria.usac.edu.gt/courses/area-administrativa/>. Consulta: 5 de octubre de 2018.

⁹ *Área de Producción.* <http://emi.ingenieria.usac.edu.gt/courses/area-de-produccion/>. Consulta: 5 de octubre de 2018.

1.2.5.1.2. Objetivos

Los objetivos de la Facultad de Ingeniería son los siguientes:

- Formar adecuadamente el Recurso Humano dentro del campo científico y tecnológico de la Ingeniería Mecánica Industrial e Ingeniería Industrial, para contribuir al fortalecimiento y desarrollo de Guatemala.
- Que el estudiante de la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial e Ingeniería Industrial adquiera una mentalidad abierta a cualquier cambio y adaptación futura, para que como profesionales posea la capacidad de auto educarse.
- Evaluar los planes y programas de estudio a efecto de introducirle las mejoras pertinentes, acordes a los avances de la ciencia, la tecnología para satisfacer las necesidades del país.¹⁰

1.2.5.1.3. Misión de EMI

“Preparar y formar profesionales de la ingeniería Industrial, Mecánica Industrial y disciplinas afines, capaces de generar e innovar sistemas y adaptarse a los desafíos del contexto global.”¹¹

1.2.5.1.4. Visión de EMI

“En el año 2022 la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial acreditada a nivel regional y con excelencia académica, es líder en la formación de profesionales íntegros de la Ingeniería Industrial, Mecánica Industrial y disciplinas afines, que contribuyen al desarrollo sostenible del entorno.”¹²

¹⁰ *Plan Estratégico*. <http://emi.ingenieria.usac.edu.gt/plan-estrategico/>. Consulta: 6 de octubre de 2018.

¹¹ *Ibíd.*

¹² *Ibíd.*

1.3. Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII)

El Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), es una institución que forma parte de la Facultad de Ingeniería desde el año 1963, tiene como principal objetivo el fomento del cumplimiento de las políticas de la Universidad de San Carlos de Guatemala en cuanto a investigación, extensión y docencia para apoyar en el desarrollo del país; con la participación de las distintas secciones que lo conforman.

Esta institución presta sus servicios a todas aquellas entidades públicas y privadas, gubernamentales y no gubernamentales, estudiantes que buscan ejecutar trabajos de graduación y a personas individuales que buscan encontrar una solución a problemas técnicos en áreas específicas, entre las cuales se pueden mencionar el área de Construcción, Ingeniería Sanitaria, Metrología Industrial y Química Industrial.

1.3.1. Ubicación geográfica

El Centro de Investigaciones de Ingeniería se encuentra ubicado en la Ciudad Universitaria, zona 12 de la Ciudad de Guatemala. Las secciones que lo conforman se encuentran en los diferentes edificios de dicha casa de estudios; actualmente en el segundo nivel del Edificio T5, Edificio Ingeniero Emilio Beltranena, y una parte anexa que se sitúa a un costado de EPS, conocida como área de Prefabricados.

1.3.2. Objetivos y funciones

Los objetivos del Centro de Investigaciones de Ingeniería son los siguientes:

- Fomentar y contribuir al desarrollo de la investigación científica como un instrumento para la resolución de problemas de diversos campos de la ingeniería, especialmente a los que atañen a la evaluación y mejor utilización de recursos del país y que están orientados a dar repuestas a los problemas nacionales.
- Prestar sus servicios preferentemente a las entidades participantes del CII y ofrecer lo mismos a entidades y personas que mediante convenios específicos deseen participar en las actividades del Centro en forma cooperativa o bien utilizar sus recursos en la resolución de sus problemas técnicos específicos.
- Colaborar en la formación profesional de ingenieros y técnicos mediante programas de docencia práctica y adiestramiento y la promoción de realización de trabajo de tesis en sus laboratorios y unidades técnicas.¹³

Entre sus funciones fundamentales se encuentran las siguientes:

- Fomentar y contribuir a la realización de estudios e investigaciones en diferentes áreas de ingeniería, en especial a aquellos que atañen a la evaluación y mejor utilización de los recursos del país, y que están orientados a dar respuestas a los problemas nacionales.
- Realizar programas docentes en áreas de su competencia para colaborar en la formación de profesionales y técnicos y promover la realización de trabajos de tesis en sus laboratorios.
- Colaborar en el adiestramiento de técnicos de laboratorio y en la formación de operarios calificados, especialmente en los campos de construcción y la ingeniería sanitaria.
- Colaborar con los servicios de extensión universitaria.
- Realizar análisis y ensayos de comprobación de calidad de materiales y productos de diversa índole, en áreas de su competencia.
- Realizar inspecciones, evaluaciones, expertaje y prestar servicios de asesoría y técnica y consultaría en materia de su competencia.
- Actualizar, procesar y divulgar la información técnica y documental en las materias afines, en especial en el campo de la tecnología de los Asentamientos Humanos.¹⁴

¹³ Sección de Gestión de la Calidad, Centro de Investigaciones de Ingeniería. *Información del Centro de Investigaciones de Ingeniería*. 2019. p. 14.

¹⁴ Sección de Gestión de la Calidad, Centro de Investigaciones de Ingeniería. *Información del Centro de Investigaciones de Ingeniería*. 2019. p. 14.

1.3.3. Visión de CII

La visión del Centro de Investigaciones de Ingeniería es la siguiente:

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.¹⁵

1.3.4. Misión de CII

La misión del Centro de Investigaciones de Ingeniería es la siguiente:

Investigar alternativas de solución científica y tecnológica para la resolución de la problemática científico-tecnológica del país en las áreas de ingeniería, que estén 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.¹⁶

1.3.5. Organigrama

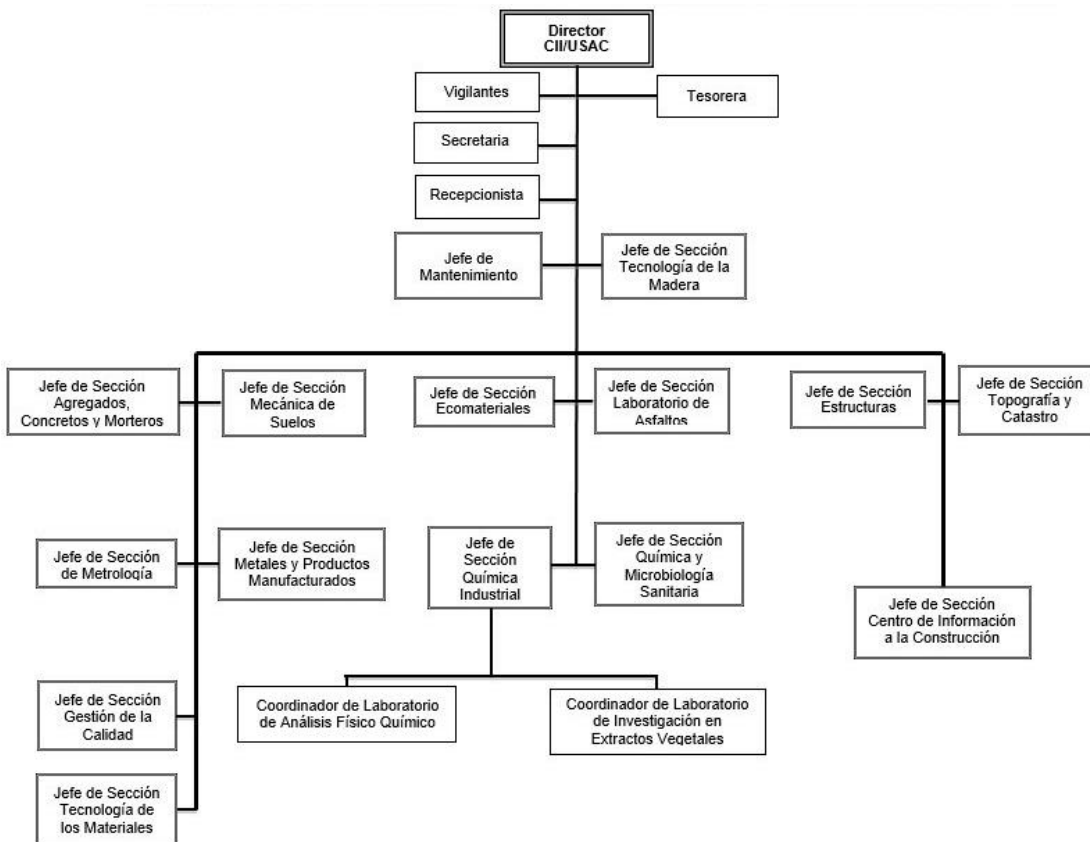
Como anteriormente se mencionaba, el Centro de Investigaciones de Ingeniería se encuentra conformado por personal especializado en cada una de

¹⁵ Sección de Gestión de la Calidad, Centro de Investigaciones de Ingeniería. *Información del Centro de Investigaciones de Ingeniería*. 2019. p. 16.

¹⁶ *Ibíd.*

las distintas secciones y áreas de trabajo pertenecientes a dicha institución, representado un papel importante para el cumplimiento de los objetivos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, y es importante conocer cómo se encuentra su estructura jerárquica y su relación entre sí. El organigrama del CII es el siguiente:

Figura 4. **Organigrama del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII)**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Centro de Investigaciones de Ingeniería. *Información del Centro de Investigaciones de Ingeniería*. p. 18.

1.3.5.1. Secciones del CII

Actualmente el Centro de Investigaciones de Ingeniería cuenta con quince secciones que participan en diferentes actividades relacionadas a la investigación, servicio y docencia; y en cada una de ellas cuenta con personal especializado en cada campo para realizar expertajes, asesorías, ensayos de comprobación, control de calidad, entre otros.

Estas secciones son las siguientes:

- Agregados, Concretos y Morteros: esta sección brinda el servicio de ejecuciones de ensayos a materiales de construcción, tanto mecánicas como físicas.
- CICON (Centro de Información de la Construcción): este tiene a su cargo el proporcionar información acerca de temas relacionados a la construcción de viviendas y de asentamientos humanos.
- ECO Materiales: se encarga de la investigación y desarrollo de productos naturales y saludables para ser utilizados en áreas de la ingeniería. Estos buscan productos que se encuentren compuestos por materiales que no sean dañinos para el ser humano y al planeta.
- Estructuras: esta sección tiene a su cargo la investigación, pruebas y análisis de problemas estructurales, ejecutando ensayos a distintos materiales.
- Gestión de la Calidad: se encarga de la gestión de calidad en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, busca la acreditación de ensayos de

laboratorio bajo la norma ISO/IEC 17025, el desarrollo de producción más limpia mediante el reciclaje de distintos materiales y de la seguridad Industrial en dicha institución.

- Laboratorio de Asfaltos: este realiza pruebas a distintas mezclas de asfalto con el fin de establecer los niveles de compactación y diferentes parámetros, tal como el módulo de rigidez y resistencia a la fatiga, entre muchos otros.
- Mantenimiento: este se encarga de proporcionar y brindar el servicio de mantenimiento preventivo y correctivo a las instalaciones, maquinaria y equipo del Centro de Investigaciones de Ingeniería y la contratación de obra pública para las instalaciones físicas de dicha institución.
- Mecánica de Suelos: dicha sección se encarga de la investigación, prueba y análisis de problemas geotécnicos. Entre ellas, el ensayo de suelos.
- Metales y productos manufacturados: realiza ensayos mecánicos y físicos a materiales de construcción, bajo la norma COGUANOR y ASTM. Entre los materiales ensayados se encuentran los bloques, adoquines de concreto, ladrillos, entre muchos otros.
- Metrología Industrial: se encarga de la calibración y verificación de instrumentos empleados en la industria y en los procesos de producción, con el fin de proteger la vida de los operadores.
- Química Industrial: esta posee entre sus atribuciones los ensayos a fenómenos físico-químicos e investigación de extractos vegetales, y

cuenta con dos laboratorios encargados de realizar dichos ensayos, siendo estos los siguientes:

- Laboratorio en Investigación en Extractos Vegetales (LIEXVE): en este se ejecutan pruebas y ensayos a diferentes clases de aceites, extracción de aceites esenciales, entre otros.
- Laboratorio de Análisis Fisicoquímico (LAFIQ): este realiza el análisis y pruebas a suelos, pinturas, solventes, soda cáustica, arena para filtro, entre otros.
- Química y Microbiología Sanitaria: es un laboratorio que se encuentra unificado por el laboratorio de química y microbiología sanitaria, este se encarga de verificar la calidad del agua para consumo humano y las descargas residuales de origen doméstico e industrial con el objetivo de prevenir enfermedades.
- Tecnología de la Madera: esta sección se encarga de brindar la asesoría relacionada a la creación de diferentes productos por medio del uso de diferentes tipos de residuos. Ocasionalmente está también realiza el análisis a dichos productos para determinar sus propiedades tanto físicas como mecánicas.
- Tecnología de los Materiales: esta se encarga de la elaboración de distintos productos, según el material y sus propiedades físicas y mecánicas como muros pesados, pruebas de carga, tubos de acero, entre muchos otros.

- Topografía y Catastro: esta sección tiene a su cargo obtener y procesar datos, analizarlos y representarlos gráficamente en relación con la superficie terrestre y su entorno.

1.4. Planta industrial (piloto)

Una planta industrial es una estructura diseñada para prestar servicios y/o ejecutar actividades de producción relacionadas a la creación y elaboración de productos, el diseño de sus instalaciones involucra un trabajo de gestión que implica utilizar las distintas ramas de la ingeniería para garantizar que estas sean las adecuadas y correspondientes al tipo de proceso que se ejecutaran dentro de ella, con el objetivo de obtener un mejor funcionamiento a través de la optimización de todos los recursos y evitar problemas futuros.

1.4.1. Definición

Una planta piloto es una réplica de una planta industrial a escala reducida, en este se ejecutan proyectos de investigación como fase experimental y no en producción masiva, debido a que su objetivo fundamental es el estudio e investigación de nuevos procesos y de algunos ya existentes para su mejora, y no el de carácter comercial. Esta permite obtener mediante su uso distinta información necesaria para evaluar y determinar si un proyecto es técnica y económicamente viable.

Las plantas pilotos son bastante utilizadas para educación en universidades, desde plantas a escala laboratorio hasta plantas a escala semi-industrial, estas permiten la aplicación de distintos proyectos de investigación enfocados a la I+D (Investigación y Desarrollo), de manera que, con los datos técnicos obtenidos mediante el estudio, estos puedan ser utilizados para:

- Elaboración de nuevas formulaciones para productos
- Desarrollo de nuevos productos o mejora de los mismos
- Evaluación de hipótesis
- Especificaciones de nuevos productos
- Establecer flujo de movimiento de materiales y recursos
- Determinar procedimientos e instructivos sobre el funcionamiento del proceso.
- Ubicación y diseño de equipo en función de sus instalaciones.

1.4.2. Características técnicas

La planta piloto debe contar con instalaciones y un diseño adecuado que permita una operación simple y ejecución de los estudios de investigación y desarrollo de diferentes proyectos de manera óptima, garantizando la calidad en cada uno de los procesos; y resulta importante tomar en cuenta todos los elementos que intervienen en un proceso productivo, entre ellos: localización industrial, distribución de planta, distribución de maquinaria, condiciones de trabajo, tipo de edificio, seguridad y salud ocupacional; resultando ser factores imprescindibles a considerar al momento de la planeación y diseño de una planta de proceso, debido a que influyen directamente en la eficiencia del proceso.

La clase y tipo de edificio representan algunas de las características técnicas más importantes a tomar en consideración para el diseño de la planta industrial (no importando su tamaño), ambas características dependen de las necesidades de la empresa, del tipo de operaciones que se ejecutaran dentro de ella y del espacio físico disponible.

Las clases de edificios industriales pueden ser:

- Edificios de una planta: por lo general no posee columnas en su interior, ofreciendo de esta manera mayor flexibilidad en la distribución de las instalaciones. También ofrece ventajas al proporcionar iluminación y ventilación natural, para hacer uso de distintas maquinarias debido al soporte de cargas altas.
- Edificios de varias plantas: es muy utilizado cuando se posee un terreno con área limitada, pero tiene como desventaja el aprovechamiento del espacio, debido a las columnas que posee en su interior. Es importante mencionar que las cargas a emplear en este tipo de edificación deben ser bajas.

Entre los tipos de edificios se encuentran los siguientes:

- Edificio de primera categoría: el acabado en sus muros es de gran calidad, el piso es liso y de concreto armado. Estos pueden ser de un uno o dos niveles. Si es de un nivel, el área de enfrente será destinada al área de oficinas y la parte de atrás para el área de producción; si es de dos niveles, uno de ellos será destinado para el área de oficinas y otra para el área de producción. Generalmente es utilizado para procesos que sean de mayor cuidado, como una planta industrial de alimentos.
- Edificio de segunda categoría: son hechos de mampostería, paredes de block de cemento o de ladrillo, puertas de madera o metálicas, piso de concreto sin pulir para área de producción y para oficinas piso de granito. Debido a que la lámina es usualmente utilizada como techo en estos edificios, la iluminación y ventilación natural pueden ser provechosos para disminuir costos. Generalmente son utilizados por distintas clases de talleres.

- Edificio de tercera categoría: son fabricados con madera, el techo puede ser de lámina, piso de hormigón rustico, puertas y ventanas, y al igual que su estructura son elaborados de madera. Se conforman de una planta, la mayor parte destinada al área de producción.

1.4.3. Lineamientos de diseño a seguir

Las condiciones de trabajo en una planta industrial deben estar en función del tipo de proceso y actividades que se realicen dentro de esta, de tal manera que el trabajo ejecutado sea eficiente y se garantice el bienestar de las personas en cuanto a salud y seguridad, evitando enfermedades laborales, accidentes, fatiga o cansancio; todos estos elementos deben ser considerados previo a la construcción, remodelación e inclusive en la distribución de planta.

Hoy en día existen normativos y reglamentos que se encargan de establecer los parámetros adecuados y mínimos con los que una planta industrial (de cualquier escala) debería de contar, siendo algunos de ellos los siguientes:

1.4.3.1. Iluminación

La iluminación es uno de los factores de condición de trabajo más importantes a tomar en cuenta para el diseño de una planta industrial, debido a que se encuentra estrechamente relacionada al tipo de actividad que se desarrolle dentro de un área y de la exigencia lumínica requerida por la naturaleza del trabajo. Esta utiliza para su medición el término lux y se refiere al nivel de iluminación.

Debido a lo anterior mencionado es necesario mencionar que el nivel de iluminación en cada área de trabajo deberá tener la cantidad de luxes requerido, sin que sea deficiente, ni que se exceda de los valores ya establecidos.

Según las necesidades, esta puede ser de dos tipos:

- Iluminación natural

Esta es aquella que utiliza la luz natural y debe preverse en la infraestructura y diseño de la planta. Esta es obtenida al colocar ventanales en las paredes, láminas transparentes en el techo; y si este fuera de cemento, se utilizan generalmente blocks de vidrio. Su principal objetivo es reducir costos y el uso de energía eléctrica.

- Iluminación artificial

Es una fuente producida por el ser humano. Esta se utiliza cuando la luz natural no puede proveer la cantidad de luxes necesarias para desarrollar las actividades de manera adecuada, como cuando se ejecutan tareas en jornadas nocturnas.

Es necesario tomar en cuenta ciertos factores para realizar un diseño de iluminación artificial eficiente, tal como colocar las lámparas a una distancia tal y que su cobertura no se cruce unas con otras, la altura a la que se colocan las lámparas respecto del piso y el número de luminarias suficientes que proporcionen el nivel de iluminación apropiado, siendo este establecido de acuerdo a las exigencias visuales de cada área de trabajo y a las señaladas por el Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional son los siguientes:

Figura 5. Nivel de iluminación en áreas de trabajo

| Zona de trabajo | Exigencia visual | Nivel mínimo de luxes en las áreas de trabajo |
|-------------------------------------------------|------------------|-----------------------------------------------|
| FABRICAS | | |
| Areas de tránsito y Pasillos | Baja | 100-150 |
| Tanques y Bombas | Baja | 100-150 |
| Baños | Baja | 100-150 |
| Escaleras y Pasamanos | Media | 150-200 |
| Sala de Calderas y Cuartos de Control | Media | 150-200 |
| Bandas transportadoras | Media | 150-200 |
| Bodegas de Almacenaje y Centros de distribución | Alta | 200-500 |
| Bancos de trabajo y Líneas de Producción | Alta | 200-500 |
| Empaque de Productos | Alta | 200-500 |
| Áreas de Carga | Alta | 200-500 |
| Control de Calidad | Alta | 500-1000 |
| Laboratorios | Alta | 500-1000 |
| OFICINAS | | |
| Escaleras y Pasillos | Baja | 100-150 |
| Baños | Baja | 100-150 |
| Recepción y Sala de Reuniones | Media | 200-500 |
| Bodegas de Materiales | Media | 200-500 |
| Trabajo de Oficinistas | Alta | 500-1000 |
| Redacción | Alta | 1,500-2,000 |
| Archivo | Alta | 1,500-2,000 |
| BODEGAS Y TALLERES | | |
| Baños | Baja | 100-150 |
| Bodegas de Almacenaje y Centros de distribución | Alta | 200-500 |
| Trabajo, Inspección y selección de producto | Alta | 1,500-2,000 |
| Trabajo mecánico o manual | Alta | 1,500-2,000 |
| COMERCIOS | | |
| Pasillos | Baja | 100-150 |
| Recepción | Baja | 100-150 |
| Baños | Baja | 100-150 |
| Elevadores y gradas eléctricas | Media | 200-500 |
| Restaurantes y Cocinas | Alta | 1,500-2,000 |
| Vitrinas | Alta | 1,500-2,000 |
| HOSPITALES | | |
| Baños | Baja | 100-150 |
| Sala de Espera y Corredores | Media | 200-500 |
| Laboratorios | Alta | 500-1,000 |
| Cuarto de Examinación | Alta | 1,500-2,000 |
| Quirófano y Sala de Operaciones | Alta | 1,000-3,000 |

Fuente: Departamento de Salud y Seguridad Ocupacional. *Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional. Acuerdo Gubernativo 33-2016*. p. 28-29.

1.4.3.2. Ventilación

La ventilación es un proceso que consiste en reemplazar el aire que se encuentra en el interior de un ambiente, por aire del exterior; con el fin de mejorar la calidad del aire y que la concentración de partículas contaminantes, temperatura del interior, olores indeseables, etc.; disminuya considerablemente. También es importante que está sea establecida de acuerdo al tipo de operaciones que en la planta industrial se realicen, porque algunas de ellas requerirán una mayor renovación de aire que otras.

La renovación del aire puede hacerse mediante ventilación natural o artificial, debiendo tomarse en cuenta las consideraciones siguientes:

- Número de trabajadores.
- Naturaleza del proceso de trabajo.
- Velocidad y entrada del aire.
- Humedad del ambiente.
- Bienestar térmico de los trabajadores.¹⁷

1.4.3.3. Techo industrial

Es una cobertura que se coloca sobre una estructura con el propósito de protegerla de las inclemencias atmosféricas y de la intemperie; a diferencia de un techo domiciliar, estos también deben proporcionar condiciones ergonómicas a los trabajadores. Dependiendo del tipo de construcción y su finalidad, este puede ser construido de distintos materiales y formas, entre ellas:

- Techo de dos aguas: se compone por dos alas que se encuentran unidas en el medio, formando un triángulo; cada una de ellas posee una pendiente

¹⁷ Departamento de Salud y Seguridad Ocupacional. *Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional. Acuerdo Gubernativo 33-2016*. Guatemala : s.n., 2016. págs. 29-30.

mínima de 20°. Este tipo de techo evita la acumulación de agua durante los inviernos y proveen ventilación e iluminación natural.

- Techos diente de sierra: consiste en una cubierta que posee un conjunto de techos de un agua o paralelos y una sección triangular, que de perfil puede observarse una forma similar a dientes de sierra. Si este se aprovecha de una forma adecuada puede obtenerse iluminación y ventilación natural.
- Techos curvos: son todos aquellos que poseen pendiente variable, forma aerodinámica y tienden a ser duraderos por el tipo de lámina que se utiliza. El espacio puede aprovecharse, porque no posee columnas en el interior; únicamente se perdería el espacio existente en los lados longitudinales.
- Techo plano: es la cubierta más sencilla, debe poseer una pendiente de cómo máximo 10° respecto a la horizontal. Es necesario que esta tenga una pendiente mayor a 2° para que el agua pueda correr y no se acumule.

1.4.3.4. Piso industrial

El piso industrial es una superficie diseñada con ciertas características que le permiten resistir diferentes actividades requeridas por un proceso industrial, que normalmente un piso convencional no resistiría. Regularmente, el material para pisos más utilizado en ambientes industriales en donde se realizan diferentes tipos de procesos, empleando distintos materiales, máquinas y equipos; es el concreto.

1.4.3.5. Pintura

Es un recubrimiento que se utiliza en diferentes superficies y que tiene como finalidad la decoración y/o protección. Respecto a la pintura industrial, esta es usualmente utilizada para brindar protección; tanto de las superficies, como de personas que se encuentren dentro de instalaciones y que hagan uso de maquinaria o equipos, porque restringen el paso peatonal brindando mayor seguridad.

Existen cuatro tipos de pintura industrial:

- Pintura de pisos: se utiliza cuando se desea obtener mejores parámetros de reflexión de luz, además de ser empleado como parte de señalización industrial.
- Pintura de paredes: la pintura se aplica en paredes por decoración, protección contra agentes físicos y para efectos de reflexión de luz.
- Pintura de maquinaria: se utiliza cuando se cuenta con una gran cantidad de maquinaria, y tiene como propósito identificar y organizarlas adecuadamente para su mantenimiento. Generalmente es utilizado para conseguir mayor durabilidad, protegiendo dicho equipo contra la corrosión.
- Pintura de techos: se pintan cuando la superficie es metálica y se desea prolongar el tiempo de vida, dependiendo de la región en donde se encuentre ubicada.

1.5. Distribución de planta

Esta consiste en la correcta distribución de todas las áreas de trabajo en una planta industrial, ya que es imprescindible para alcanzar los objetivos productivos con la mayor eficacia y eficiencia posible. Para elegir la distribución adecuada deberán ser tomados en cuenta todos los factores, posibilidades y alternativas, seleccionando aquella que ofrezca los mejores rendimientos según las necesidades de cada planta industrial. Se debe considerar aspectos como:

- Tipo de producto y proceso
- Ubicación de áreas de almacenamiento
- Flujo adecuado del manejo de materiales
- Mano de obra directa e indirecta
- Área de proceso
- Utilización efectiva de todo el espacio

Para realizar la distribución de planta se empleará un método conocido como LAYOUT. Este método se basa en criterios de cercanía, los cuales son establecidos de acuerdo a las necesidades y a la valoración que la persona que ejecute la distribución le asigne a cada uno de ellos para determinar la forma más conveniente de ordenar las áreas de trabajo. Algunos de los criterios son los siguientes:

- Cercanía indispensable
- Cercanía deseada
- Cercanía no deseada
- No cercanía

1.5.1. Tipos de distribución

Existen muchos métodos utilizados para ejecutar una distribución de maquinaria y los ambientes físicos de una planta, estos dependen del tipo de edificio, tipo producto que se está elaborando y el flujo de trabajo o proceso necesario para crear el producto final. Entre los tipos de distribución más utilizados se encuentran los siguientes:

1.5.1.1. Distribución de acuerdo al proceso

Este tipo de distribución se utiliza cuando el proceso de producción es intermitente y se trabaja bajo pedido, por lo que un producto puede presentar múltiples variaciones y el flujo de trabajo será diferente en cada caso. Algunos de ellos pueden los talleres en general, maquilas, imprentas, entre muchas otros.

Este consiste en agrupar las máquinas similares o que realicen la misma función en una misma área de trabajo, de modo que el producto pueda moverse de una manera eficaz, de una máquina a otra, hasta obtener el producto final. El proceso o flujo de trabajo dependerá de las necesidades específicas de cada producto, debido a que se encuentra en función de las operaciones que se requiera para su elaboración.

1.5.1.2. Distribución de acuerdo al producto

La distribución de acuerdo al producto se aplicará cuando se elabora un producto estándar en grandes cantidades. Este tipo de distribución es empleada en plantas industriales que trabajan con producción continua, es decir que fabrican el mismo producto a diario y de forma repetitiva, variando únicamente la

cantidad por mes, porque se requieren las mismas operaciones y el mismo flujo de trabajo para obtener el producto final.

Este consiste en colocar las máquinas en una línea continua, con el fin de que la secuencia de las operaciones, de cómo resultado el producto final. Dicha distribución se realiza generalmente a prueba y error, hasta que se determine la distribución adecuada, que satisfaga la capacidad de producción deseada y una línea de producción eficiente.

1.5.1.3. Distribución por punto fijo

También conocido como distribución por posición fija, como su nombre lo indica, por distintas características del producto (peso, tamaño, volumen, forma, entre otros), no es posible su movilidad y permanece en un solo sitio, requiriendo que el equipo, material, herramientas, maquinaria y el personal sean los que se desplacen hacia el producto para llevar a cabo el ensamble del mismo.

1.6. Distribución de maquinaria

La distribución de maquinaria consiste en la organización adecuada de los recursos físicos relacionados la elaboración de un producto, principalmente y como su nombre lo indica a la maquinaria y materiales, de manera que el flujo de trabajo sea eficiente y apropiado al tipo de operaciones que requiere cada producto.

Es necesario contar con los diagramas de operaciones para poder diseñar la distribución correspondiente a cada tipo de producción (continua, intermitente, posición fija), dependiendo del producto que se desee fabricar.

1.7. Salud y Seguridad Ocupacional

La Salud y Seguridad Ocupacional, conocida por sus siglas como SSO, es una multidisciplina que busca proteger la vida, salud e integridad de las personas mediante la aplicación de las medidas adecuadas de higiene y seguridad en el lugar de trabajo, refiriéndose en este caso, a todo aquel lugar que efectúe trabajos industriales. Especialmente en lo siguiente:

- A las operaciones y procesos de trabajo.
- Al suministro, uso y mantenimiento de los equipos de protección personal, certificado por normas internacionales debidamente reconocidas.
- A las edificaciones, instalaciones y condiciones ambientales en los lugares de trabajo.
- A la colocación y mantenimiento de resguardos, protecciones y sistemas de emergencia a máquinas, equipos e instalaciones.¹⁸

1.7.1. Análisis de riesgos

Un análisis de riesgos de seguridad industrial consiste en la evaluación de las distintas actividades que requiere un proceso, con el fin de determinar la existencia de posibles amenazas al momento de ejecutar una tarea y obtener información que permita establecer las medidas preventivas y correctivas adecuadas a aplicar, que permitan reducir el riesgo de que se presente un acontecimiento no deseado (accidentes o enfermedades laborales).

El Análisis de Riesgos por Oficio (ARO) es un método muy utilizado para llevar a cabo una evaluación de las posibles amenazas, basándose en el estudio de los pasos básicos para ejecutar una actividad. Para realizar dicho análisis resulta necesario seguir los siguientes pasos para su óptima ejecución:

¹⁸ Departamento de Salud y Seguridad Ocupacional. *Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional (Acuerdo Gubernativo 33-2016)*. págs. 2-3.

- Se selecciona la actividad a analizar
- Se divide las tareas en los pasos básicos
- Se identifica los riesgos potenciales
- Se determina las medidas de correctivas y/o de prevención
- Se define un plan de acción

1.7.2. Carga de ocupación

La carga de ocupación (CO) es aquella que permite determinar el número de personas que pueden ocupar un espacio en un área específica, con el objetivo de reducir el riesgo de que ocurra un accidente o inclusive alguna enfermedad laboral por sobrepasar la capacidad de personas que permite alojar un inmueble.

Para el cálculo de carga de ocupación máxima, se debe contar con la información relacionada el área física disponible y el factor de Carga de Ocupación, éste último dependerá del tipo de servicio que una institución preste. Dicho factor puede ser obtenido mediante la tabla I y se debe suponer que todas las áreas que conforman las instalaciones se encuentran ocupadas.

Si las instalaciones se encuentran sin asientos fijos, entonces se aplica la siguiente ecuación:

$$CO_{m\acute{a}xima} = \frac{\text{Área (m}^2\text{)}}{\text{Factor de Carga de Ocupación (ver figura 6)}}$$

Si las instalaciones cuentan con asientos fijos, es decir, con bancas ancladas al suelo, pero que pueden moverse fácilmente; o con graderíos, se aplica la siguiente ecuación:

$$CO_{m\acute{a}xima} = \frac{\text{Longitud de la banca}}{0,45}$$

Tabla I. **Carga máxima de ocupación**

| C | Mínimo dos salidas de emergencia, si el número de ocupantes es por lo menos | Factor de Carga de Ocupación $\left[\frac{m^2}{Personas} \right]$ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Hangares de Aviación (sin áreas de reparaciones) | 10 | 45 |
| Salones de subastas | 30 | 0.65 |
| Iglesias/capillas, pistas de baile, estadios, comedores, bares, salones de exhibiciones, gimnasios, escenarios | 50 | 0.65 |
| Salones para reuniones, conferencias y auditorios (que incluya únicamente sillas no ancladas al suelo) | 50 | 0.65 |
| Salones para reuniones, conferencias y auditorios (de pie) | 50 | 0.46 |
| Salones para reuniones, conferencias, auditorios y restaurantes (que incluya sillas y mesas) | 50 | 1.39 |
| Orfanatos y hogares de ancianos | 6 | 7.43 |
| Áreas de espera | 50 | 1.39 |
| Aulas | 50 | 1.85 |
| Juzgados | 50 | 3.72 |
| Dormitorios | 10 | 4.65 |
| Salones para hacer ejercicios | 50 | 4.5 |
| Estacionamientos | 30 | 18.5 |
| Hospitales, sanatorios, centros de salud | 10 | 7.43 |
| Hoteles y apartamentos | 35 | 18.5 |
| Cocinas y áreas de comida en centros comerciales | 30 | 18.5 |
| Salas de lectura de bibliotecas | 50 | 4.64 |
| Almacenamiento de libros | 30 | 9.30 |

Continuación tabla I.

| | | |
|------------------------------------------------|----|-------|
| Fábricas | 30 | 18.5 |
| Centros comerciales | 50 | 2.8 |
| Guarderías | 7 | 3.25 |
| Oficinas | 30 | 9.3 |
| Talleres en colegios e institutos vocacionales | 50 | 4.64 |
| Talleres mecánicos | 50 | 27.9 |
| Casinos y áreas de juegos | 50 | 1.02 |
| Pistas de patinaje (en la pista) | 50 | 4.5 |
| Pistas de patinaje (otras áreas) | 50 | 1.4 |
| Salones para almacenar útiles | 30 | 27.88 |
| Tiendas y salas de ventas | 50 | 2.78 |
| Piscinas (piscina) | 50 | 4.5 |
| Piscinas (otras áreas) | 50 | 1.4 |
| Bodegas | 30 | 45 |
| Vestidores y áreas de casilleros | 50 | 4.64 |
| Otros usos | 50 | 9.3 |

Fuente: Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED). *Manual de uso para la Norma de Reducción de Desastres Número Dos (NRD2)*, p. 13.

La carga de ocupación permite conocer la cantidad, ancho y ubicación de salidas de emergencia, de tal manera que su capacidad sea suficiente para evacuar la carga de ocupación. Para determinar dicha cantidad se deberá visualizar la tabla II, porque en ella se encuentra establecido la cantidad mínima de salidas.

Tabla II. **Cantidad de salidas de emergencia mínima**

| Carga de Ocupación por Nivel | Cantidad Mínima de Salidas de emergencia |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Carga de Ocupación menor a lo establecido en la figura 6 | 1 |
| Carga de Ocupación igual o mayor a lo establecido en la figura 5, hasta 500 personas. | 2 |

Continuación tabla II.

| | |
|------------------------|---|
| De 501 a 1000 personas | 3 |
| Más de 1000 personas | 4 |

Fuente: Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED). *Manual de uso para la Norma de Reducción de Desastres Número Dos (NRD2)*. p. 16.

- Ancho de la puerta de salida de emergencia: esta medida depende directamente de la carga de ocupación y deberá calcularse de la siguiente manera:
 - Si la Carga de Ocupación es menor a 50 personas, el ancho MÍNIMO será de 90 cm.
 - Si la Carga de Ocupación es mayor a 50 personas, el ancho MÍNIMO será de 110 cm, o el valor que resulte del siguiente cálculo:
 - Ancho (cm) En gradas/Rampas= $CO \cdot 0,79$
 - Ancho (cm) En Puertas, corredores y demás componentes de las rutas de evacuación= $CO \cdot 0,50$

Siempre se utilizará el valor que resulte mayor.¹⁹

1.7.3. Equipo de protección personal

El equipo de protección personal (EPP) se refiere a el conjunto de equipo y elementos individuales que tienen como objetivo brindar protección a los trabajadores para evitar algún tipo de acontecimiento no deseado, como accidentes o enfermedades laborales durante la ejecución de las actividades relacionadas a su puesto de trabajo.

¹⁹ Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED). *Manual de uso para la Norma de Reducción de Desastres Número Dos (NRD2)*. p. 19.

Existen distintos tipos de equipo de protección personal para cada parte del cuerpo, y su uso se relaciona a la naturaleza del trabajo. Entre ellos:

- Protección de la cabeza: debe utilizarse cuando exista riesgo de que el cabello quede atrapado. Estos pueden ser redecillas, gorros, o bien cualquier elemento que cubra el cabello. En el caso de que exista riesgo de caer un objeto sobre la cabeza, se deberá utilizar un casco debidamente garantizado, que sea resistente al impacto y a sustancias químicas.
- Protección de la cara: deberá ser utilizado cuando la persona esté expuesta a radiaciones luminosas, infrarrojas, ultravioletas, agentes químicos y biológicos.
- Protección de la vista: este es empleado generalmente para evitar daños visuales; estos pueden ser gafas, lentes de seguridad o pantallas transparentes. La selección de la protección dependerá del tipo de riesgo al que se está expuesto.
- Protección del oído: los trabajadores deberán utilizar este tipo de protección cuando el nivel del ruido en el ambiente laboral sea mayor a 85 decibeles (dB). Entre estos se encuentran las orejeras, tapones, auriculares con filtro, o similares a estos.
- Protección de las extremidades inferiores: estos serán empleados en el caso de que exista riesgo de sufrir accidentes en los pies, el equipo a emplear para brindar dicha protección son los calzados de seguridad.

- Protección de las extremidades superiores: se utiliza cuando por la naturaleza del trabajo se pueda sufrir de accidentes que dañe manos, antebrazo y brazo. Se emplearán guantes y mangas, además de evitar utilizar anillos y pulseras.
- Protección del aparato respiratorio: cuando se esté expuesto a contaminantes químicos, como polvo, humo, gases, entre otros y la vía respiratoria sea la más afectada, se deberá emplear mascarillas o filtros.
- Protección para trabajos en altura: en trabajos con riesgo de caídas, o con alturas superiores a un metro con ochenta centímetros, el equipo de protección deberá contar con: anclaje, soporte para el cuerpo, y un conector o línea de vida.

1.7.4. Señalización

La señalización forma parte de la seguridad industrial en un área y tiene como función el identificar todos aquellos riesgos que no han podido ser controlados, la existencia de equipos contra incendios y señales de salvamento, entre otros. Estos funcionan como un conjunto de estímulos, porque hacen uso de distintos colores de seguridad para indicar condición segura, prohibición, protección contra incendios, advertencias, salvamento u obligación.




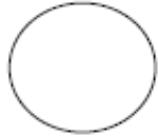

Tabla III. Colores de seguridad

| COLOR DE SEGURIDAD | SIGNIFICADO | INDICACIONES Y PRECISIONES |
|----------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ROJO Cod. FF000 | Paro | Detener la marcha en algún lugar |
| | Prohibición | Señalamientos para prohibir acciones específicas. |
| | Material, equipo y sistemas para combate de incendios | Ubicación y localización de los materiales y equipos para el combate de incendios. |
| AMARILLO Cod. FFFF33 | Advertencia de peligro | Atención, precaución, verificación e identificación situaciones peligrosas. |
| | Delimitación de áreas | Límites de áreas restringidas o de usos específicos. |
| | Advertencia de peligro por radiaciones ionizantes | Señalamiento para indicar la presencia de material radiactivo. |
| Verde Cod. 009900 | Condición segura | Identificación y señalamientos para indicar salidas de emergencia, rutas de evacuación, zonas de seguridad y primeros auxilios, lugares de reunión, regaderas de emergencia, lavaojos, entre otros. |
| AZUL Cod. 000099 | Obligación, información | Señalamientos para realizar acciones específicas. Brindar información para las personas |

Fuente: Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED). *Manual de uso para la Norma de Reducción de Desastres Número Dos (NRD2)*. p. 46.

La señalización también hace uso de las figuras geométricas para facilitar la comprensión de un color de seguridad en ambientes y equipos, como se mencionaba anteriormente. Las más utilizadas son las siguientes:

Tabla IV. **Formas geométricas utilizadas para señalización**

| Objetivo | Forma Geométrica | Señal |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Proporcionar Información sobre algún objeto, identificación de materiales, o realizar una acción indicada en la figura. |  | Información |
| Advertir un Peligro |  | Prevención |
| Prohibir una acción susceptible de provocar un riesgo |  | Prohibición |
| Exigir una acción determinada |  | Obligación |
| Identificar la presencia de Materiales Peligrosos en transporte |  | Materiales Peligrosos en transporte |

Fuente: Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED). *Guía de Señalización de Ambientes y Equipos de Seguridad*. p. 6.

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Organización de Sección de Gestión de Calidad

Actualmente la Sección de Gestión de la Calidad cuenta únicamente con un jefe de sección, teniendo este a su cargo el planificar, organizar, dirigir y controlar las actividades de gestión de mejora continua de calidad en el Centro de Investigaciones de Ingeniería; la investigación y prácticas estudiantiles sobre gestión de calidad que se desarrollan en el mismo. Brinda asesorías al sector académico e industrial en las siguientes áreas:

- Acreditación de Ensayos de laboratorio
- Aplicación de la norma COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025 - Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración.
- Seguridad Industrial y Salud Ocupacional (gestión de riesgos y diagnósticos de condiciones inseguras de trabajo).
- Área de productividad (capacitación en la elaboración de productos de limpieza, y en el maquilado de los mismos).

2.2. Área disponible

El Centro de Investigaciones de Ingeniería cuenta con un espacio físico disponible para el establecimiento de una planta piloto para la investigación y desarrollo de tableros de partículas de madera y polímeros sintéticos reforzados, específicamente en la Sección de Gestión de la Calidad; porque esta posee los recursos y el espacio necesario para llevar a cabo este tipo de actividad, pero se

tiene el inconveniente de que estos no están siendo aprovechados eficientemente debido a que se encuentran distribuidas en diferentes áreas, y se requiere una correcta distribución de las instalaciones y condiciones de trabajo en el área para que el servicio a prestar sea completo e integral.

El entorno donde se encuentra localizado el área disponible cuenta la infraestructura y con los servicios básicos necesarios para la ejecución del proyecto.

Figura 6. **Área disponible para instalación de planta piloto**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

2.2.1. Ubicación

El área disponible se encuentra situada en la Sección de Gestión de la Calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad Universitaria, zona 12 de la ciudad de Guatemala.

2.2.2. Plano actual

El plano actual de la Sección de Gestión de la Calidad se encuentra distribuido de la siguiente manera:

Figura 7. **Plano actual de Sección de Gestión de la Calidad**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2010.

2.2.3. Limitaciones en el espacio

La Sección de Gestión de la Calidad cuenta con un área disponible de 56.16 m² de extensión, posee actualmente una oficina; una bodega que se encuentra totalmente ocupada y no permite el recorrido dentro de ella; un área sin uso y un área destinado al uso de procesamiento de reciclaje que se encuentra sin una distribución adecuada y dos salidas de emergencia, de las cuales una de ellas se

encuentra utilizada como un área de almacenamiento, impidiendo la circulación en caso de un acontecimiento no deseado.

2.3. Evaluación de las condiciones de trabajo

Se realizó el estudio y evaluación del estado actual de las condiciones de trabajo en el área, con el fin de determinar si estas son las adecuadas para el tipo de trabajo y actividades que se ejecutan dentro de ella; por ser factores influyentes, tanto en aspectos de salud y seguridad, como en el desempeño laboral de una persona.

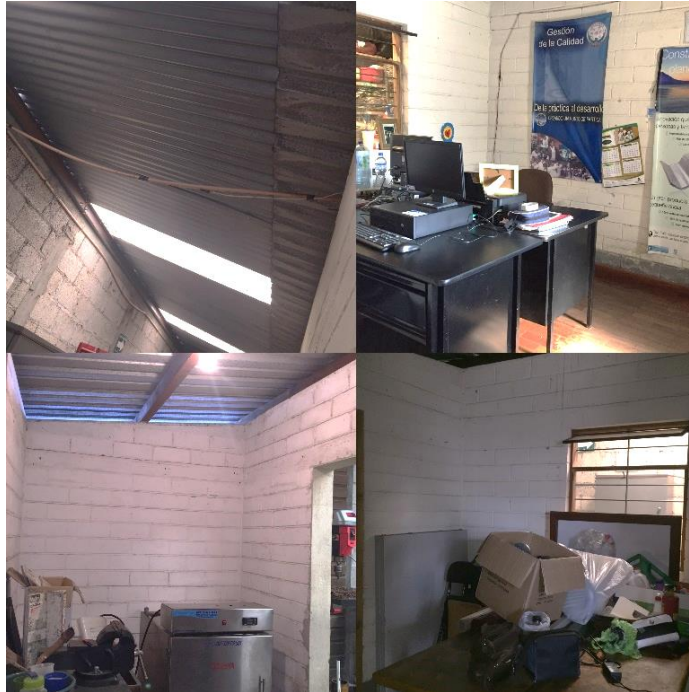
Es importante mencionar que la elaboración de dichos tableros es ejecutada en conjunto con la Sección de Tecnología de la Madera, específicamente en el Laboratorio Multipropósitos perteneciente a dicha sección, y se realizará la evaluación de las condiciones de trabajo en ambas instalaciones.

2.3.1. Estudio de iluminación actual

Actualmente el Sección de Gestión de Calidad cuenta con iluminación natural obtenida por medio del techo, por poseer láminas transparentes, dos ventanas externas y dos internas, que no proporcionan la cantidad de luz necesaria debido a que se encuentran obstruidas; además está también hace uso de iluminación artificial en ciertas áreas de la sección por medio del uso de lámparas, pero se evidencio que únicamente dos son funcionales de cuatro instaladas.

El Laboratorio Multipropósitos cuenta con cinco ventanas y seis lámparas, funcionando únicamente tres de ellas, y no proporciona el nivel de iluminación adecuado.

Figura 8. **Iluminación actual en Sección Gestión de la Calidad**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Figura 9. **Iluminación actual en Laboratorio Multipropósitos**



Fuente: Laboratorio Multipropósitos, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

El nivel de iluminación con el que ambas secciones cuentan actualmente fue evaluado por medio de un instrumento de medición de luz llamado luxómetro, para posteriormente realizar un estudio de iluminación que permitiera determinar si los valores obtenidos son los adecuados y correspondientes al tipo de actividad que se realiza dentro de ellas. Este estudio se muestra a continuación:

Tabla V. **Estudio de iluminación en Sección de Gestión de la Calidad**

| Zona de trabajo | Exigencia visual | Nivel mínimo de luxes en las áreas de trabajo | Resultados de medición (Luxes) | Conclusión |
|---------------------|------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------|--------------|
| Oficina | Alta | 500-1000 | 265,6 | Insuficiente |
| Bodega | Media | 200-500 | 16,2 | Insuficiente |
| Área de trabajo | Alta | 500-1000 | 70,1 | Insuficiente |
| Taller de reciclaje | Alta | 1500 -2000 | 979,1 | Insuficiente |

Fuente: elaboración propia

Tabla VI. **Estudio de iluminación en Laboratorio Multipropósitos**

| Zona de trabajo | Exigencia visual | Nivel mínimo de luxes en las áreas de trabajo | Resultados de medición (Luxes) | Conclusión |
|----------------------|------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------|--------------|
| Área de pesa | Alta | 1500-2000 | 26,40 | Insuficiente |
| Área de recipientes | Alta | 1500-2000 | 30,45 | Insuficiente |
| Área de aglomerantes | Alta | 1500-2000 | 35,90 | Insuficiente |
| Área de materiales | Alta | 1500-2000 | 222,30 | Insuficiente |

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en tabla V y tabla VI, el nivel de iluminación de las instalaciones de ambas secciones es menor a lo establecido y requerido por el Acuerdo Gubernativo 33-2016, esto resulta ser perjudicial para todo aquel usuario investigador que realice el proceso de elaboración de tableros, incrementando la probabilidad de que suceda un accidente o de padecer de alguna enfermedad laboral.

2.3.2. Ventilación

La Sección de Gestión de la Calidad cuenta con existencia limitada de aire y ventilación natural, porque únicamente cuenta con una puerta y dos ventanales hacia el exterior de las instalaciones con un área efectiva de aire de 0,464 m² cada una de ellas. Cabe mencionar que una de las ventanas se encuentra obstruida casi en su totalidad por distinto mobiliario y equipo, no permitiendo que la circulación de aire sea la adecuada, y para incrementar dicha circulación se hace uso de ventilación artificial por medio de un ventilador en el área de la oficina.

El área del laboratorio Multipropósitos posee únicamente como medio de ventilación seis ventanas, de estas solo tres se encuentran abiertas, e incrementa la temperatura dentro de sus instalaciones. Cada una de las ventanas posee un área efectiva de 0,71 m².

Figura 10. **Ventilación actual en Sección de Gestión de la Calidad**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Figura 11. **Ventilación Actual en Laboratorio Multipropósitos**



Fuente: Laboratorio Multipropósitos, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Debido a que no se cuenta con el equipo necesario para evaluar la ventilación en el área de interés, se empleó un método del diseño de un sistema de ventilación del curso de Ingeniería de Plantas para determinar si la renovación de aire por persona es el adecuado.

Dicho método involucra realizar el cálculo relacionado a la cantidad de aire actual y la cantidad de aire necesaria para determinar si la circulación de aire actual es la requerida de acuerdo al tipo de actividades que se ejecutan dentro de las instalaciones. Las ecuaciones a utilizar son las siguientes:

- *Cantidad de aire actual =*
$$\frac{\text{Constante de dirección del viento} \cdot \text{Área efectiva} \cdot \text{Velocidad del aire}}{\text{Cantidad de personas}}$$
- *Cantidad de aire necesario =*
$$\frac{\text{Volumen de aire a renovar} \cdot \text{Número de renovaciones/hora}}{\text{Cantidad de personas}}$$

Por cuestiones teóricas se supone que las ventanas se encuentran abiertas y una cantidad de seis personas. Para el cálculo se empleó una constante de dirección del viento longitudinal de 0,25, velocidad de aire promedio de 10 300 metros/hora y 4 renovaciones/hora. El volumen de aire a renovar será el espacio físico del lugar de trabajo; 215,68 m³ para la Sección de Gestión de la Calidad y 298,35 m³ para el Laboratorio Multipropósitos.

Los resultados obtenidos al realizar los cálculos correspondientes se compararon con la cantidad de aire mínima requerida de “50 m³/hora y por trabajador”²⁰, obteniendo la siguiente conclusión:

Tabla VII. **Estudio de ventilación actual**

| Ventilación actual (m³/hora y por trabajador) | | | | |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------|------------|
| Lugar de trabajo | Cantidad de aire actual | Cantidad de aire necesario teórico | Cantidad de aire requerido Acuerdo Gubernativo | Conclusión |
| Sección de Gestión de la Calidad | 199,13 | 143,79 | 50 | Cumple |
| Laboratorio Multipropósitos | 304,71 | 198,9 | 50 | Cumple |

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 10, las ventanas se encuentran parcialmente tapadas y obstruidas por mobiliario y equipo; en la figura 11 se observa que algunas de las ventanas se encuentran parcialmente cerradas, impidiendo una renovación de aire adecuada dentro de las instalaciones, incrementado la temperatura del ambiente laboral, resultando perjudicial y molesto en cuestiones de salud y bienestar a todas aquellas personas que laboran dentro de dichas áreas. Cabe mencionar que al momento de abrir dichas ventanas y que posean un espacio de entrada libre, la ventilación resultaría ser la adecuada, como se observa en la tabla VII.

²⁰ Departamento de Salud y Seguridad Ocupacional. *Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional (Acuerdo Gubernativo 33-2016)*. p. 29.

2.3.3. Estudio de ruido actual

La Sección de Gestión de la Calidad, al igual que el Laboratorio Multipropósitos de la Sección de Tecnología de la Madera posee fuentes de ruido producido en su mayoría, por la maquinaria que se encuentra en ambas secciones. Cabe recalcar que dicha maquinaria es utilizada ocasionalmente y por tiempos no muy prolongados, el personal que las emplea no utiliza el equipo de protección adecuado y la maquinaria no posee aislantes de ruido.

Para determinar si el nivel de presión sonora es mayor o menor a lo permitido en el Acuerdo Gubernativo 33-2016, se ejecutó un estudio de ruido en las instalaciones de dicha sección y laboratorio con la maquinaria funcionando para tener mayor precisión al establecer las medidas de prevención y/o de corrección; para obtener dichas mediciones se empleó un Decibelímetro como instrumento de medición. Los datos a continuación presentados se encuentran en decibeles (dB), unidades en las que el ruido es medido.

Tabla VIII. **Estudio de ruido en Sección de Gestión de la Calidad**

| Zona de trabajo | Tiempo de exposición actual | Resultado de medición (dB) | Tiempo de exposición permitido | Nivel de presión sonora mínimo permitido (dB) | Conclusión |
|------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------|------------|
| Área de molino | 30 min | 96,3 | 37,8 min | 85 | No cumple |
| Área de horneado | 60 min | 50,1 | Sin límites | 85 | Cumple |

Continuación tabla VIII.

| | | | | | |
|-------------------|-------|------|-------------|----|--------|
| Área de prensado | 2 min | 82,3 | Sin límites | 85 | Cumple |
| Área de compresor | 6 min | 84,7 | Sin límites | 85 | Cumple |

Fuente: elaboración propia

El ruido actual en la Sección de Gestión de la Calidad y en cada área de trabajo perteneciente a esta, no sobrepasa los límites establecidos; excepto en el área de molino, por sobrepasar el límite permitido de 85 decibeles, y se deberán establecer las medidas correspondientes.

Tabla IX. **Estudio de ruido en Laboratorio Multipropósitos**

| Zona de trabajo | Tiempo de exposición actual | Resultado de medición (dB) | Tiempo de exposición permitido | Nivel de presión sonora mínimo permitido (dB) | Conclusión |
|--------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------|------------|
| Área de pesado | 2,5 min | 63,2 | 37,8 min | 85 | Cumple |
| Área de recipiente | 1 min | 61,4 | Sin límite | 85 | Cumple |
| Área de adhesivo | 1,5 min | 72,3 | Sin límite | 85 | Cumple |
| Área de materiales | 3,6 min | 74,7 | Sin límite | 85 | Cumple |
| Área de equipo | 1,2 min | 91,1 | 120 min | 85 | No cumple |

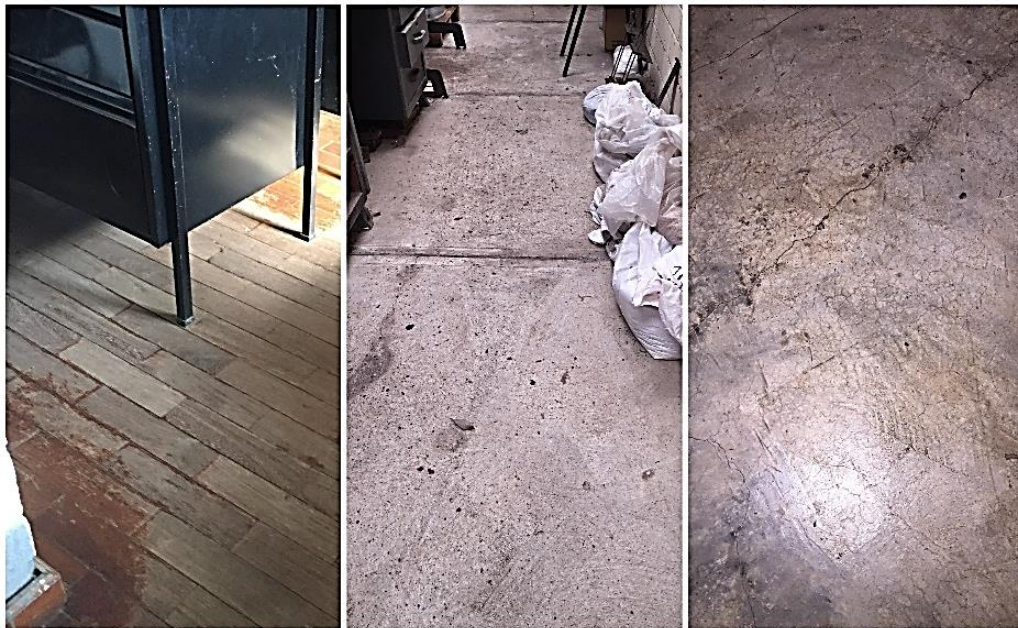
Fuente: elaboración propia.

El nivel de ruido en el Laboratorio Multipropósito es aceptable, únicamente se deben establecer las medidas adecuadas en el área de equipo, ya que sobrepasa el nivel de ruido permitido, a pesar de no sobrepasar el tiempo de exposición establecido como válido.

2.3.4. Piso industrial

El piso industrial utilizado en la oficina principal de la Sección de Gestión de la Calidad es de tipo cerámico con aspecto de madera; el piso empleado en el área de la bodega, área de trabajo y taller de reciclaje es de concreto. En ambos casos, el piso instalado en las áreas de trabajo actuales se encuentra en buen estado, únicamente el que se encuentra en el área sin uso posee algunas grietas.

Figura 12. **Piso Industrial actual en Sección de Gestión de la Calidad**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

El Laboratorio Multipropósitos posee piso tipo granito en todas las áreas de trabajo, este se encuentra en mal estado por el uso constante de actividades inapropiadas para este tipo de superficie, ha causado roturas, deterioro y grietas; esto debido a que no es un piso industrial en el que se pueda ejecutar toda clase de trabajo con cargas pesadas.

Figura 13. **Piso industrial actual en Laboratorio Multipropósitos**



Fuente: Laboratorio Multipropósitos, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

2.3.5. Techo

Las instalaciones de la Sección de Gestión de la Calidad cuentan con un techo de un agua, se encuentra fabricado con láminas galvanizadas para el área del taller y de aluzinc para el área de oficinas, además hace uso de láminas transparentes para favorecer la iluminación natural dentro del taller de reciclaje.

Las láminas se encuentran en buen estado, sin agujeros ni daños visibles. Estas se muestran a continuación:

Figura 14. **Techo actual en Sección de Gestión de la Calidad**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

El Laboratorio Multipropósitos cuentan con un techo de dos aguas construido con láminas galvanizadas en buen estado, sin láminas transparentes, y la iluminación natural por este medio resulta ser deficiente, como se observa a continuación:

Figura 15. **Techo actual en Laboratorio Multipropósitos**



Fuente: Laboratorio Multipropósitos, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

2.4. Recursos materiales disponibles

Actualmente muchas de las secciones del Centro de Investigaciones de Ingeniería buscan ejecutar distintos proyectos de investigación enfocados a la producción más limpia, entre ellas las secciones de Gestión de la Calidad y Tecnología de la Madera. Estas últimas han desarrollado varios subproductos empleando como materia prima residuos industriales, y poseen de dichos proyectos algunos residuos restantes en pequeñas cantidades y la maquinaria necesaria para llevar a cabo la elaboración de tableros de forma óptima, siendo estos los siguientes:

2.4.1. Maquinaria actual

En el año 2013 el Centro de Investigaciones de Ingeniería inició la adquisición de maquinaria para ser utilizada como un medio transformador de los distintos residuos generados por la industria, siempre buscando fomentar la investigación y el interés de los alumnos por generar nuevas ideas para productos que tengan como objetivo el disminuir el impacto ambiental. Actualmente la maquinaria que se encuentra disponible en la Sección de Gestión de Calidad es la siguiente:

- 1 horno de convección forzada METALAB.
- 1 horno digital SERPROMA, modelo FS-3.
- 1 prensa neumática MEGA de 50 toneladas, modelo KCK-50.
- 1 sierra de banda para corte de madera de 35.6 cm SCHEPPACH, modelo 14" BAND SAW.
- 1 molino UNIVERSAL, modelo FS-3.
- 1 compresor de aire BLACK BULL TOOLS, modelo CYCLONE.

El Laboratorio Multipropósitos cuenta con la siguiente maquinaria relacionada a la elaboración de tableros:

- 1 balanza electrónica con plataforma, marca OHAUS, con capacidad de 150 lb.
- 1 prensa hidráulica de 50 toneladas, marca BBT.

2.4.2. Materia prima

La Sección de Gestión de la Calidad posee cierta materia prima (residuos) en pequeñas cantidades, los cuales se encuentran disponibles para todas aquellas personas que deseen ejecutar nuevos proyectos de investigación

relacionados a la fabricación de un nuevo producto mediante el uso de dichos residuos. Algunos de ellos son:

- Pellets de polipropileno
- Estearato de zinc en polvo
- Hojuelas de PET

La Sección de Tecnología de la Madera posee lo siguiente en cuanto a materia prima disponible:

- Residuos de madera procedentes de la Carpintería de la Facultad de Ingeniería.
- Bambú.

2.4.3. Equipo industrial

El equipo industrial es todo aquel conjunto de aparatos, herramientas o amueblado necesario para ejecutar una actividad. Las secciones de Gestión de la Calidad en conjunto con la Tecnología de la Madera cuentan con el siguiente equipo, algunos de ellos en mal estado, pero aún útiles para realizar proyectos de investigación en relación a la elaboración de tableros:

- 1 molde de trabajo en frío de un pie cuadrado (1 ft²)
- 2 moldes de trabajo en caliente de un pie cuadrado (1 ft²)
- 4 planchas de diferentes variantes de un pie cuadrado (1 ft²)
- 2 cilindros con 4,5 cm de diámetro y 14 cm de altura.
- 1 cilindros con 4,5 cm de diámetro y 11 cm de altura.
- 3 bandejas desechables de aluminio
- 6 desarmadores

- 6 prensas de hierro nodular

2.5. Proceso actual para la elaboración de tableros

Actualmente la ejecución de tableros, tanto de partículas de madera, como de polímeros sintéticos reforzados es realizado en conjunto con las secciones de Gestión de la Calidad y Tecnología de la Madera, específicamente en el Laboratorio Multipropósitos perteneciente esta última sección, es decir, que parte de las operaciones necesarias para la fabricación del tablero es realizada en cada una de ellas. Cabe mencionar que ambas secciones no cuentan con las áreas de trabajo establecidas como tal y adecuadas para cada proceso, utilizando como almacenamiento de materia prima, equipo y producto terminado, cualquier espacio que se encuentre disponible en ese momento; y se establecieron como áreas de trabajo las ubicaciones más comunes empleadas por los usuarios investigadores.

2.5.1. Tableros de partículas de madera

Uno de los subproductos más conocidos hoy en día son los tableros de partículas de madera, porque emplean para su fabricación todos los residuos generados por la industria del mueble y de diferentes tipos de adhesivos; siendo estos últimos utilizados para permitir la unión de las partículas. El tablero obtenido es generalmente recubierto en ambas caras con un material llamado melamina, este consiste en una lámina decorativa que tiene como objetivo proteger el tablero contra el desgaste, abrasión y el agua, ya que actúa como un impermeabilizante; generalmente el tablero final es utilizado para la construcción de diferentes tipos de muebles.

Debido a este último uso mencionado, dichos tableros han adquirido un gran auge por un nicho de mercado que busca productos innovadores y ecológicos; y por muchas industrias del mueble que buscan generar más ingresos al incluirlo como un proceso más dentro de sus operaciones.

El proceso de elaboración de tableros de partículas de madera comienza en el momento que se ejecute la formulación de cada tablero, basándose en este para su fabricación. El proceso actual para su desarrollo es el siguiente:

- Seleccionar los materiales (residuos) a utilizar para la fabricación de tableros (de acuerdo a la formulación establecida), verterlos en un recipiente e inspeccionar para evaluar la calidad de los materiales.
- Tomar los recipientes necesarios, tarar y verificar que la pesa se encuentre en cero.
- Verter los materiales previamente inspeccionados en los recipientes, pesar y verificar que se adecue al peso establecido.
- Seleccionar adhesivo a emplear y verter sobre materiales, pesar y verificar peso.
- Mezclar materiales y verificar que está sea homogénea.
- Preparar el equipo inicial para realizar prensado de materiales.
 - Colocar en prensa plancha de acero de 35,5 cm x 35,5 cm.
 - Colocar nylon de 15,5 pulgadas x 15,5 pulgadas sobre plancha de acero.
 - Tomar molde de 1 ft x 1 ft para la preparación de tableros de partículas de madera y colocar sobre nylon.
 - Colocar 8 prensas de hierro modular de 2 pulgadas para sujetar el equipo anterior, 2 de cada lado.

- Verter mezcla en molde de acuerdo a formulación.
- Preparar el equipo final para realizar prensado de materiales.
 - Colocar en parte superior de molde, un nylon de 1 ft x 1 ft.
 - Tomar plancha de acero con agarraderas y colocar sobre nylon.
 - Colocar cilindro para prensar y centrar equipo completo.
- Aplicar presión y observar lectura del manómetro de prensa hidráulica para verificar si se está ejerciendo la fuerza deseada.
- Esperar 10 minutos y retirar presión.
- Retirar equipo y desmoldar el tablero utilizando un desarmador.
- Tomar una plancha de madera para colocar el tablero y trasladarlo hacia el área de secado.
- Dejar secando el tablero por aproximadamente un mes.

2.5.1.1. Diagrama de operaciones actual

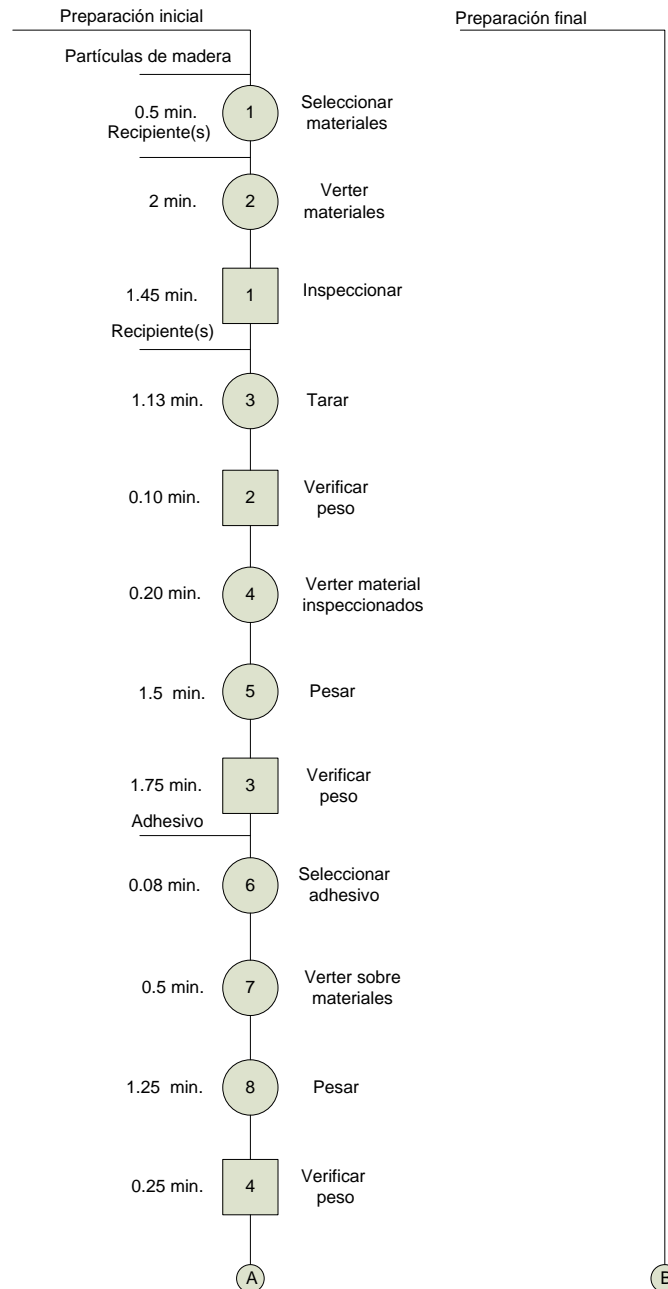
A continuación, se presenta el diagrama de operaciones actual para la elaboración de tableros de partículas de madera:

Figura 16. Diagrama de operaciones / tableros de partículas de madera

DIAGRAMA DE OPERACIONES

Método: actual.
 Proceso: elaboración de tableros de partículas de madera.
 Departamento: producción.

Diagramado por: Keyla Barrera.
 Fecha: 24 de marzo de 2019.
 Hoja número 1 de 2 hojas.

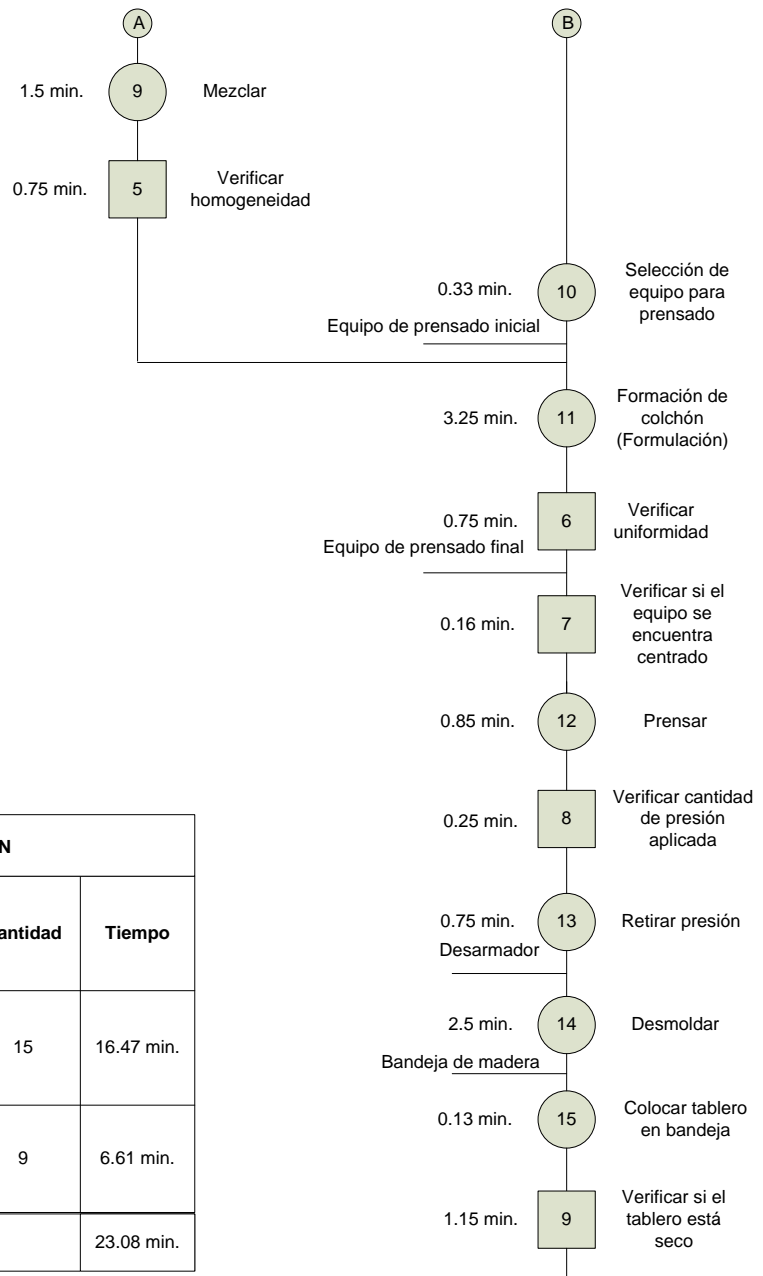


Continuación de la figura 16.

DIAGRAMA DE OPERACIONES

Método: actual.
 Proceso: elaboración de tableros de partículas de madera.
 Departamento: producción.

Diagramado por: Keyla Barrera.
 Fecha: 24 de marzo de 2019.
 Hoja número 2 de 2 hojas.



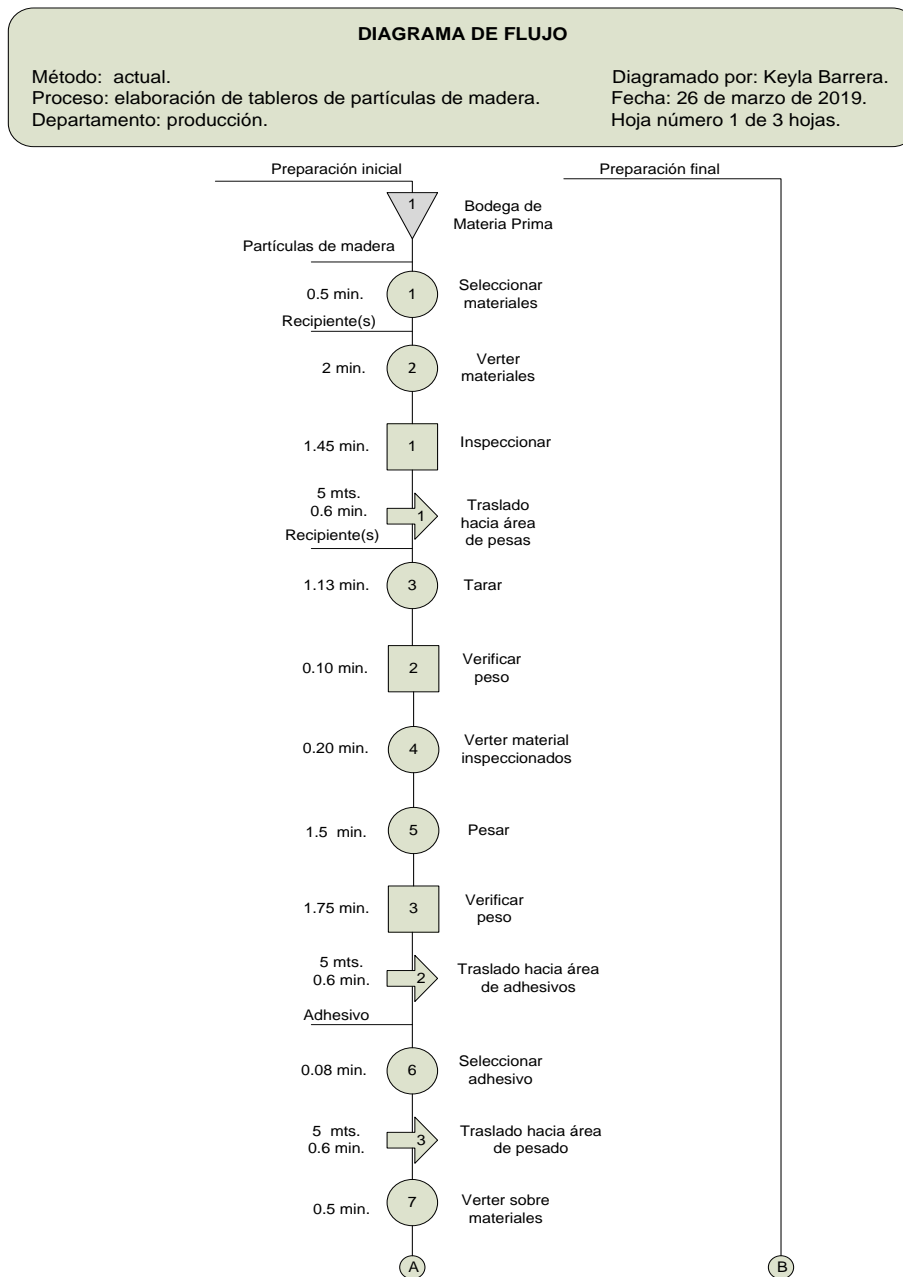
| RESUMEN | | | |
|-------------------|------------|----------|------------|
| | Actividad | Cantidad | Tiempo |
| ○ | Operación | 15 | 16.47 min. |
| □ | Inspección | 9 | 6.61 min. |
| Tiempo requerido: | | | 23.08 min. |

Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2010.

2.5.1.2. Diagrama de flujo actual

A continuación, se observa el diagrama de flujo actual para la elaboración de tableros de partículas de madera.

Figura 17. Diagrama de flujo / tableros de partículas de madera

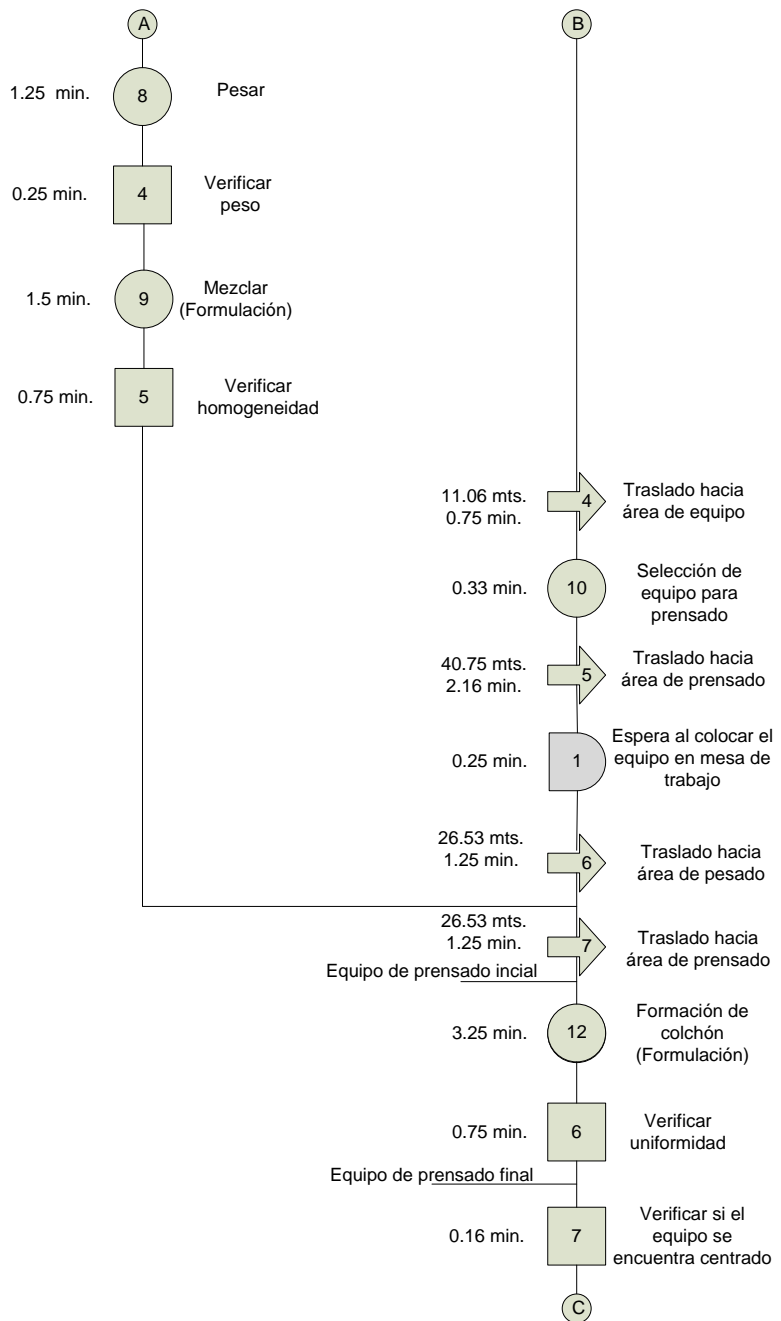


Continuación figura 17.

DIAGRAMA DE FLUJO

Método: actual.
 Proceso: elaboración de tableros de partículas de madera.
 Departamento: producción.

Diagramado por: Keyla Barrera.
 Fecha: 24 de marzo de 2019.
 Hoja número 2 de 3 hojas.







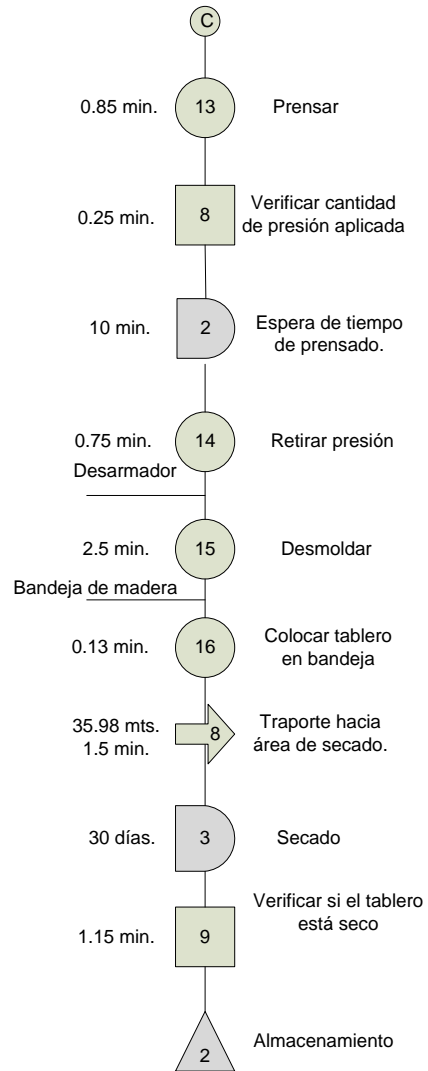
Continuación figura 17.

DIAGRAMA DE FLUJO

Método: actual.
 Proceso: elaboración de tableros de partículas de madera.
 Departamento: producción.

Diagramado por: Keyla Barrera.
 Fecha: 24 de marzo de 2019.
 Hoja número 3 de 3 hojas.

| Resumen | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------|----------------------|-------------|
| | Actividad | Cantidad | Tiempo | Distancias |
|  | Operación | 16 | 16.47 min. | - |
|  | Inspección | 9 | 6.61 min. | - |
|  | Transporte | 8 | 8.71 min. | 129.32 mts. |
|  | Espera | 3 | 30 días y 10.25 min. | - |
| Total requerido: | | | 30 días y 42.04 min. | 129.32 mts. |

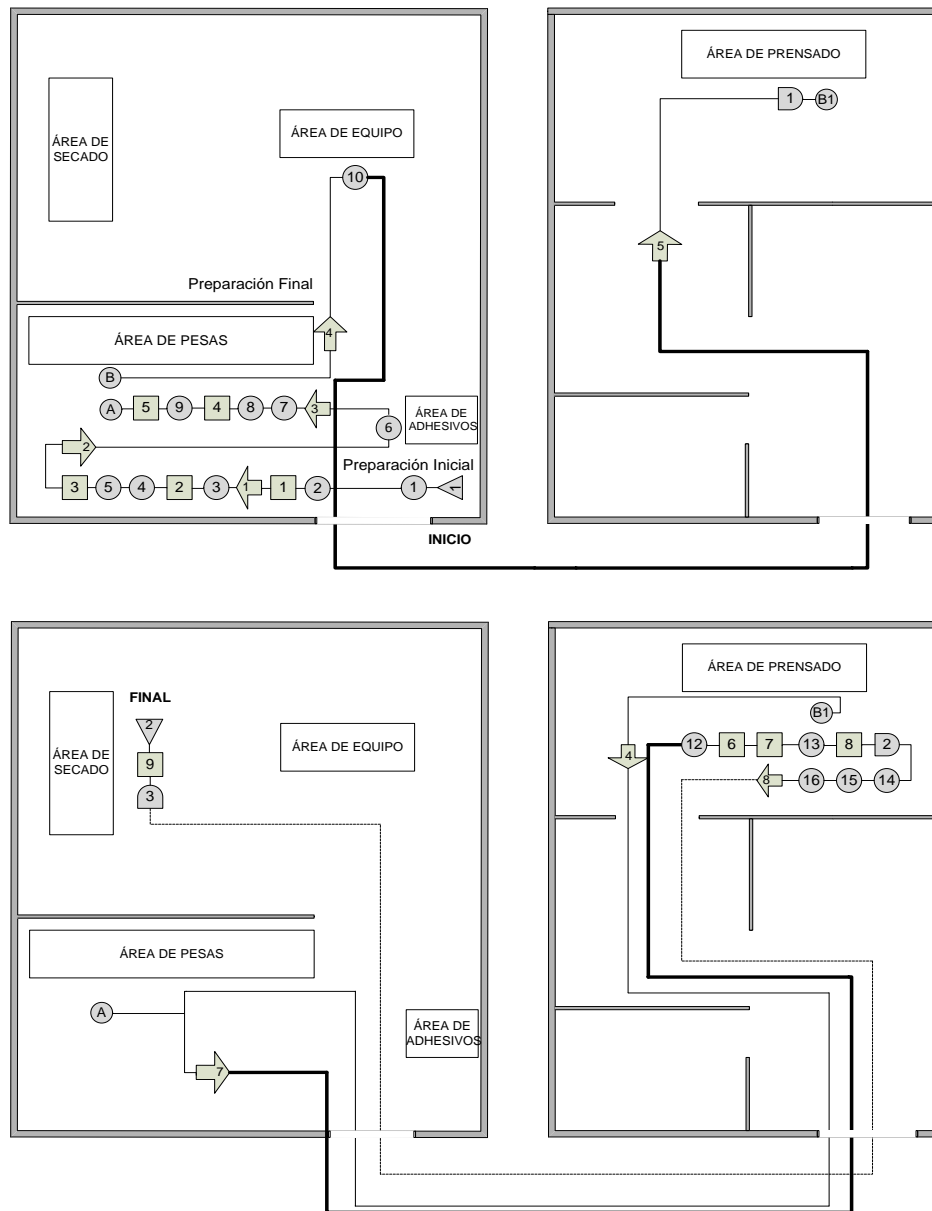


Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2010.

2.5.1.3. Diagrama de recorrido

A continuación, se observa el diagrama de recorrido actual para la elaboración de tableros de partículas de madera.

Figura 18. Diagrama de recorrido / tableros de partículas de madera



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2010.

2.5.2. Tableros de polímeros sintéticos

Los tableros de polímeros sintéticos reforzados son aquellos que necesitan para su fabricación ciertos residuos de plásticos provenientes de la industria o del uso doméstico (principalmente de post consumo y post industrial), y de otros materiales que tienen como objetivo reforzar y por ende mejorar sus propiedades físicas y mecánicas; para crear un subproducto innovador que pueda ser utilizado en diferentes ámbitos dependiendo de su propósito, un ejemplo de ello son los productos sustitutos de materiales de construcción.

El proceso de elaboración de tableros de polímeros sintéticos comienza en el momento que se ejecute la formulación de cada tablero, basándose en este para su fabricación. El proceso actual para su desarrollo es el siguiente:

- Tomar la extensión, conectar y encender el horno.
- Seleccionar los materiales (residuos y reforzantes) a utilizar para la fabricación de tableros (de acuerdo a la formulación establecida), verterlos en un recipiente e inspeccionar para evaluar la calidad de los materiales.
- Tomar los recipientes necesarios, tarar y verificar que la pesa se encuentre en cero.
- Verter los materiales previamente inspeccionados en los recipientes, pesar y verificar que se adecue al peso establecido.
- Mezclar materiales y verificar que está sea homogénea.
- Preparación de equipo inicial para el proceso de horneado:
 - Tomar el molde adecuado para la elaboración de los tableros de polímeros sintéticos reforzados y el contra-molde, ambos de 1 ft x 1 ft, y colocar este último dentro del molde.

- Colocar 4 sujetadores de 4,5 cm de ancho en los extremos del molde.
 - Colocar el agente desmoldante de manera uniforme.
 - Verter los materiales en el contra-molde de acuerdo a formulación para la elaboración del tablero.
 - Colocar el agente desmoldante de manera uniforme.
 - Colocar plancha de aluminio de 1 ft x 1 ft.
 - Verificar si el horno posee la temperatura requerida.
 - Hornear por el tiempo requerido de acuerdo a formulación.
- Verificar el tiempo de horneado.
 - Retirar molde de horno.
 - Colocar molde en prensa.
 - Preparación de equipo final para el proceso de prensado.
 - Colocar plancha de aluminio de 1 ft x 1 ft sobre plancha de aluminio anterior.
 - Tomar plancha de acero con agarraderas y colocar.
 - Colocar cilindro de prensado y verificar centrado de equipo.
- Aplicar presión requerida.
 - Verificar manómetro de prensa para determinar si se aplicó la fuerza requerida.
 - Esperar 10 minutos y retirar presión.
 - Dejar enfriar aproximadamente un día.
 - Desmoldar.

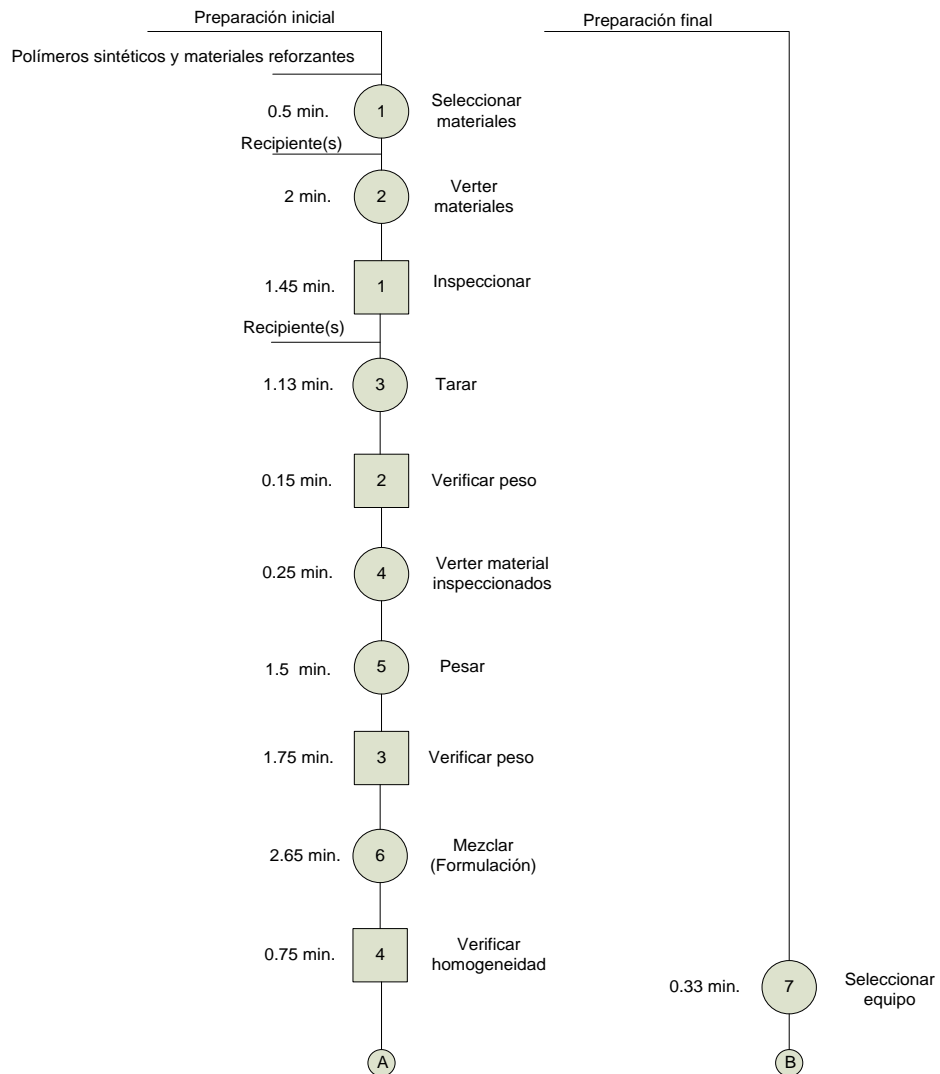
2.5.2.1. Diagrama de operaciones actual

A continuación, se presenta el diagrama de operaciones actual para la elaboración de tableros de polímeros sintéticos reforzados:

Figura 19. Diagrama de operaciones / tableros de polímeros sintéticos

DIAGRAMA DE OPERACIONES

Método: actual. Diagramado por: Keyla Barrera.
Proceso: elaboración de tableros de polímeros sintéticos reforzados. Fecha: 28 de marzo de 2019.
Departamento: producción. Hoja número 1 de 3 hojas.



Continuación de figura 19.

DIAGRAMA DE OPERACIONES

Método: actual.

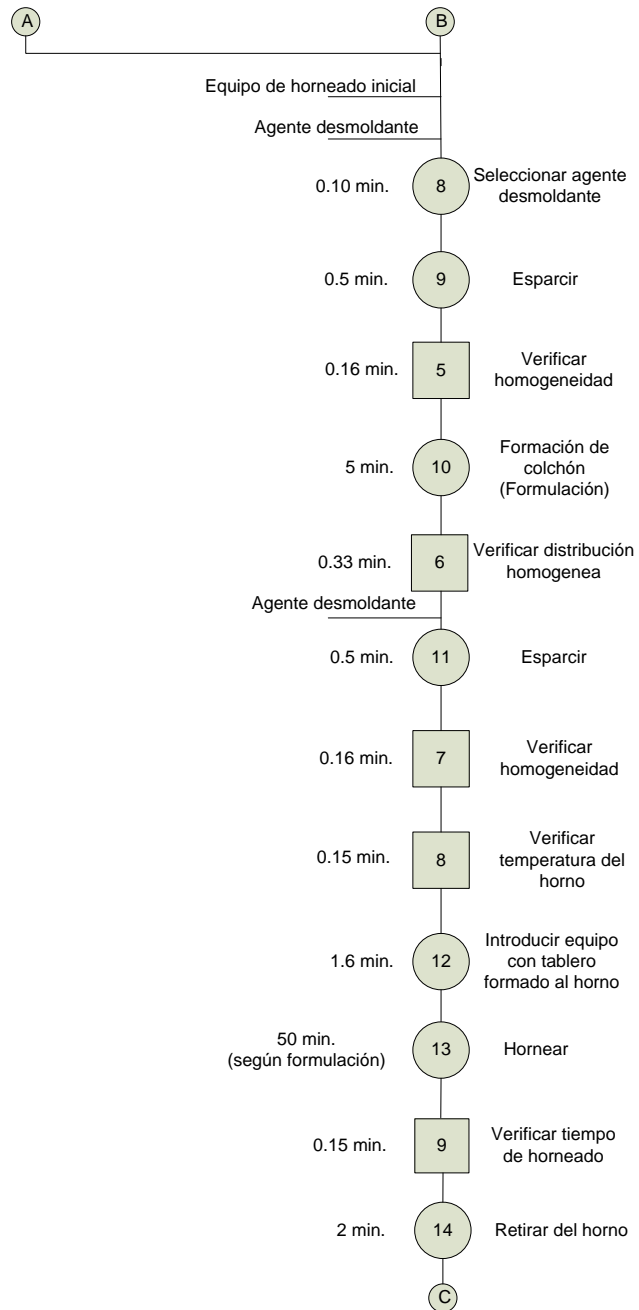
Proceso: elaboración de tableros de polímeros sintéticos reforzados.

Departamento: producción.

Diagramado por: Keyla Barrera.

Fecha: 28 de marzo de 2019.

Hoja número 2 de 3 hojas.



Continuación de figura 19.

DIAGRAMA DE OPERACIONES

Método: actual.

Proceso: elaboración de tableros de polímeros sintéticos reforzados.

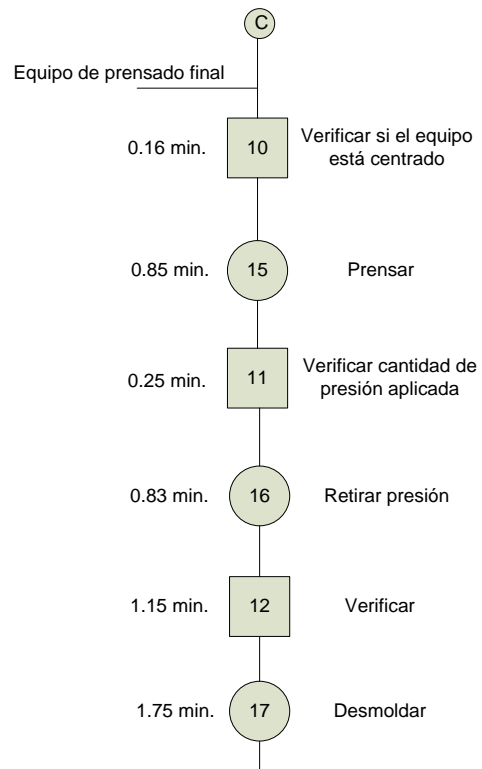
Departamento: producción.

Diagramado por: Keyla Barrera.

Fecha: 24 de marzo de 2019.

Hoja número 3 de 3 hojas.

| RESUMEN | | | |
|-------------------|------------|----------|------------|
| | Actividad | Cantidad | Tiempo |
| ○ | Operación | 17 | 71.49 min. |
| □ | Inspección | 12 | 6.61 min. |
| Tiempo requerido: | | | 78.10 min. |

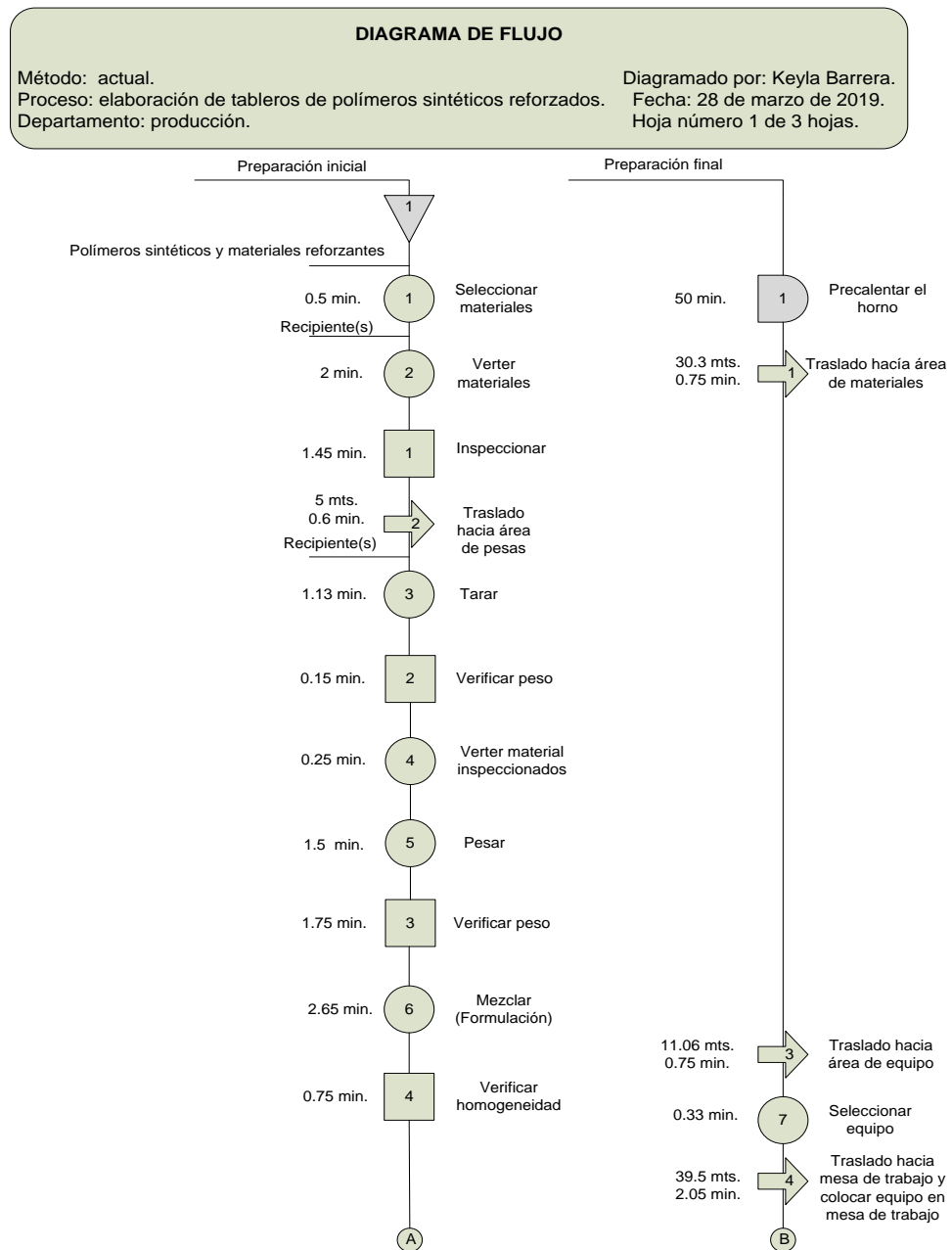


Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2010.

2.5.2.2. Diagrama de flujo actual

A continuación, se presenta el diagrama de flujo actual para la elaboración de tableros de polímeros sintéticos reforzados:

Figura 20. Diagrama de flujo / tableros de polímeros sintéticos

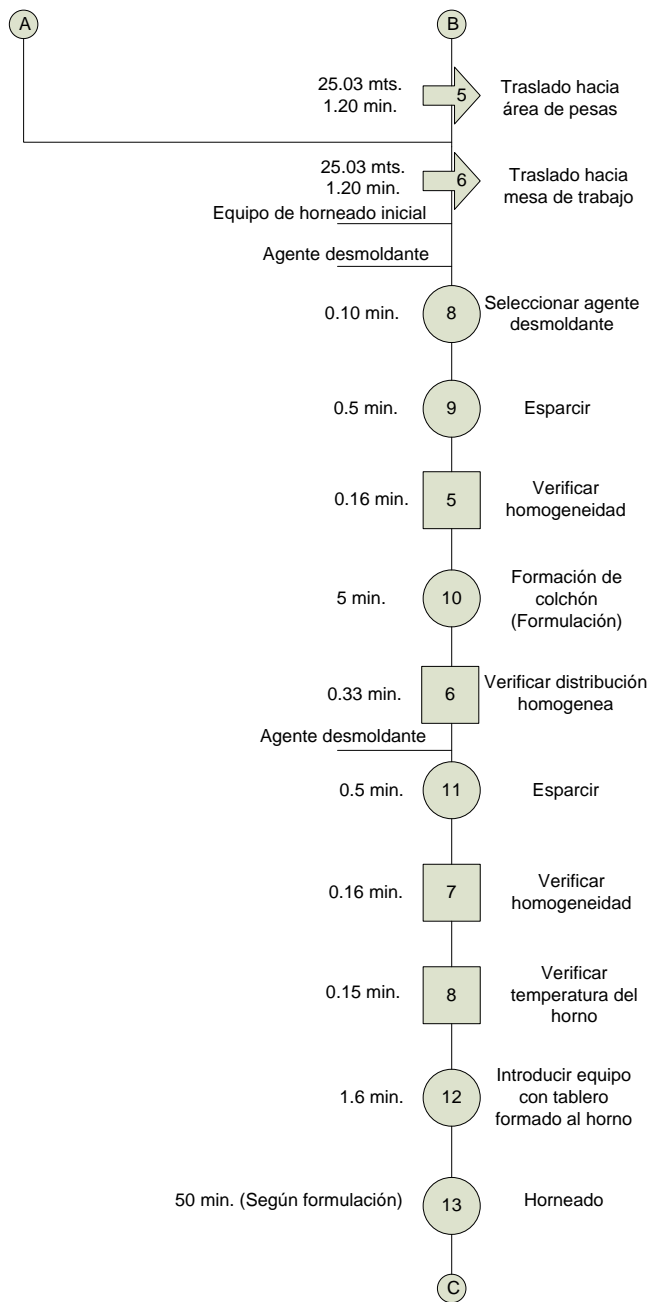


Continuación figura 20.

DIAGRAMA DE FLUJO

Método: actual.
 Proceso: elaboración de tableros de polímeros sintéticos reforzados.
 Departamento: producción.





Diagramado por: Keyla Barrera.
 Fecha: 28 de marzo de 2019.
 Hoja número 2 de 3 hojas.

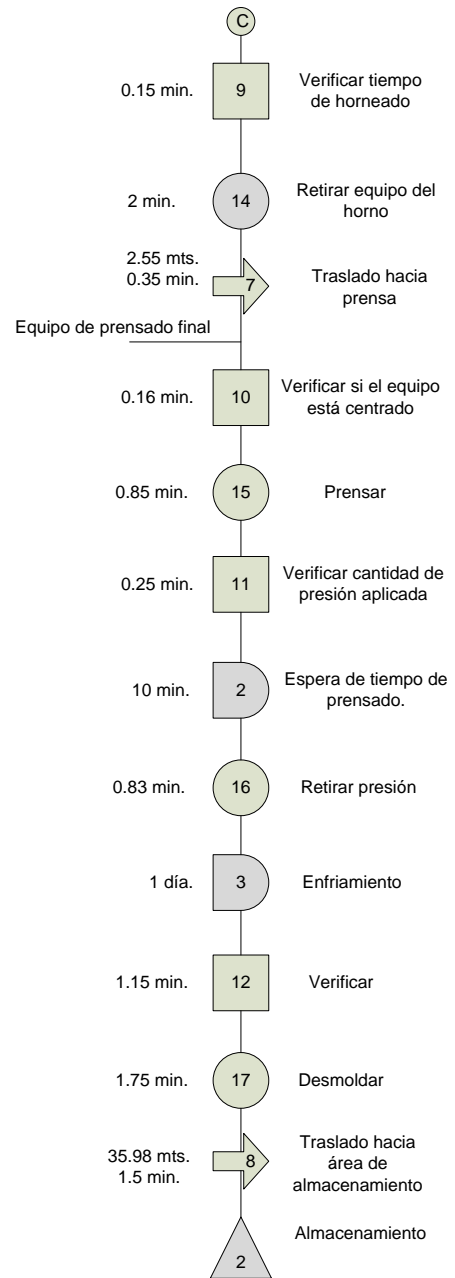


Continuación figura 20.

DIAGRAMA DE FLUJO

Método: actual. Diagramado por: Keyla Barrera.
 Proceso: elaboración de tableros de polímeros sintéticos reforzados. Fecha: 24 de marzo de 2019.
 Departamento: producción. Hoja número 3 de 3 hojas.

| Resumen | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------|--------------------|-------------|
| | Actividad | Cantidad | Tiempo | Distancias |
|  | Operación | 17 | 71.49 min. | - |
|  | Inspección | 12 | 6.61 min. | - |
|  | Transporte | 8 | 8.40 min. | 174.45 mts. |
|  | Espera | 3 | 1 día y 60 min. | - |
| Total requerido: | | | 1 día y 2.44 horas | 174.45 mts. |

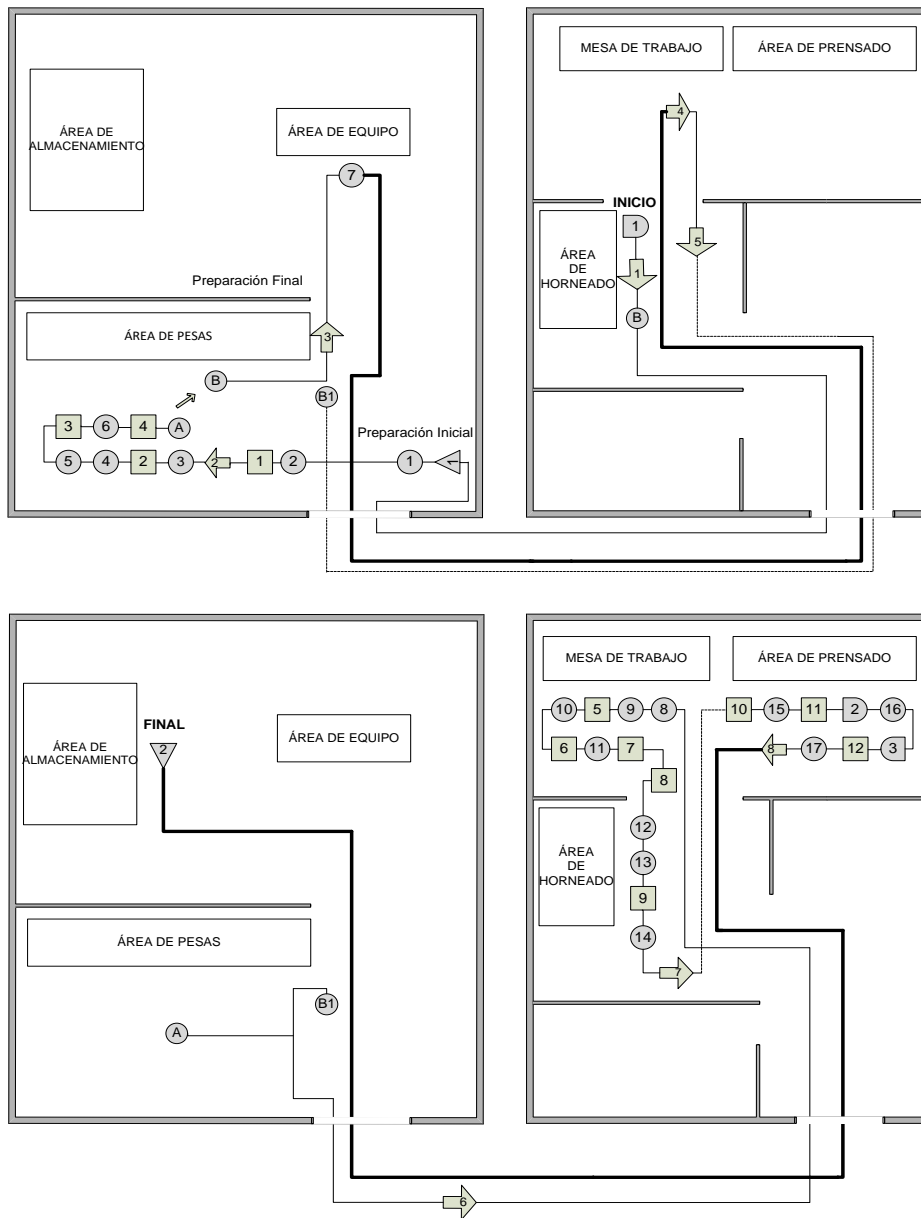


Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2010.

2.5.2.3. Diagrama de recorrido

A continuación, se presenta el diagrama de recorrido actual para la elaboración de tableros de polímeros sintéticos reforzados:

Figura 21. Diagrama de recorrido / tableros de polímeros sintéticos



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2010.

2.6. Seguridad industrial en el área

Debido a que la seguridad industrial es un factor de importancia para el bienestar del usuario investigador, se realizó el análisis y evaluación de las instalaciones de las secciones de Gestión de la Calidad y Laboratorio Multipropósitos con el fin de determinar si estas cuentan con las medidas adecuadas en cuanto a seguridad industrial correspondientes al tipo de actividades que se ejecutan dentro de ellas actualmente.

2.6.1. Análisis de riesgos actuales

Para evaluar el proceso actual de elaboración de tableros en relación a la salud y seguridad industrial se empleó un Análisis de Riesgos por Oficio (ARO), para su óptima ejecución fue necesario contar con la información relacionada a todos aquellos aspectos involucrados en dicho proceso; como las condiciones de trabajo actuales, maquinaria, herramientas, materia prima, equipo industrial, entre muchos otros.

Este análisis fue realizado para la elaboración de tableros de partículas de madera y tableros de polímeros sintéticos reforzados; empleando la observación como técnica de recolección de datos. A continuación, se presenta el análisis de riesgos ejecutado:

Tabla X. **Análisis de riesgos / tableros de partículas de madera**

| | | | |
|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| -Análisis de riesgos por oficio- | | Actividad: Elaboración de tableros de partículas de madera. | |
| Departamento: área de producción | | Responsable: Keyla Barrera | |
| Fecha de Ejecución: 11 de febrero de 2019. | | Equipo de trabajo para ARO: tabla para recolección, lapicero y cámaras. | |
| Tipos de accidentes especiales: caída, herida por cortes. | | Equipo de protección personal requerido: bata, lentes de protección. | |
| Pasos básicos del oficio | | | |
| Pasos básicos del oficio | Acciones | Factores de riesgos potenciales | Medidas correctivas |
| Transporte hacia el área de recipientes para mezcla y área de proceso. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Desplazarse por el laboratorio hasta llegar a dicha área. 2. Tomar el recipiente. 3. Desplazarse hasta llegar al área de proceso nuevamente. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Caídas debido a las obstrucciones que se encuentran en la zona de recorrido. 2. Herida en la mano por tomar el molde en mal estado. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Piso antideslizante en la zona de circulación. 2. Limpiar la zona de recorrido. 3. Utilizar equipo de protección para manos. |
| Selección de materiales y verificación. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Transporte hacia la ubicación de materiales. 2. Seleccionar el tipo de partícula a utilizar. 3. Verificar el tamaño de partícula. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Caída debido al piso en mal estado. 2. Herida en la mano por tomar y verificar el material. 3. Inhalación de partículas de madera. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Colocar piso antideslizante, 2. Modificar el piso existente por uno nuevo. 3. Utilizar equipo de protección para la boca. |

Continuación tabla X.

| | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mezclado de partículas de madera con aglomerante. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Verter aglomerante sobre las partículas de madera. 2. Realizar mezclado con las manos. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Herida cortante en manos debido al tamaño de partícula a utilizar. 2. Inhalación de partículas de madera y aglomerante. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizar equipo de protección para manos. 2. Utilizar equipo de protección para la boca. |
| Transporte de mezcla con el recipiente hacia el área de prensado. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Tomar la mezcla con el recipiente. 2. Dirigirse hacia la prensa neumática en Sección Gestión de la Calidad y colocar recipiente en un área de espera. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Caída durante el recorrido hacia dicha sección, debido a que no es una zona de circulación uniforme. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Disminuir el recorrido hacia dicha maquinaria mediante una distribución adecuada. |
| Colocar equipo para prensar el tablero y aplicar presión. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Ubicar molde en prensa. 2. Colocar mezcla dentro de molde. 3. Colocar nylon y plancha de acero encima de molde. 4. Poner cilindro de acero encima de plancha de acero y aplicar presión. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Golpe por caída de equipo pesado en el pie. 2. Malestar por la manipulación de la mezcla, tanto, en los ojos como en la boca. 3. Herida en manos por manejo de equipo. 4. Sobresfuerzo. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizar equipo de protección para parte inferior del cuerpo. 2. Utilizar protección de la boca y de ojos. 3. Utilizar equipo de protección para manos. 4. Simplificar trabajo. |
| Retirar equipo de la prensa y dirigir el tablero prensado hacia el área de secado. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Retirar el equipo utilizado de la prensa. 2. Tomar tablero y colocarlo sobre una tabla de madera y trasladar hacia área de secado. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Golpe por caída de equipo pesado en el pie. 2. Sobresfuerzo. 3. Herida en manos por manipulación de equipo. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizar equipo de protección para parte inferior. 2. Utilizar equipo de protección para manos. |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Análisis de riesgos / tableros de polímeros sintéticos reforzados**

| | | | |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| -Análisis de riesgos por oficio- | | Actividad: Elaboración de tableros de polímeros sintéticos. | |
| Departamento: área de producción | | Responsable: Keyla Barrera | |
| Fecha de Ejecución: 13 de febrero de 2019. | | Equipo de trabajo para ARO: tabla para datos, lapicero y cámaras. | |
| Tipos de accidentes especiales: caída, herida por cortes, quemaduras. | | Equipo de protección personal requerido: Bata, lentes de protección. | |
| Pasos básicos del oficio | | | |
| Pasos básicos del oficio | Acciones | Factores de riesgos potenciales | Medidas correctivas |
| Preparar y encender horno. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Tomar extensión en laboratorio Multipropósitos. 2. Dirigirse hacia Gestión de Calidad. 3. Conectar con horno. 4. Encender horno. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Caída por el estado inestable del suelo y por las tres gradass que se encuentran durante el recorrido. 2. Quemadura por fricción. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Disminuir recorrido con una correcta distribución de planta. 2. Evitar colocar gradass en las instalaciones de producción. 3. Utilizar equipo de protección personal de manos, |
| Selección de materiales y verificación. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Tomar una bandeja de aluminio. 2. Seleccionar los materiales a utilizar. 3. Verificar la calidad del material. 4. Colocar materiales en bandeja. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Herida en manos por manipulación de material. 2. Enfermedades o alergias provocadas por los diferentes tipos de partículas volátiles. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizar equipo de protección personal en manos. 2. Utilizar protección personal en la boca. |

Continuación tabla XI.

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mezclado de materiales. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Tomar bandeja y colocar en un área limpia. 2. Realizar mezcla de materiales con las manos. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Herida en manos por mezclado de materiales. 2. Inhalación de partículas finas de materiales. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizar equipo de protección personal para manos. 2. Utilizar protección personal para boca. |
| Elaboración de tablero en molde y transporte hacia el área de horneado. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Tomar equipo para ejecución de tablero. 2. Colocar mezcla dentro de equipo. 3. Esparcir estearato de zinc en la parte superior. 4. Colocar plancha de prensado. 5. Transporte hacia área de horneado. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Herida en manos por manipulación de equipo. 2. Inhalación de partículas finas. 3. Sobreesfuerzo. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizar equipo de protección personal para manos. 2. Utilizar protección personal para boca. 3. Simplificar trabajo. |
| Colocar molde en horno, hornear según lo requerido y retirar. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Tomar molde ya preparado. 2. Colocar en horno. 3. Dejar horneando por el tiempo establecido. 4. Retirar molde caliente. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Quemaduras por trabajar con temperaturas altas y tiempo prolongado. 2. Sobreesfuerzo. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizar el equipo protección personal adecuado para trabajar con calor. |
| Transporte hacia área de prensado, colocar el equipo necesario y prensar. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Tomar molde caliente. 2. Dirigirse hacia prensa. 3. Colocar en prensa. 4. Colocar equipo. 5. Aplicar presión. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Quemaduras por manipulación de molde caliente. 2. Golpe en pies por caída de equipo pesado. 3. Sobreesfuerzo. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizar equipo de protección para manos adecuado. 2. Buscar el método adecuado para manejo de materiales. |

Continuación tabla XI.

| | | | |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Retirar presión y dejar enfriar. | 1. Retirar la presión aplicada. 2. Dejar enfriar tablero un día. | 1. Caída de equipo en pies. | 1. Utilizar equipo de protección personal para parte inferior. |
| Desmoldar y retirar de prensa. | 1. Verificar si se encuentra frío el tablero. 2. Retirar equipo de prensado. 3. Tomar molde con tablero. 4. Dirigirse hacia mesa de trabajo. 5. Retirar del molde. | 1. Sobreesfuerzo. 2. Golpe por caída de molde en pies. | 1. Analizar manipulación de materiales. 2. Utilizar equipo de protección personal para parte inferior. |

Fuente: elaboración propia.

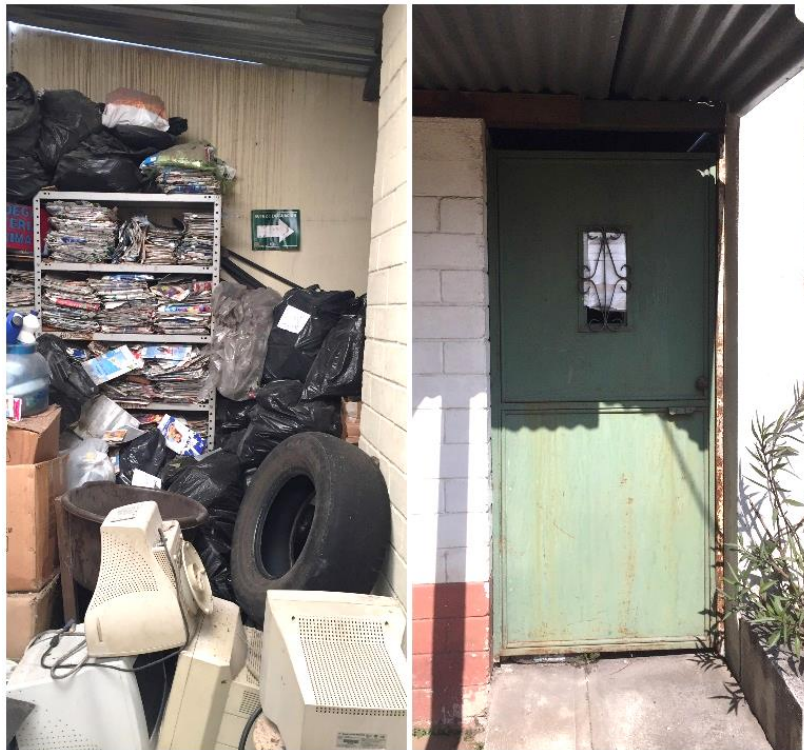
2.6.2. Rutas de evacuación

Las rutas de evacuación son aquellas que indican el recorrido hacia una salida de emergencia y deberán encontrarse siempre sin ninguna obstrucción, debido a que estas son destinadas para la protección de vida, salud e integridad de todas las personas que se encuentren dentro de las instalaciones de un determinado lugar. Estas pueden ser pasillos, pasadizos, puertas, rampas, escaleras, entre muchos otros.

La Sección de Gestión de la Calidad cuenta con un espacio reducido y posee únicamente dos rutas de evacuación y dos salidas de emergencia, pero una de ellas (figura 22), se encuentra totalmente obstaculizada por residuos de diferente índole, herramientas, equipo y mobiliario; impidiendo la libre circulación e incrementado la probabilidad de que suceda un accidente; y para la otra ruta de evacuación (figura 23), se encuentra colocada una puerta sin uso durante el

recorrido, provocando un riesgo en caso de una emergencia. Estas se muestran a continuación:

Figura 22. **Ruta de evacuación 1 en Sección de Gestión de la Calidad**



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Figura 23. Ruta de evacuación 2 en Sección de Gestión de la Calidad



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

El Laboratorio Multipropósitos cuenta únicamente con una puerta de salida de madera de dos hojas, dicha puerta se encuentra señalizada como la única ruta de evacuación y como la única salida de emergencia. Es relevante mencionar que solo una de las hojas de la puerta es posible abrir, ya que la otra se encuentra obstruida por distintos materiales y equipos, como se muestra a continuación:

Figura 24. **Ruta de evacuación en Laboratorio Multipropósitos**



Fuente: Laboratorio Multipropósitos, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

2.6.3. Equipo de protección personal

La Sección de Gestión de la Calidad cuenta con el siguiente equipo de protección personal disponible en sus instalaciones:

- Dos pares de lentes de seguridad industrial: estos se encuentran en mal estado (sucios y rayados), porque no se utilizan constantemente y dificultan la visión.

- Un par de orejeras marca Truper: estas se encuentran en buen estado, a pesar de que se encuentren sucias. Estas poseen un rango de reducción de 18 decibeles (dB) y unas almohadillas para mayor comodidad.
- Un par de tapones para oídos: estos son reutilizables de triple barrera, con una reducción del ruido de 25 decibeles (dB), dichos tapones se hallan completamente cubiertos por partículas contaminantes, pero en buen estado.
- Un casco de seguridad industrial: el casco hallado se encontró cubierto totalmente de polvo, ya que no es utilizado constantemente. Según las indicaciones del casco, este posee los requerimientos básicos para el tipo de trabajo que se desarrolla en las instalaciones.
- Tres pares de guantes de calor: los guantes con los que se cuenta actualmente se encuentran en mal estado, ya que, a pesar de estar sin agujeros, poseen un aspecto y un olor desagradable. Se recomienda que estos no sean empleados para la elaboración de tableros, porque debido a las altas temperaturas que el proceso requiere, estos no brindan la protección correspondiente, incrementando el riesgo de sufrir alguna quemadura.

El Laboratorio Multipropósitos cuenta con el siguiente equipo de protección personal actualmente:

- Un casco: este se encuentra en buen estado, únicamente está completamente cubierto de polvo debido al poco uso que se le da.

- Una mascarilla: esta es desechable y se encuentra totalmente cubierta de distintas partículas de diferentes materiales, además que ya ha sido utilizada.
- Un par de orejeras: estas no indican marca ni especificaciones, y no se pudo determinar las características para verificar si cumple con los requerimientos. Se encuentran en buen estado, únicamente cubiertas de polvo.
- Tres pares de guantes de calor: se hallaron tres guantes individuales sin su respectiva pareja, y no es posible utilizarlos. Estos se encuentran en mal estado debido a que poseen un aspecto y olor indeseable.

2.6.4. Señalización

La señalización es una parte fundamental de la seguridad industrial en un área de trabajo, por medio de esta se identifica el tipo de acción que se debe ejecutar, brindando una indicación sobre cómo actuar en determinada situación.

A continuación, se muestran algunas de las señalizaciones con las que cuenta actualmente la Sección de Gestión de Calidad y Laboratorio Multipropósitos respectivamente:

Figura 25. Señalización actual en Sección de Gestión de la Calidad



Fuente: Sección de Gestión de la Calidad, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Esta sección posee únicamente señalización respecto a las rutas de evacuación, al uso obligatorio de protección de vías respiratorias y de lentes de seguridad industrial; cabe mencionar que utiliza el mismo medio para indicar e informar sobre normativos relacionados al orden y limpieza en el área y las normas generales de conducta; estas se encuentran ubicadas en el taller de reciclaje.

En el Laboratorio Multipropósitos se observa señalización respecto al uso obligatorio de equipo de protección personal y rutas de emergencia únicamente, estas se encuentran en el lado exterior del laboratorio y dentro del laboratorio respectivamente. Estas se muestran a continuación:

Figura 26. **Señalización actual en Laboratorio Multipropósitos**



Fuente: Laboratorio Multipropósitos, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

2.7. Evaluación de los métodos de trabajo

Este busca perfeccionar los métodos de trabajo actuales mediante un análisis de los procesos requeridos para ejecutar un trabajo, con el objetivo de que sean simplificados y la línea de producción resultante sea eficiente. Este consta de una serie de preguntas que tienen como propósito mejorar los procesos, el diseño de las instalaciones, equipo y condiciones de trabajo, así también el bienestar del personal mediante la reducción de la fatiga y el aumento de seguridad; y fue empleada para realizar la evaluación correspondiente al proceso de elaboración de tableros. Dicha evaluación se muestra a continuación:

Tabla XII. **Estudio del método de trabajo/tableros de partículas de madera**

| ESTUDIO DEL MÉTODO DE TRABAJO | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----------------------------------------------------------|
| <p>Departamento: Área de producción</p> <p>Producto: Tableros de partículas de madera.</p> <p>Equipo y Herramientas: recipientes, moldes, sargentos, planchas de aluminio, cilindro de acero y una prensa neumática.</p> <p>Fecha: 13 de febrero de 2019.</p> <p>Analizado por: Keyla Barrera.</p> | <p>Área de trabajo</p> <p>Actualmente se elaboran dichos tableros en dos áreas que se encuentran separadas, Laboratorio Multipropósitos de Tecnología de la Madera y Sección de Gestión de la Calidad.</p> | | |
| | SI | NO | Observaciones |
| ¿Pueden eliminarse alguna actividad? | X | | Se puede eliminar operaciones y transportes. |
| ¿Puede efectuarse en otro departamento las actividades? | X | | Se puede utilizar solo un área para ejecutar el proceso. |
| ¿Pueden combinarse dos o más operaciones en una sola? | X | | |
| ¿Puede hacerse alguna operación de otra forma? | X | | |
| ¿Es la secuencia de las operaciones la mejor posible? | | X | |
| ¿Puede combinarse la inspección con otra operación? | X | | |
| ¿El método sigue los principios de economía de movimientos? | | X | Existen movimientos que podrían simplificarse. |
| ¿Puede reducirse el número de manipulaciones a los que están sometidos los materiales? | X | | Utilizando equipo para manejo de materiales. |
| ¿Podría acortarse las distancias por recorrer? | X | | Verificar en análisis de distribución de planta. |
| ¿Es correcto el manejo de materiales? | X | | Es manual el manejo de materiales. |

Continuación tabla XII.

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------------------------------------------------------------------------------------------|
| ¿El producto tiene las dimensiones, peso y acabado adecuado para el proceso? | X | | |
| ¿Están funcionando bien los equipos y herramientas? | X | | Tomar en cuenta que el equipo es insuficiente para prestar el servicio. |
| ¿La maquinaria se encuentra en buen estado? | | X | La prensa se encuentra descompuesta. |
| ¿Es adecuada el área de trabajo? | | X | Las condiciones de trabajo y la distribución actual son inadecuadas. |
| ¿Se podría eliminar la fatiga innecesaria mediante condiciones o disposiciones del trabajo? | X | | |
| ¿Son adecuadas para el trabajo la iluminación y la ventilación? | | X | Son deficientes |
| ¿Existe limpieza en el área de trabajo? | | X | Se encuentra desordenado con objetos que no forman parte del proceso en área de trabajo. |
| ¿Se observan los principios de seguridad y se emplea el equipo protector adecuado? | | X | No se cuenta con equipo adecuado en buen estado. |

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Estudio del método de trabajo/tableros de polímeros sintéticos**

| ESTUDIO DEL MÉTODO DE TRABAJO | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Departamento: Área de producción Producto: Tableros de polímeros sintéticos. Equipo y Herramientas: recipientes, moldes, planchas de aluminio, cilindro de acero, horno de convección forzada y prensa neumática. Fecha: 13 de febrero de 2019. Analizado por: Keyla Barrera. | | Área de trabajo Actualmente se elaboran dichos tableros en dos áreas que se encuentran separadas, Laboratorio Multipropósitos de Tecnología de la Madera y Sección de Gestión de la Calidad. | |
| | SI | NO | Observaciones |
| ¿Pueden eliminarse alguna actividad? | X | | Transportes y operaciones |
| ¿Puede efectuarse en otro departamento las actividades? | X | | |
| ¿Pueden combinarse dos o más operaciones en una sola? | | | |
| ¿Puede hacerse alguna operación de otra forma? | X | | |
| ¿Es la secuencia de las operaciones la mejor posible? | | X | Cantidad excesiva de transportes. |
| ¿Puede combinarse la inspección con otra operación? | X | | |
| ¿El método sigue los principios de economía de movimientos? | | X | |
| ¿Puede reducirse el número de manipulaciones a los que están sometidos los materiales? | X | | |
| ¿Podría acortarse las distancias por recorrer? | X | | Al utilizarse otra área con distribución adecuada. |
| ¿Es correcto el manejo de materiales? | | X | No existe un manejo de materiales establecido. |

Continuación tabla XIII.

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ¿El producto tiene las dimensiones, peso y acabado adecuado para el proceso? | X | | |
| ¿Están funcionando bien los equipos y herramientas? | X | | Tomar en cuenta que algunos ya se encuentran oxidados y los agarradores de una plancha están flojos. |
| ¿La maquinaria se encuentra en buen estado? | X | | |
| ¿Es adecuada el área de trabajo? | | X | |
| ¿Se podría eliminar la fatiga innecesaria mediante condiciones o disposiciones del trabajo? | X | | |
| ¿Son adecuadas para el trabajo la iluminación y la ventilación? | | X | |
| ¿Existe limpieza en el área de trabajo? | | X | Cantidad excesiva de obstrucciones en el área de circulación. |
| ¿Se observan los principios de seguridad y se emplea el equipo protector adecuado? | | X | Existe señalización, pero se hace caso omiso de ellos. |

Fuente; elaboración propia.

3. PROPUESTA PARA REALIZAR UN ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA PLANTA PILOTO

3.1. Análisis de las características básicas

La localización es uno de los aspectos más importantes a determinar antes de iniciar con las operaciones de una planta industrial, esta consiste en establecer el lugar más adecuado y conveniente para colocar sus instalaciones físicas. La localización tiene como objetivo disminuir los diferentes tipos de riesgos que generan problemas futuros; y resulta indispensable realizar un análisis de las necesidades básicas de la planta industrial (piloto), y del tipo de actividades que se ejecutaran dentro de ella, para posteriormente evaluar si la ubicación propuesta cuenta con dichas características.

La planta piloto prestará el servicio de un proceso de manufactura enfocado a la investigación y desarrollo de tableros de partículas de madera y polímeros sintéticos sin fines comerciales; y únicamente se requiere de los factores fundamentales, como un área o superficie física que cuente con el espacio suficiente para elaborar dicho proceso de una manera eficiente, con las características óptimas en relación a las condiciones de trabajo de acuerdo al tipo de actividades y de los servicios básicos para su funcionamiento, como energía eléctrica, teléfono, servicio de basura y agua.

3.1.1. Localización óptima

Actualmente el Centro de Investigaciones de Ingeniería cuenta con un área disponible dentro de la Universidad de San Carlos de Guatemala y como se mencionaba anteriormente, no está siendo aprovechada de manera óptima; y

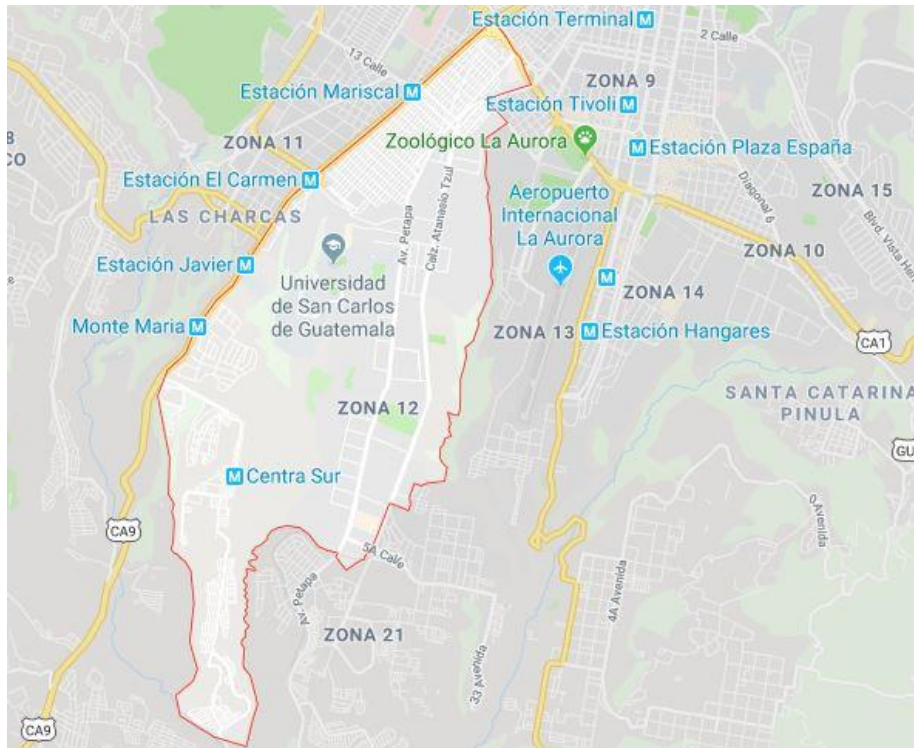
podría ser utilizada como instalaciones físicas de un nuevo servicio que genere múltiples beneficios, siendo estos en su mayoría académicos. Con base en esto, se propone que el área disponible sea utilizada para la implementación de una planta piloto en la que se realicen proyectos relacionados a la investigación y desarrollo, de tableros de partículas de madera y tableros de polímeros sintéticos reforzados.

Resulta indispensable mencionar que no se utilizó ningún método de localización debido a que, si bien, es una actividad industrial, esta no busca comercializar los productos obtenidos con este proceso, si no que únicamente busca fomentar la investigación; esto con el criterio de ya contar con un espacio físico disponible y que cumple con las características y necesidades básicas de la planta piloto.

3.1.2. Macro localización

El proyecto tiene como localización propuesta la zona 12 de la ciudad de Guatemala; porque, debido a los objetivos fundamentales de la planta piloto, necesidades básicas en relación al proceso y a las actividades que se realizarán dentro de ella hacen que dicha ubicación sea la idónea para la ejecución del proceso anteriormente mencionado; además que actualmente ya se cuenta con la existencia de un espacio disponible en esta región, y la cual cumple con las características indispensables para su óptimo funcionamiento. Esta se muestra a continuación (limitada por la línea roja que lo rodea):

Figura 27. **Macro localización de planta piloto**



Fuente: Google Maps. <https://bit.ly/2EfETDR> .Consulta: 25 de febrero de 2019.

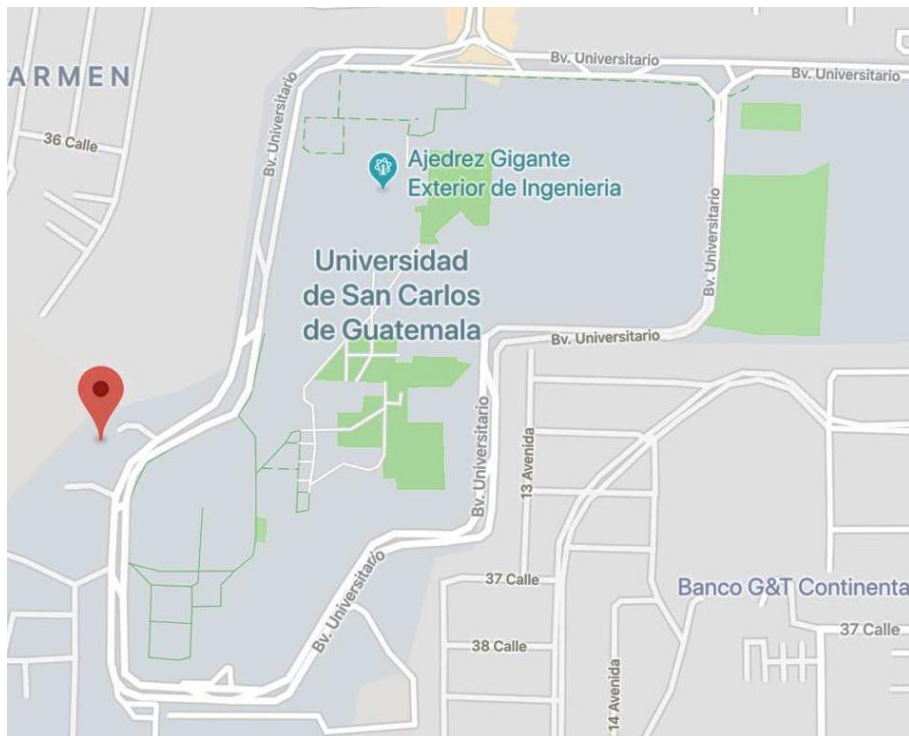
3.1.3. **Micro localización**

La planta piloto tiene como ubicación propuesta las instalaciones de la Sección de Gestión de la Calidad del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con coordenadas UTM (14,584811-90,556878).

Esta ubicación, que se encuentra en el área de Prefabricados de dicha institución, específicamente anexo al área de mantenimiento y servicio de la Facultad de Ingeniería; cumple con las necesidades básicas para su instalación, como lo es el suficiente espacio físico para la adecuada distribución de planta y

los servicios básicos para las actividades para las que se encuentra destinada, siendo estos factores imprescindibles para que las operaciones de dicha planta sean eficientes y productivas.

Figura 28. **Micro localización de planta piloto**



Fuente: Google Maps. <https://bit.ly/2x3xXqo> .Consulta: 25 de febrero de 2019.

3.2. **Ingeniería del proyecto**

Esta conforma la etapa en la que se establecen los aspectos técnicos operativos necesarios para llevar a cabo la producción de tableros; tanto de partículas de madera, como de polímeros sintéticos reforzados de una manera eficiente. Por ende, es imprescindible determinar el tamaño óptimo de la planta piloto mediante el uso adecuado de los recursos actuales, localización,

maquinaria y equipo, distribución de las instalaciones, tanto de la planta como de las condiciones de trabajo, aspectos relacionados a la seguridad y salud ocupacional, materia prima y el manejo de materiales requeridas de acuerdo al tipo de operaciones que se ejecutaran dentro de ella.

3.2.1. Equipamiento necesario

Este comprende los aspectos relacionados al mobiliario y equipo, maquinaria y herramientas necesarias en cuanto a cantidad y características, para llevar a cabo la elaboración de tableros de partículas de madera y los tableros de polímeros sintéticos reforzados de forma óptima y eficiente, que satisfagan la capacidad de producción. Debido a que el máximo de personas que se pueden ocupar un espacio dentro del área de producción de la planta piloto son únicamente dos y la cantidad de tableros elaborados como máximo por día son dos, el equipamiento necesario es el siguiente:

3.2.1.1. Mobiliario y equipo

El mobiliario y equipo necesario para ejecutar el proceso de elaboración de tableros deberá cumplir con las siguientes características:

- Mobiliario
 - El mobiliario debe poseer las medidas o tamaño adecuados que permita realizar el trabajo correspondiente, de manera que no estorbe la circulación dentro de la planta piloto.
 - El diseño del mobiliario deberá ser el apropiado para proporcionar un lugar de trabajo ergonómico al trabajador.

- Los materiales de fabricación del mobiliario deben ser resistentes, ligeros, de fácil limpieza y que garanticen su durabilidad. Tomar en cuenta que no deben ser muy pesados para que permitan ser movilizados en futuras distribuciones de planta.
- La cantidad de mobiliario debe estar de acuerdo a la capacidad de las instalaciones, y deben ser los necesarios sin excederse.
- Equipo
 - El equipo debe contar con las características adecuadas en relación al proceso.
 - Debe existir equilibrio entre el equipo y la maquinaria que interviene en el proceso.
 - Se debe contar con la cantidad necesaria y el tamaño adecuado para cubrir las exigencias de producción.
 - Debe ser de fácil mantenimiento y de materiales correctos conforme al tipo de proceso que se ejecute.
 - Estos no deben sobrepasar la carga de manipulación manual establecida de acuerdo al género del usuario investigador.

El equipo necesario para el servicio a prestar en relación al proceso de elaboración de tableros de partículas de madera es el siguiente (tomar en cuenta que el equipo actual todavía puede ser utilizado para la fabricación de tableros, debido a que se encuentra en buen estado):

Tabla XIV. **Equipo industrial / tableros de partículas de madera**

| Equipo Industrial para tablero de partículas de madera | | | |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Nombre propuesto | Descripción | Ilustración | Cantidad requerida por tablero |
| Plancha inferior | Dimensiones: Altura: 4 cm Ancho: 35,5 cm Largo: 35,5 cm |  | 1 |
| | Material: acero | | |
| Molde aglomerados | Dimensiones con marco: Altura: 4 cm Ancho: 15,5 in Largo: 15,5 in |  | 1 |
| | Dimensiones parte hueca: Altura: 4 cm Ancho: 1 ft Largo: 1 ft | | |
| | Material: acero | | |
| Papel aluminio | Dimensiones papel aluminio inferior: Ancho: 15,5 cm Largo: 15,5 cm |  | Variable |
| | Dimensiones papel aluminio superior: Ancho: 1 ft Largo: 1 ft | | |
| Plancha con agarraderas para prensar | Dimensiones: Altura: 2,5 cm Ancho: 1 ft Largo: 1 ft |  | 1 |
| | Material: acero | | |

Continuación tabla XIV.

| | | | |
|--------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Cilindro para prensar | Dimensiones: Altura: 14 cm Diámetro: 4,5 cm |  | 1 |
| | Material: acero. | | |
| Prensa de hierro nodular | Dimensiones: 2" (in) |  | 8 |
| | Cantidad: 8 por tablero. | | |




Fuente: elaboración propia.

El equipo industrial necesario para prestar el servicio de elaboración de tableros de polímeros sintéticos reforzados es el siguiente (tomar en cuenta que el equipo utilizado actualmente para la fabricación de dichos tableros puede continuarse empleando, ya que se encuentra en buen estado):

Tabla XV. **Equipo industrial / tableros de polímeros sintéticos reforzados**

| Equipo Industrial para tablero de partículas de madera | | | |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| Nombre propuesto | Descripción | Ilustración | Cantidad requerida por tablero |
| Plancha inferior | Dimensiones: Altura: 4 cm Ancho: 35,5 cm Largo: 35.5 cm |  | 1 |
| | Material: acero | | |

Continuación tabla XV.

| | | | |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <p>Molde principal polímeros sintéticos</p> | <p>Dimensiones: Altura: 7,5 cm Ancho: 1 ft Largo: 1 ft</p> |  | <p>1</p> |
| | <p>Material: Aluminio</p> | | |
| | <p>Posee dos pestañas móviles, utilizando bisagras.</p> | | |
| <p>Contra molde</p> | <p>Dimensiones: Altura: 4 cm Ancho: 1 ft Largo: 1 ft</p> |  | <p>1</p> |
| | <p>Posee cuatro aberturas para facilitar el desmolde.</p> | | |
| <p>Plancha primaria (delgada)</p> | <p>Dimensiones: Largo: 1 ft Ancho: 1 ft</p> |  | <p>1</p> |
| | <p>Material: Lámina Galvanizada</p> | | |
| <p>Plancha secundaria</p> | <p>Dimensiones: Altura: 2 cm Largo: 1 ft Ancho: 1 ft</p> |  | <p>1</p> |
| | <p>Material: Aluminio</p> | | |
| <p>Plancha con agarraderas para prensar</p> | <p>Altura: 2,5 cm Ancho: 1 ft Largo: 1 ft</p> |  | <p>1</p> |
| | <p>Material: acero (hierro dulce)</p> | | |

Continuación tabla XV.

| | | | |
|-----------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Sujetadores | Cantidad: 4 por tablero. |  | 4 |
| | Dimensiones: Ancho: 4,5 cm | | |
| Cilindro para prensar | Altura: 14 cm Diámetro: 4,5 cm |  | 1 |
| | Material: acero. | | |





Fuente: elaboración propia.

Nota: las planchas y cilindros utilizados durante ambos procesos es para garantizar la distribución uniforme de la presión en todos los puntos del tablero y el papel aluminio utilizado para la elaboración de tableros de partículas de madera es el material empleado y recomendado para facilitar su desmolde.

3.2.1.2. Maquinaria

La maquinaria necesaria para ejecutar el proceso de elaboración de tableros de partículas de madera y tableros de polímeros sintéticos reforzados se describe a continuación:

Tabla XVI. **Maquinaria a emplear para elaboración de tableros**

| Maquinaria para línea de producción | | | | |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|------|
| Nombre | Descripción | Ilustración | Proceso | |
| | | | TPM | TPSR |
| Balanza electrónica Industrial | <ul style="list-style-type: none"> - Capacidad máxima: 150 lb. - Utiliza batería recargable. - Dimensiones: Alto: 0,57 m Ancho: 0,33 m Largo: 0,51 m |  | X | X |
| Molino | <ul style="list-style-type: none"> - Funcionamiento: eléctrico. - Potencia: 10 Hp - Corriente: 220 V - Capacidad: 400 kg - Dimensiones: Alto: 1,26 m Ancho: 0,66 m Largo: 1,00 m |  | | X |
| Tamizadora | <ul style="list-style-type: none"> - Funcionamiento: eléctrico - Potencia: ¼ Hp 115 VAC - Dimensiones: Alto: 0,95 m Ancho: 0,51 m Largo: 0,51 m |  | X | X |
| Horno de Convección Forzada | <ul style="list-style-type: none"> - Funcionamiento: eléctrico. - Temperatura: 0 - 350 °C. - Capacidad: 0,125 m³ - Dimensiones: Alto: 1,10 m Ancho: 0,70 m Largo: 0,86 m |  | X | X |

Continuación tabla XVI.

| | | | | |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|
| <p>Prensa Neumática</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Capacidad: 50 toneladas. - Uso: manual o neumático. - Dimensiones: Alto: 1,80 m Ancho: 0,77 m Largo: 0,88 m |  | <p>X</p> | <p>X</p> |
| <p>Compresor de aire</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Funcionamiento: eléctrico. - Potencia: 3 Hp - Corriente: 20 A - Caudal de aire: 5,2 CFM a 40 PSI 6,3 CFM a 90 PSI 8,7 CFM desalajo - Dimensiones: Alto: 1,11 m Ancho: 0,64 m Largo: 0,60 m |  | <p>X</p> | <p>X</p> |

TPM: Tableros de partículas de madera, TPSR: Tableros de polímeros sintéticos reforzados.



Fuente: elaboración propia.

La maquinaria descrita anteriormente se encuentra en buen estado actualmente, y se puede seguir utilizando para la fabricación de tableros.

3.2.1.3. Herramientas

Las herramientas a utilizar en la fabricación de los tableros, específicamente en el proceso de desmolde de los tableros, son los siguientes:

Tabla XVII. **Herramientas a utilizar para elaboración de tableros**

| Herramientas para elaboración de tableros | | | | |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Nombre | Descripción | Ilustración | Cantidad requerida | Proceso |
| Herramienta para desmoldar estilo desarmador | Material: Acero Punta plana 6,3 mm |  | 2 | Tableros de partículas de madera |
| Espátula industrial | Material: Acero 2" ancho |  | 2 | Tableros partículas de madera y tableros de polímeros sintéticos reforzados |

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. **Materia prima**

La materia prima utilizada en los tableros de partículas de madera y polímeros sintéticos reforzados, es aquella que se obtiene de las diferentes actividades domésticas, industriales y/o comerciales en forma de residuos, que por lo general son desechados o almacenados dentro de las instalaciones de la empresa y/o en vertederos y son aprovechados al reutilizarlos en procesos productivos como materia prima para elaborar subproductos relacionados a la fabricación de tableros, como alternativa a los productos tradicionales. Dichos tableros deberán cumplir con todas las características de calidad que satisfagan las necesidades individuales de igual manera que un producto comercial, pero con un manejo sostenible del medio ambiente. La materia prima empleada específicamente por cada uno de los tableros es el siguiente:

3.2.2.1. Partículas de madera

La madera es un recurso natural y renovable pero con una durabilidad limitada, y el aprovechamiento de los residuos obtenidos por los distintos procesos de producción relacionados al uso de dicha materia prima, resulta favorable para crear nuevos productos que puedan ser empleados como subproductos y utilizados de la misma manera que un producto genérico pero con un valor agregado respecto a los beneficios que ofrece; tanto ambientales, y al promover el manejo sostenible de los recursos naturales; como económicos, debido a una reducción de costos por el empleo de dichos residuos.

Uno de los subproductos más utilizados hoy en día para la construcción, generalmente de muebles, son los tableros de partículas de madera, y como su nombre lo indica, emplea todos los residuos de madera generados por aserraderos o industrias del mueble (el residuo empleado puede ser procedente de cualquier tipo de madera) y adhesivos para su fabricación. Por medio de este último, la aplicación de calor y presión las partículas de madera se unen entre sí para dar forma al tablero.

Para este tipo de proyecto se propone emplear adhesivos sintéticos o naturales, siendo este último el recomendando para fomentar la investigación y determinar si estos pueden ser empleados para la elaboración de un tablero que posea las mismas características físicas y mecánicas de un tablero comercial.

3.2.2.2. Polímeros sintéticos

Los plásticos son sustancias de origen sintético o natural, con características moldeables al someterlo a procesos de transformación de calor y presión; logrando que estos sean utilizados para una gran cantidad de

aplicaciones como distintos productos de uso diario, como la elaboración de envases, bolsas, juguetes, vasos, platos, entre muchos otros; generando de igual manera una gran cantidad de residuos que pueden ser empleados sosteniblemente para el desarrollo de nuevos productos, entre los cuales se pueden encontrar los tableros de polímeros sintéticos reforzados. Los plásticos se clasifican en termoplásticos y termofijos, diferenciándose entre ellos por su comportamiento al aplicarles calor nuevamente. Los termoplásticos se pueden volver a procesar por medio de la aplicación de calor (proceso reversible), en caso contrario de los termofijos, que no son regenerables por medio de calor (proceso irreversible).

Para llevar a cabo el proceso de elaboración de los tableros de polímeros sintéticos reforzados se deberá realizar un tratamiento térmico a los residuos de plástico, generalmente a bajas temperaturas para que puedan ser reutilizados; es por ello que se deberá restringir el tipo de plásticos a emplear, porque de la gran variedad de plásticos existentes, algunos de ellos no pueden ser moldeados después de su uso debido a su alto punto de fusión. El tratamiento térmico aplicado a la elaboración de dichos tableros es el de termoconformado o termoformado, este consiste en calentar el plástico seleccionado a temperaturas entre 120° a 200° C, de manera que al fundirse se obtenga la forma del molde que lo contenga.

En este proyecto, se recomienda emplear para la investigación y desarrollo de dichos tableros los residuos de polímeros sintéticos termoplásticos con bajo calor específico, es decir, de rápido enfriamiento y calentamiento. Dicha categoría de plásticos es utilizada en el termoformado debido a sus características y comportamiento al elevar la temperatura, porque a consecuencia del calor se vuelven moldeables, requiriendo en algunos casos de presión para lograr este cambio físico. Entre los termoplásticos más utilizados

para la elaboración de dichos tableros debido a sus características físicas y mecánicas se encuentran el polipropileno y el polietileno, tanto de baja como de alta densidad; pero como este proyecto está enfocado a la investigación, no se delimita los plásticos a emplear, únicamente que se encuentren entre la categoría recomendada.

Los materiales reforzantes utilizados en conjunto con el termoplástico pueden ser fibrosos o no fibrosos y generalmente se emplean residuos sintéticos u orgánicos; su propósito es mejorar las propiedades mecánicas y características físicas de los tableros y reducir el costo del compuesto. Los materiales reforzantes más utilizados para dicho propósito son las fibras de vidrio y de carbono, pero hoy en día se han llevado a cabo distintos proyectos de investigación utilizando residuos agroindustriales como la cáscara de coco, cachaza de caña, entre otros; teniendo como fin el darles un segundo uso a dichos materiales que en la mayoría de los casos no son procesados o dispuestos adecuadamente. Debido a que el propósito es realizar investigación, los materiales reforzantes a utilizar en el tablero quedan a discreción del usuario investigador (recomendando emplear residuos agroindustriales), el realizar los ensayos correspondientes y hacer la conclusión pertinente. Tomar en cuenta que la forma, tamaño y la distribución de las partículas afectarán directamente en las propiedades finales del tablero; y que el tablero final tendrá un color indefinido, ya que dependerá directamente de las características de la materia prima utilizada.

3.3. Diseño de las instalaciones en función del proceso

Debido a que el objetivo fundamental de la planta piloto es prestar un servicio integral a toda persona que desee realizar proyectos de investigación enfocados al desarrollo de tableros de partículas de madera y tableros de

polímeros sintéticos reforzados sin fines comerciales, se determinó que un edificio de segunda categoría con únicamente una planta serían las instalaciones adecuadas para brindar dicho servicio, porque por medio de dicha estructura y de todas las características que posee, se cumplen los requerimientos necesarios para el óptimo funcionamiento de la planta piloto .

A continuación, se definen las medidas adecuadas en cuanto a distribución de planta, condiciones de trabajo y salud y seguridad industrial acordes al espacio disponible y al tipo de edificio definido para las instalaciones de la planta piloto.

3.3.1. Distribución de planta

Para ejecutar la distribución de planta de una manera adecuada se definieron las áreas de trabajo óptimas para el eficiente funcionamiento de la planta piloto y por ende del servicio a prestar. Las áreas de trabajo requeridas son las siguientes:

- Área de oficina principal: en esta se ubicarán las oficinas centrales de la Sección de Gestión de la Calidad, esta ejecutará las mismas funciones que realiza actualmente; añadiendo únicamente la administración de la planta piloto, velar por el cumplimiento de las distintas normas relacionadas a las condiciones de trabajo, salud y seguridad ocupacional y todas aquellas que involucre el desarrollo óptimo de tableros. El jefe de dicha sección contará con el apoyo de un auxiliar de laboratorio, teniendo como parte de sus funciones brindar la asesoría correspondiente para la elaboración de tableros.
- Sala de proyectos: esta será destinada a todo aquel usuario investigador que haga uso del área de producción para el desarrollo e investigación de

tableros y elaboración de formulaciones. Este también funcionará como un área de espera.

- Bodega de Materia Prima: este es el espacio dirigido a almacenar temporalmente la materia prima, equipo y herramientas que se utilizaran para la ejecución del proceso de elaboración de tableros.
- Área de producción: esta será el área que ocupará más espacio físico de la planta piloto; en ella se encontrarán los equipos, herramientas y maquinarias necesarias para la elaboración de los tableros de partículas de madera y polímeros sintéticos reforzados. En ella se encontrarán las siguientes estaciones de trabajo:
 - Estación de preparación inicial: en esta se realizará la selección de materiales, inspecciones y pesado de materiales.
 - Estación de triturado: en esta se ejecutará el molido y/o triturado de los materiales; tanto para los plásticos de post consumo, como de las fibras, según se requiera.
 - Estación de lavado: para dicha estación se empleará una pila que se encuentra en el área de Prefabricados, a 20 m de la ubicación propuesta de la planta piloto, en ella se realizará el lavado manual de los residuos termoplásticos de post consumo únicamente. Si los residuos a utilizar en la fabricación del tablero son adquiridos en forma de resinas recicladas no será necesario utilizar esta estación. Es importante mencionar que esta última forma es la más empleada para la elaboración de tableros, se omite el proceso mencionado y el de triturado.

- Estación de tamizado: en esta se realizará la separación física del material por medio de un tamiz, en el que dicho material atravesará diferentes filtros hasta obtener diferentes tamaños de partículas.
- Estación de mezclado: en ella se ejecutará el proceso de mezclado manual de los materiales a emplear para la fabricación del tablero de acuerdo a la formulación previamente establecida, se formará el tablero en su fase inicial en el molde correspondiente y será trasladado hacia la estación de prensado u horneado según se requiera.
- Estación de horneado: esta emplea un horno de convección forzada para calentar el equipo utilizado en la elaboración de tableros de partículas de madera y para fundir los materiales empleados en la fabricación de los tableros de polímeros sintéticos reforzados.
- Estación de prensado: esta es la última etapa del proceso de elaboración de tableros, se emplea una prensa neumática para la aplicación de presión con una fuerza y tiempo establecido previamente en la formulación, se retira el equipo de prensado y se hace el respectivo desmolde, el tablero obtenido es enviado al área de almacenamiento.
- Área de almacenamiento: está se encuentra destinada, como su nombre lo indica, a almacenar los tableros de partículas de madera y tableros de polímeros sintéticos reforzados de manera temporal, debido a la cantidad estimada de tableros se deberá contar con el suficiente espacio para ejecutar dicha actividad de manera adecuada. Estos deberán permanecer

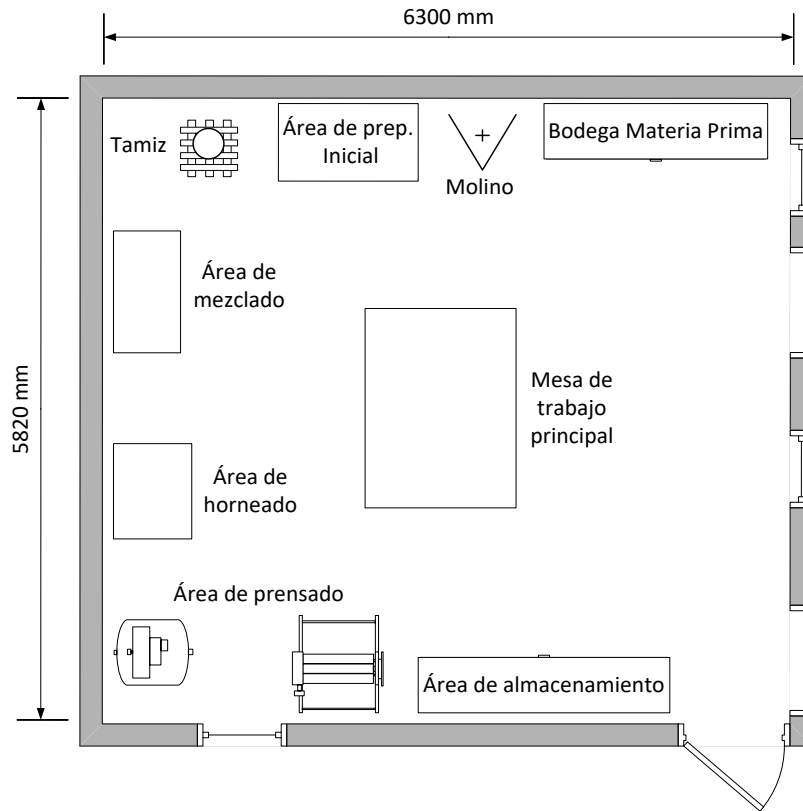
en esta área hasta la ejecución de los respectivos ensayos, si el usuario investigador desea desarrollarlos.

3.3.1.1. Estudio de distribución de maquinaria

Después de realizar el análisis y evaluación respectiva del proceso que conlleva la elaboración de tableros de partículas de madera y los tableros de polímeros sintéticos reforzados, se determinó que la distribución de acuerdo al producto sería la apropiada para su correcta y óptima fabricación; que si bien no son productos que se elaboren en grandes volúmenes, ni son productos estándar, los tableros demandan la misma secuencia de operaciones desde principio hasta el fin, y la maquinaria deberá encontrarse dispuesta en una línea continua eficiente que de cómo resultado el producto final.

La distribución de maquinaria propuesta es la siguiente:

Figura 29. **Distribución de maquinaria para elaboración de tableros**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2010.

3.3.1.2. **Distribución de áreas de trabajo**

Para determinar la distribución de las áreas de trabajo más conveniente en el espacio físico disponible de la planta piloto se consideraron ciertos factores fundamentales para que el sistema productivo sea lo más eficiente posible; entre estos se pueden mencionar el espacio requerido para el movimiento de materiales y personal, almacenamiento de materia prima y producto terminado, circulación entre operaciones y las demás áreas de trabajo involucradas directa o indirectamente en la fabricación de tableros; buscando que exista integración entre cada una de ellas y el proceso obtenido sea el adecuado para brindar un servicio integral.

Para ejecutar dicha ordenación física se empleó como referencia el método de distribución LAYOUT, utilizando como criterio de distribución los valores asignados en relación a la importancia de cercanía y proximidad de un área de trabajo con otra, tal y como se muestra a continuación:

Tabla XVIII. **Método de distribución LAYOUT**

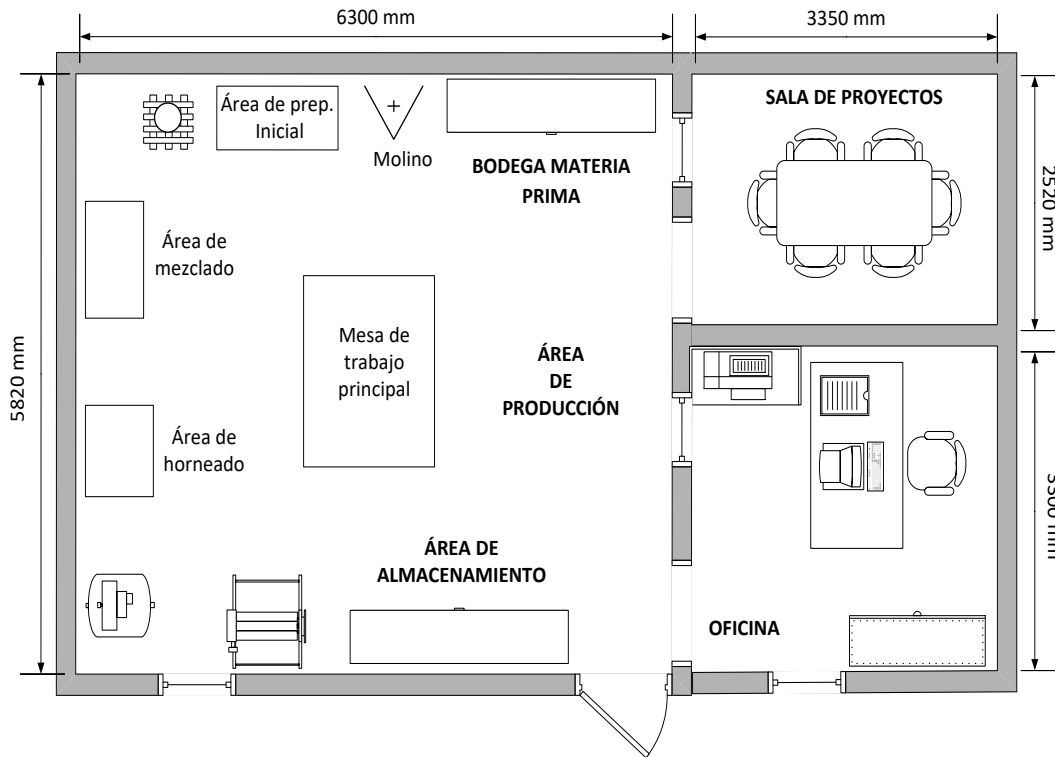
| Método LAYOUT | | |
|------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Criterio | Valor asignado | Matriz de análisis |
| Cercanía indispensable | 1 | <p>El diagrama de la matriz de análisis muestra la proximidad entre cinco áreas de trabajo:</p> <ul style="list-style-type: none"> Oficina y Sala de proyectos: 2 Sala de proyectos y Bodega de MP.: 2 Bodega de MP. y Área de producción: 2 Área de producción y Almacenamiento: 1 Oficina y Bodega de MP.: 3 Oficina y Área de producción: 2 Oficina y Almacenamiento: 3 Sala de proyectos y Área de producción: 3 Sala de proyectos y Almacenamiento: 3 Bodega de MP. y Almacenamiento: 2 |
| Cercanía deseada | 2 | |
| Cercanía no deseada | 3 | |
| No cercanía | 4 | |

Fuente: elaboración propia.

A partir de la matriz de análisis y de la evaluación de los diagramas de procesos, se realizó una distribución preliminar al trasladar la información obtenida al plano físico de la planta piloto a prueba y error, para luego finalmente establecer la mejor distribución de las áreas de trabajo, tomando en cuenta las dimensiones físicas, el espacio físico disponible, las distancias a recorrer y la relación existente entre cada una de ellas.

A continuación, se observa la mejor alternativa seleccionada para la distribución de planta:

Figura 30. **Distribución de planta piloto**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2010.

3.3.2. **Condiciones del entorno de trabajo**

A continuación, se establecen las características necesarias, requeridas y adecuadas en cuanto a las condiciones del entorno de trabajo en relación del tipo de proceso que se ejecutara en la planta piloto y a las disposiciones establecidas en el reglamento de salud y seguridad ocupacional; para brindar confort, bienestar, prevención de enfermedades laborales y accidentes a toda persona que solicite el servicio prestado y se encuentre dentro de las instalaciones para el desarrollo de tableros.

3.3.2.1. Condiciones necesarias de iluminación

La planta piloto debe contar con las condiciones adecuadas de iluminación según el tipo de actividad que se realice dentro de cada una de las áreas de trabajo perteneciente a ella, esto para garantizar la salud y seguridad del usuario investigador y del personal; en relación a lo último también se debe verificar que la fuente de iluminación no produzca deslumbramientos, sombras y/o reflexiones molestas, procurando que en cualquier punto de la planta piloto la iluminación sea uniforme y brinde el nivel de iluminación requerido.

Al visualizar los resultados obtenidos del estudio de iluminación actual en la Sección de Gestión de la Calidad (tabla V), área donde se tiene propuesto colocar las instalaciones de la planta piloto, se puede observar que la iluminación es insuficiente en todas las áreas de trabajo; y es necesario establecer las medidas correctivas correspondientes según las áreas de trabajo propuestas en la distribución de planta realizada.

Tabla XIX. Iluminación propuesta para planta piloto

| Iluminación propuesta para planta piloto | | | | |
|------------------------------------------|--------------------|---------------|-----------------------------------|--------------------|
| Área de trabajo | Nivel de exigencia | Luxes mínimas | Medidas correctivas | |
| | | | Características | Cantidad requerida |
| Oficina principal | Alta | 500-1000 | - Bombilla led - 850 lúmenes. | 2 |
| Sala de proyectos | Alta | 500-1000 | - Bombilla led - 850 lúmenes. | 2 |
| Bodega de materia prima | Media | 200-500 | - Bombilla led - 450 lúmenes. | 1 |
| Área de producción | Alta | 1500-2000 | - Bombilla led - 1500 lúmenes. | 3 |

Continuación tabla XIX.

| | | | | |
|------------------------|-------|---------|----------------------------------|---|
| Área de almacenamiento | Media | 200-500 | - Bombilla led - 450 lúmenes. | 1 |
|------------------------|-------|---------|----------------------------------|---|

Fuente: elaboración propia.

Nota: debido a que la planta piloto hará uso de iluminación natural en la medida posible, el nivel de iluminación artificial a emplear será la cantidad mínima de luxes; esto con el fin de no sobrepasar el límite máximo y tener un exceso de iluminación, siendo este último también perjudicial para la salud del usuario investigador.

3.3.2.2. Sistema de ventilación requerido

El proceso de elaboración de tableros, especialmente el secado natural de tableros de partículas de madera, requiere que el sistema de ventilación sea el adecuado; resultando ser un factor influyente en las características finales del tablero. Debido a lo anterior mencionado se debe garantizar la circulación de aire sea constante para disminuir la humedad en el interior de la planta piloto.

Para que se proporcione dicha circulación se debe verificar periódicamente que el aire del interior sea reemplazado constantemente por aire del exterior; no solo como parte importante del proceso, si no para garantizar que la calidad de aire y nivel de temperatura dentro de las instalaciones no resulte perjudicial para el proceso, usuarios investigadores y demás personal; tomando todos los aspectos anteriores como prioridad.

De acuerdo a la evaluación realizada respecto a la ventilación actual en el área propuesta, la circulación de aire es la adecuada para el tipo de operaciones y actividades que se ejecutarán dentro de la planta piloto; y se utilizarán las

ventanas exteriores ya existentes para brindar la ventilación necesaria, verificando que se encuentren abiertas y sin obstrucciones en ningún momento; en el interior de las instalaciones se colocarán dos ventanas de PVC corredizas y termo acústicas, obteniendo por medio de ellas iluminación y ventilación natural, éstas también permitirán aislar el ruido procedente del uso de la maquinaria.

3.3.2.3. Ruido

Al observar el estudio de ruido actual realizado en la Sección de Gestión de la Calidad, se visualiza que la presión sonora generada por cierta maquinaria, específicamente el molino, resulta ser mayor a los 85 dB, sobrepasando el límite permitido. Debido a esto se establecieron las medidas correctivas correspondientes, tomando en cuenta que el ruido no excede las 8 horas de ruido continuo permitidas, pero si resulta molesto para el usuario investigador; por lo que se recomienda emplear el equipo de protección personal correspondiente (tapones para oídos), aislar la maquinaria y separarla de las paredes al menos un metro.

3.3.2.4. Tipo de piso

El piso de la planta piloto ideal para el tipo de actividades que se realizarán dentro de ella es el siguiente:

- En área de producción, bodega de materia prima y área de almacenamiento, el piso debe ser de cemento rústico, y es obtenido mediante la mezcla de cemento, arena, pedrín y agua. Este es el material más utilizado en fundiciones de pisos industriales, permite mantener una mejor limpieza en el área y soporta las cargas altas de la maquinaria;

además que, si se observa desde el punto de vista de seguridad industrial, las características de este tipo de piso (resistente y antideslizante) permiten disminuir el riesgo de accidentes. Debido a que actualmente el piso se encuentra en buen estado y solo se tendría que modificar las superficies en donde las paredes sean demolidas, podrá ser utilizado para dichas áreas de trabajo, y el piso actual cumple con los requerimientos necesarios para los ambientes de trabajo anteriormente mencionados.

- Para área de oficinas y sala de proyectos, el piso sobrepuesto es una de las opciones a emplear para utilizar en estas dos áreas. Esta es una imitación de pisos colocada sobre cemento y generalmente es muy utilizada por el aporte decorativo que estos brindan y por su rápida instalación. Debido a que el piso propuesto se encuentra actualmente en una de las áreas requeridas y se encuentra en buen estado, el área a cubrir únicamente con el piso sobrepuesto es de 9,2 m².

Debe priorizarse que el piso debe estar al mismo nivel en todas las áreas de la planta piloto, para evitar accidentes.

3.3.2.5. Tipo de techo

Debido a que la infraestructura de la planta piloto es de un edificio de segunda categoría, el tipo de techo a utilizar es de un agua inclinado con una estructura de madera y una cubierta de lámina de aluminio/galvanizado; tal y como el techo con el que las instalaciones cuentan actualmente. Este tipo de láminas es muy utilizado en techos de naves industriales debido a su fácil instalación, peso ligero y su precio.

El techo actual cumple con los requerimientos propuestos, se encuentra en buen estado y cumple con los aspectos relacionados a la protección y bienestar en cuanto a condiciones ergonómicas, se propone emplearlo como techo de la planta piloto, obteniendo un beneficio fundamental al reducir costos de inversión inicial. La cantidad de láminas transparentes a emplear para proporcionar iluminación natural serán las ya existentes, estas serán colocadas únicamente en el área de producción, porque al ser un lugar reducido es muy propenso a encerrar el calor y aumentar la temperatura.

Para prolongar la vida útil de las láminas se empleará pintura impermeabilizante y termoaislante, esto con el objetivo de disminuir la probabilidad de filtración de humedad y transferencia de calor dentro de las instalaciones, lo cual es recomendable para la producción de tableros. El área a cubrir con dicha pintura es de 62,26 m².

El costo a invertir en techo será aquel que se encuentre relacionado a la reubicación de láminas y la pintura impermeabilizante y termoaislante.

3.3.2.6. Descripción de paredes

Debido al tipo de edificio propuesto (segunda categoría), tipo de proceso y actividades que se ejecutarán dentro de la planta piloto, se emplearán muros de mampostería con bloques de concreto en el exterior y paredes prefabricadas para el interior de la misma, estas últimas requieren de fácil instalación y bajo costo. Las paredes se pintarán con pintura de color blanco para favorecer la iluminación y como parte decorativa, empleando pintura de excelente duración y alta calidad para prolongar su tiempo de vida. El área a cubrir de pintura es de 135,81 m².

Las paredes exteriores actuales del área propuesta cumplen con las medidas propuestas, pero deberán ser incrementadas en su altura para obtener los tres metros de altura requeridos por la legislación nacional correspondiente; además se deberán realizar las modificaciones en las paredes interiores de la planta piloto al demoler las paredes seleccionadas y colocar las paredes propuestas.

3.3.3. Salud y Seguridad Industrial

Debido a que la mayoría de operaciones que se ejecutaran en la planta piloto son manuales, inclusive al utilizar la maquinaria, es requerido y primordial contar con los parámetros de salud y seguridad en el área para evitar accidentes y acontecimientos no deseados. Para establecer dichas medidas se contempló la distribución de planta propuesta, tipo de proceso y actividades a ejecutar; todas con base en las normas y reglamentos correspondientes. Estos aspectos se describen a continuación:

3.3.3.1. Carga de ocupación máxima

La carga de ocupación máxima (CO) de la planta piloto permite conocer el número de personas que como máximo pueden estar dentro de sus instalaciones, sin tener el riesgo de que suceda un accidente por sobrecargar el área; y la CO correspondiente a cada una de las áreas de trabajo de la planta piloto es la siguiente:

Tabla XX. **Carga de ocupación para la planta piloto**

| Carga de ocupación máxima | | | | |
|----------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Área de trabajo | Espacio físico propuesto (m²) | Lugar de trabajo según Norma NRD2 | Factor de ocupación máxima según Norma NRD2 | Carga de ocupación máxima resultante |
| Área de producción | 36,67 | Taller mecánico | 27,9 | 2 personas |
| Sala de proyectos | 8,44 | Sala para reuniones | 1,39 | 6 personas |
| Oficina | 11,06 | Oficinas | 9,3 | 2 personas |
| Total | | | | 10 personas |

Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la tabla XX la Carga de Ocupación máxima para la planta piloto es de 10 personas, se debe verificar constantemente que dicha cantidad no sea excedida; porque su fin primordial es garantizar la seguridad de todo usuario.

3.3.3.2. Señalización industrial

La señalización a emplear dentro de la planta piloto deberá incluir indicaciones relacionadas al tipo de operaciones y actividades que se ejecutarán dentro de ella, además de todas aquellas que usualmente son utilizadas en cualquier institución; y para establecer dichas medidas se tomó en cuenta el diseño de las instalaciones y las componentes obligatorias mínimas para formar una señal; color, forma geométrica y símbolo.


Dicha señalización debe estar ubicada en el lugar donde se requiere específicamente la acción, con un área no mayor a 125 cm² para que pueda ser visualizado fácilmente por el usuario investigador y todo personal externo o interno a la planta piloto.

La señalización industrial correspondiente a la planta piloto es la siguiente:

Tabla XXI. **Señalización industrial propuesta**

| Señalización industrial propuesta | | | |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------|
| Tipo de señalización | Señal | Significado | Ubicación |
| Señales de prohibición |  | Prohibido correr | Se colocará en la entrada del área de producción. |
| |  | Prohibido ingresar alimentos. | Se colocará en la entrada del área de producción. |
| Señales contra incendios |  | Extintor contra Incendios. | Se colocarán en la ubicación exacta del extintor. |

Continuación tabla XXI.

| | | | |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Señales de obligación |  | Uso obligatorio de protección auditiva. | Se colocará en área de triturado. |
| |  | Uso obligatorio de botas de seguridad. | Se colocará en entrada al área de producción. |
| |  | Uso obligatorio de guantes. | Se colocará en área de preparación inicial y mezclado. |
| |  | Uso obligatorio de lentes protectores. | Se colocará en área de triturado, preparación inicial mezclado. |
| |  | Uso obligatorio de protección facial. | Se colocará en área de horneado. |
| |  | Uso obligatorio de mascarilla (tapabocas). | Se colocará en área de preparación inicial y mezclado. |
| |  | Uso obligatorio de malla para el cabello. | Se colocará en área de triturado. |

Continuación tabla XXI.

| | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Señales de evacuación y seguridad |  | Ruta de evacuación. | Se colocará en sala de proyectos, oficina y área de producción. |
| |  | Salidas de emergencia. | Se colocará en la salida de emergencia. |

Fuente: elaboración propia.

Nota: la señalización establecida debe estar colocada en el área donde inicia la acción requerida, con una separación entre ellas de 3 m y a una altura de 2 m a nivel del suelo.

Como parte fundamental de la señalización se incluye aquella colocada en el piso industrial, esta consiste en pintar franjas de color amarillo con un ancho de 10 cm alrededor de cada una de las máquinas y mesas de trabajo, con el objetivo de que el usuario investigador identifique el espacio en donde pueda transitar libremente, tomando en cuenta las partes móviles de la maquinaria. La pintura a emplear para realizar dicha señalización deberá ser de látex con un acabado mate, resistente a la abrasión y al tráfico peatonal. El área a cubrir con dicha pintura es de 3,75 m².

3.3.3.3. Equipo de protección personal

El equipo de protección personal a utilizar depende directamente del análisis de riesgos anteriormente realizado y del tipo de necesidades que el

emplear la maquinaria para la elaboración de tableros involucre, porque los riesgos varían de acuerdo al tipo de operaciones a realizar en cada una de ellas. Se debe verificar constantemente que toda persona que se encuentre dentro del área de producción adopte obligatoriamente las medidas de seguridad propuestas; con el fin de proteger su vida, integridad y salud física y mental.

Debido a que la planta piloto tiene como finalidad el prestar un servicio, se tiene la obligación de suministrar el equipo de protección personal correspondiente al personal que labore en dicha planta, es decir, al jefe y auxiliar de laboratorio, y deberá considerarse al momento de establecer el costo de inversión de la planta piloto.

El equipo de protección a utilizar por todo aquel usuario investigador y demás personal que se vea involucrado en la fabricación de tableros es el siguiente:

Tabla XXII. **Equipo de protección personal requerido**

| Equipo de protección personal | | | | | |
|--------------------------------------|-------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------|
| Proceso | | Actividad (es) | Equipo de Protección Personal (EPP) | Características | Cantidad requerida |
| TPM | TPSR | | | | |
| x | x | - Área de triturado. | Redecilla | -Ajustado -Fácil limpieza. | 2 |
| | x | -Horneado | Pantalla de protección facial | -Pantalla abatible. -Material aislante. | 3 |
| x | x | - Selección de materiales. - Preparación de tablero. | Mascarilla | -Desechable. | 50 |

Continuación tabla XXII.

| | | | | | |
|---|---|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| X | x | -Área de triturado. -Área de preparación inicial. -Área de mezclado. | Gafas de seguridad | - Con anteojeras - Lente sin defectos - Lente resistente. -Fácil limpieza. | 2 |
| X | x | - Trituración de materiales. | Protector auditivo | -Triple barrera -Con cordón -Reducción de ruido de 25 dB. -Lavable. | 2 |
| X | x | -Uso continuo durante la elaboración de tableros. | Calzado de seguridad | -Suela antideslizante. -Punta de acero. | 2 |
| X | x | - Selección de materiales. - Manipulación de equipo. | Guantes con protección al corte | -Material: Polietileno -Palma con nitrilo espumado. | 3 |
| X | x | -Mezclado de materiales. -Preparación de tablero. | Guantes desechables | -Látex | 50 |
| | x | - Horneado | Guantes de calor | -Cuero -Resistencia a altas temperaturas (mínimo de 250°C). | 3 |

TPM: Tableros de partículas de madera, TPSR. Tableros de polímeros sintéticos reforzados.

Fuente: elaboración propia.

3.3.3.4. Salidas de emergencia requeridas

La cantidad de salidas de emergencia requeridas para la planta piloto se encuentra relacionada con la carga de ocupación máxima resultante, como está

es menor a cincuenta personas únicamente se necesita hacer uso de una salida de emergencia. Debido al espacio reducido y lo anterior mencionado se empleará como salida de emergencia la puerta de salida; porque su ubicación y sus características hacen que pueda utilizarse como tal, además de que permite que todas las personas que se encuentran en las áreas de trabajo de la planta piloto puedan desalojar el inmueble de forma inmediata en caso de alguna emergencia o acontecimiento inesperado.

Debido a que la puerta de salida tendrá también como función ser una salida de emergencia, esta deberá ser una puerta abatible, es decir, que pueda ser abierta hacia el exterior con dirección del flujo de salida; con un ancho de 0,90 metros y una altura de 2,03 metros, priorizando que no se encuentre obstruida en ningún momento en caso de que se presente alguna emergencia.

3.3.3.5. Botiquín de primeros auxilios

Para establecer el contenido del botiquín para la planta piloto, se requirió de la información relacionada a la carga de ocupación máxima, del contenido mínimo de botiquín establecido en el Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional y de los registros de accidentes ocasionados por la elaboración actual de tableros. Debido a que este último permite que lo establecido en dicho reglamento pueda ser modificado, se agregó los medicamentos necesarios para ser utilizados en caso de accidentes relacionados a quemaduras y cortaduras por el uso del equipo y maquinaria.

El botiquín de primeros auxilios deberá contener lo siguiente:

Tabla XXIII. **Botiquín de primeros auxilios**

| Contenido de botiquín de primeros auxilios | |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Insumo | Cantidad (5 a 10 trabajadores) |
| Botiquín portátil | 1 |
| Botella de agua oxigenada | 1 de 250 cc |
| Botella de alcohol | 1 de 250 cc |
| Paquete de algodón | 1 de 50 g |
| Sobre de gasas estériles | 20 de 20x20 cm |
| Vendas de gasa de 2 pulgadas (5x5 cm) | 2 |
| Vendas de gasa de 4 pulgadas (5x5 cm) | 2 |
| Vendas elásticas de 2 pulgadas | 2 |
| Vendas elásticas de 4 pulgadas | 2 |
| Tablillas para inmovilizar miembros superiores. | 2 |
| Gasas impregnadas de petrolato (vaselina) | 10 |
| Caja de curitas | 1 de 20 ud |
| Micropore | 1 de 2,5 cm 1 de 1,5 cm |
| Tijera de 11 cm de cirugía | 1 |
| Pinza de 11 cm de disección | 1 |
| Suero fisiológico 5 ml. | 18 |
| Pares de guantes látex | 2 |
| Parches oculares | 2 |
| Triángulos de vendaje provisional | 5 |
| Sueros orales (sobres) | 4 |
| Crema para quemaduras | 1 |
| Bolsas de plástico, color rojo | Para eliminar material de primeros auxilios o contaminado. |

Fuente: Departamento de Salud y Seguridad Ocupacional. *Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional. Acuerdo Gubernativo 33-2016. pp.52-53.*

3.3.3.6. Equipo contra incendio

La planta piloto adoptara las medidas de prevención adecuadas contra incendios adquiriendo el equipo básico correspondiente, en lo que concierne a extintores. En el área de producción y oficinas se utilizará un extintor de Polvo Químico Seco (PQS) debido a que se utilizan combustibles sólidos (madera y plásticos) y distintos tipos de maquinaria (equipos energizados), por ello se adquirirá únicamente una unidad.

3.4. Diseño de estaciones de trabajo

Para realizar el diseño de las áreas de trabajo mencionadas a continuación, se tomaron en cuenta aspectos relacionados al proceso, espacio físico disponible y distribución propuesta. Todas las operaciones ejecutadas para la elaboración de tableros de partículas de madera y tableros de polímeros sintéticos reforzados son realizadas de pie, de modo que se determinó la manera de minimizar el sobreesfuerzo que solían emplear los trabajadores e investigadores al desarrollar y fabricar dichos tableros, con el manejo de materiales y materia prima adecuado.

3.4.1. Manejo de materiales

La elaboración de tableros requiere un manejo adecuado de materiales para reducir movimientos, recorridos y tiempos, por lo que es necesario que las áreas de trabajo sean continuas unas con otras, desde el inicio del proceso en bodega materia prima hasta el final, en bodega de almacenamiento.

El proceso de fabricación de tableros será manual, la manipulación de cargas; tanto de materiales como del equipo, no sobrepasan los límites de peso establecidos en la legislación nacional y la secuencia del proceso propuesta

permite reducir transportes, tiempo y movimientos, disminuir la fatiga y sobreesfuerzo del trabajador o personal investigador.

Para realizar la manipulación de cargas manual se deberán tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Colocarse cerca del equipo o carga, con los pies separados y el pie derecho adelante con el fin de mantener el equilibrio.
- Si se debe agachar para tomar el equipo, mantener la espalda recta y barbilla hacia adentro, luego tomarla con la mano completa, no solo utilizando los dedos.
- Levantar el equipo acercándolo al cuerpo, utilizando la fuerza de las piernas, el tronco recto, brazos flexionados y los codos deben mantenerse flexionados.
- Debe ser sostenida con la fuerza de los brazos y siempre cerca del cuerpo.
- La elevación y descenso del equipo debe ejecutarse lentamente, evitando realizar movimientos bruscos.

Además, para mejorar el funcionamiento de la planta piloto, materiales y tableros que se encuentren en el área bodega de materia prima y almacenamiento respectivamente deberán ser retirados en la menor cantidad de tiempo posible, con el fin de que exista espacio disponible y se pueda brindar el servicio a más personas.

3.4.2. Materia prima

La materia prima implica todos materiales que están involucrados en el proceso de elaboración de tableros de partículas de madera y tableros de polímeros sintéticos reforzados, estos serán almacenados temporalmente en la bodega de materia prima durante el tiempo requerido para la fabricación de dichos tableros y posteriormente retirados, esto con el fin de mantener un área ordenada y sin obstáculos en el área dispuesta a la ejecución del proceso, garantizando el libre desplazamiento.

El lugar de almacenamiento, tanto para la materia prima como para producto terminado, debe ser una estantería con base firme sujeta al suelo y a la pared, limpia y ordenada; además debe encontrarse seco y sin filtraciones, espaciados de 45 cm entre compartimientos con una capacidad de carga de aproximadamente 800 kg por nivel.

Es importante que las estanterías posean un espacio entre el suelo y el primer compartimiento, para favorecer la ventilación y limpieza. La altura de cada estantería deberá ser de 1,75 cm como máximo, de manera que le permita al personal y usuario investigador tomar los materiales respectivos sin ningún problema.

3.5. Propuesta de prototipo de tableros

Actualmente en el Centro de Investigaciones de Ingeniería se han desarrollado distintos trabajos de graduación, trabajos de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) e informes de prácticas finales, por estudiantes de diferentes carreras de la Facultad de Ingeniería y de centros regionales en busca de proyectos de investigación, relacionados al uso de múltiples materiales para crear

un subproducto que pueda ser empleado en las distintas áreas de la ingeniería como productos sustitutos. Los siguientes proyectos presentados a continuación son algunos de los trabajos de graduación ejecutados por estudiantes de las carreras de Ingeniería Química e Ingeniería Civil en el CII, en dichos trabajos se elaboraron tableros con distintos tipos de residuos y su funcionalidad fue comprobada al realizar los ensayos respectivos; es por ello que se emplearon como prototipo de tableros para analizar, hacer y mejorar el proceso ejecutado para su elaboración

- Evaluación de la elaboración de tableros de partículas del aserrío de la madera de palo blanco (*Cybastax donell-smithi* (Rose) Seibert) de los primeros raleos utilizando diferentes tipos de aglomerantes.
 - Elaborado por: Silda Verónica González Gudiel
 - Carrera: Ingeniería Química
 - Asesorado por: Inga. Telma Maricela Cano Morales

- Implementación de material sintético polipropileno y residuo agroindustrial cachaza de caña en prototipo de material de construcción para uso en techos inclinados.
 - Elaborado por: Sedwin Aroldo Ramos Lemus
 - Carrera: Ingeniería Civil
 - Asesorado por: Ing. Mario Rodolfo Corzo Ávila

3.5.1. Tableros de partículas de madera

Para establecer y determinar la elaboración óptima de los tableros de partículas de madera, especificaciones de producto adecuadas al tipo de

maquinaria y capacidad de la planta piloto y diseño del proceso, se tomó como referencia y punto de partida el análisis de los diagramas de procesos actuales y el trabajo de campo realizado al elaborar el muestreo del prototipo de tablero correspondiente (apéndice 1), para determinar un método de trabajo mejorado y estandarizado para la fabricación de dichos tableros.

3.5.1.1. Especificación de producto

A continuación, se detalla las especificaciones técnicas y requerimientos necesarios para la elaboración de los tableros de partículas de madera de forma eficiente, estableciendo cada uno de ellos de acuerdo al equipo, maquinaria e instalaciones de la planta piloto. Para obtener un tablero con las características deseadas, se recomienda lo siguiente:

- Características de la materia prima
 - Residuos de madera en forma de aserrín, rizos, astillas y virutas.
 - Porcentaje de humedad recomendada: entre 3 % y 8 %.

- Dimensiones
 - Tamaño estándar: 1 ft x 1 ft.
 - Espesor: 0 – 3 cm (dato varía de acuerdo a peso total de materiales).

- Peso estándar: variable (formulación).
- Adhesivos: naturales y/o sintéticos.
- Presión aplicada: variable (a criterio del usuario investigador, aproximadamente 10 toneladas).

- Temperatura de horneado: aproximadamente 200 °C por 30 minutos.
- Agente desmoldante: se recomienda emplear papel aluminio.
- Condiciones de trabajo
 - Temperatura ambiente: 20 ± 3 °C.
 - Porcentaje de humedad: 65 ± 1 %.
- Pruebas propuestas: según las normas ASTM algunos de los ensayos a realizar para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los tableros son los siguientes (tomar en cuenta que estos varían según el uso y propósito del tablero a elaborar, además de los criterios establecidos por el investigador).
 - Ensayo de resistencia a la flexión
 - Ensayo de humedad
 - Ensayo de absorción de agua
 - Ensayo de contracción volumétrica y densidad
 - Ensayo de dureza
 - Ensayo de impacto
 - Ensayo de temperatura
 - Ensayo acústico

3.5.1.2. Diseño del proceso

Con base en el análisis ejecutado al proceso actual para la elaboración de tableros de partículas de madera se propone un método de trabajo mejorado en diferentes ámbitos; uno de los principales cambios ejecutados en dicho proceso es la modificación del método de secado mediante el empleo de presión con calor utilizando el equipo y maquinaria existente actualmente, influyendo

considerablemente en el tiempo y en las características físicas y mecánicas de los tableros en relación al módulo de ruptura, módulo de dureza, densidad, contenido de humedad, % absorción de agua y % contracción volumétrica (dichas características se pueden apreciar en apéndices del 1 al 13); así mismo se incluyó el proceso de tamizado, ya que por medio de este último se obtiene un tablero más uniforme y una composición específica para cada una de las formulaciones, además de mejorar sus características; las operaciones e inspecciones se simplificaron al combinarlas y las distancias se disminuyeron cuantiosamente; esto con el fin de obtener un proceso estandarizado y de fácil aplicación por los usuarios investigadores. Este proceso se describe a continuación:

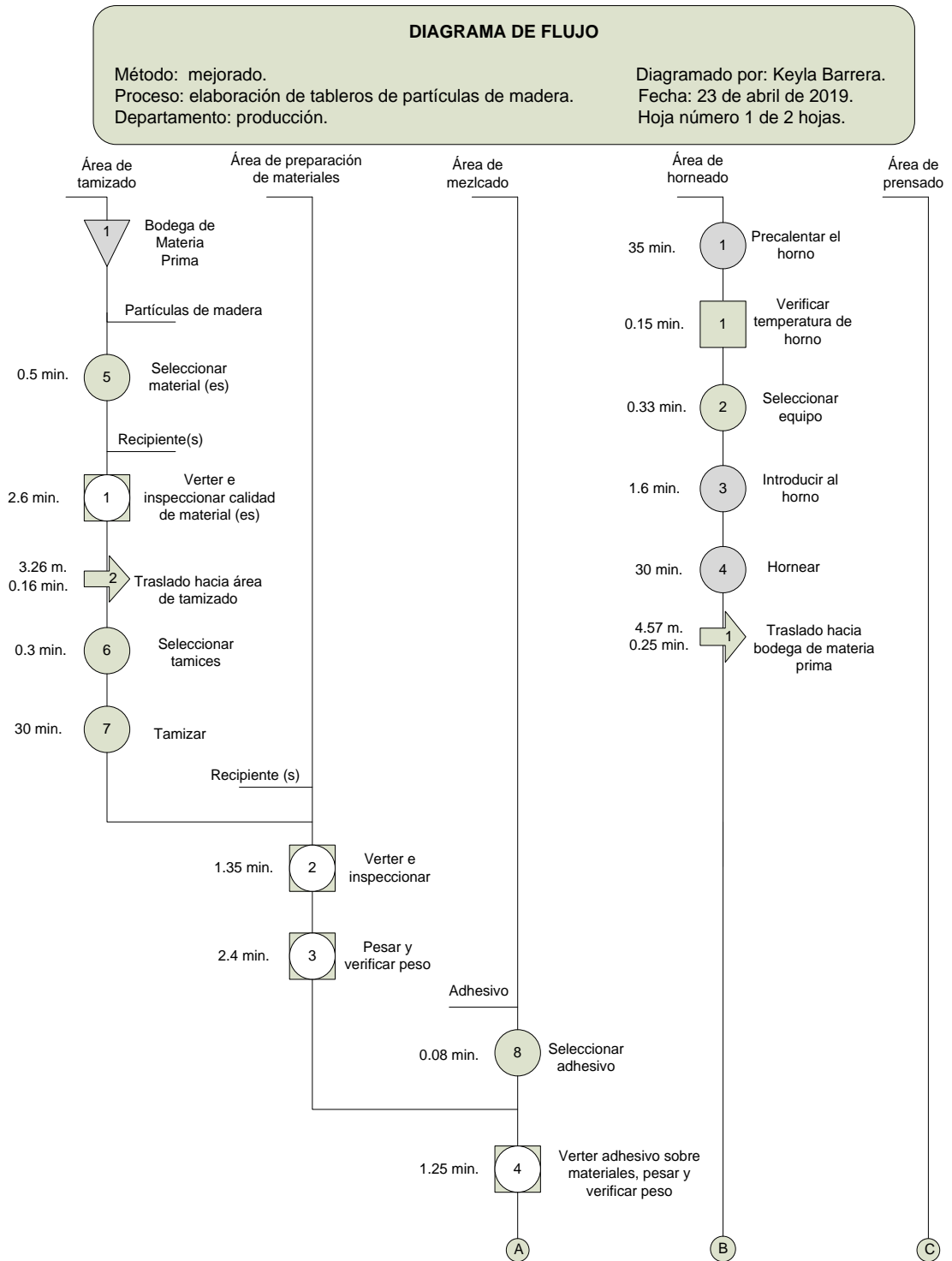
- Precalentar el horno por aproximadamente 35 minutos o hasta alcanzar una temperatura de 200 °C (durante el proceso de precalentamiento y horneado se deberá continuar con la elaboración del tablero).
- Verificar si el horno posee la temperatura deseada, si este es el requerido continuar con el siguiente paso.
- Seleccionar equipo de trabajo principal e introducir en el horno.
 - Molde de aglomerados.
 - Plancha inferior de 35,5 cm x 35,5 cm.
 - Plancha con agarraderas para prensar.
- Hornear el equipo de trabajo principal del paso anterior durante 30 minutos.
- Seleccionar los materiales (residuos) a utilizar para la fabricación de tableros (de acuerdo a la formulación establecida), verterlos en recipientes e inspeccionar para evaluar la calidad de los materiales.

- Tomar el material previamente seleccionado y ejecutar el proceso de tamizado respectivo, para lo cual se deberá seleccionar los tamices deseados.
- Tomar la cantidad necesaria de recipientes y verter el material tamizado e inspeccionar.
- Pesar el material previamente inspeccionado y verificar que se adecue al peso requerido en la formulación del tablero.
- Seleccionar adhesivo a emplear y verter sobre materiales, pesar y verificar peso.
- Mezclar materiales de acuerdo a formulación y verificar que está sea homogénea.
- Tomar papel aluminio y realizar los siguientes cortes:
 - Papel aluminio inferior: 15,5 in X 15,5 in.
 - Papel aluminio superior: 1 ft x 1 ft.
- Verificar si el tiempo de horneado es el requerido en referencia a la formulación (aproximadamente 30 minutos), si lo es, continuar con el siguiente paso.
- Retirar el equipo introducido en el horno, tomar el papel aluminio cortado, tomar las prensas de hierro modular, dirigirse al área de prensado y colocar en el siguiente orden (equipo inicial).
 - Colocar plancha inferior de 35,5 cm x 35,5 cm.
 - Colocar papel aluminio inferior.
 - Colocar molde de aglomerados.
 - Tomar 8 prensas de hierro modular y colocar dos en cada en lado para sujetar el equipo.

- Verter mezcla en molde y formar el colchón para la fabricación del tablero según formulación.
- Verificar que el colchón formado sea uniforme.
- Preparar el equipo final para realizar prensado de materiales.
 - Colocar sobre el colchón formado el papel aluminio superior.
 - Tomar plancha de acero con agarraderas colocada en el horno anteriormente y colocar sobre papel aluminio.
 - Colocar cilindro para prensar y centrar todo el equipo.
- Verificar que el equipo completo colocado sobre la prensa hidráulica se encuentre centrado.
- Aplicar presión y observar lectura del manómetro de prensa hidráulica para verificar si se está ejerciendo la fuerza deseada.
- Esperar 15 minutos y retirar presión.
- Dejar secar el tablero por aproximadamente un día (secado preliminar).
- Retirar equipo y desmoldar el tablero.
- Tomar el tablero y acondicionar uno sobre otro para dejarlo secar completamente durante aproximadamente tres días (secado final).

Para mostrar el diseño del proceso propuesto se utilizará el diagrama de flujo, debido a que este es más detallado en relación a los demás tipos de diagramas, lo cual lo hace especialmente útil para poner en manifiesto el método mejorado en el proceso de elaboración de tableros de partículas de madera en relación a las operaciones, inspecciones, transportes y/o demoras; tal y como se muestra a continuación:

Figura 31. **Diseño del proceso / tableros de partículas de madera**

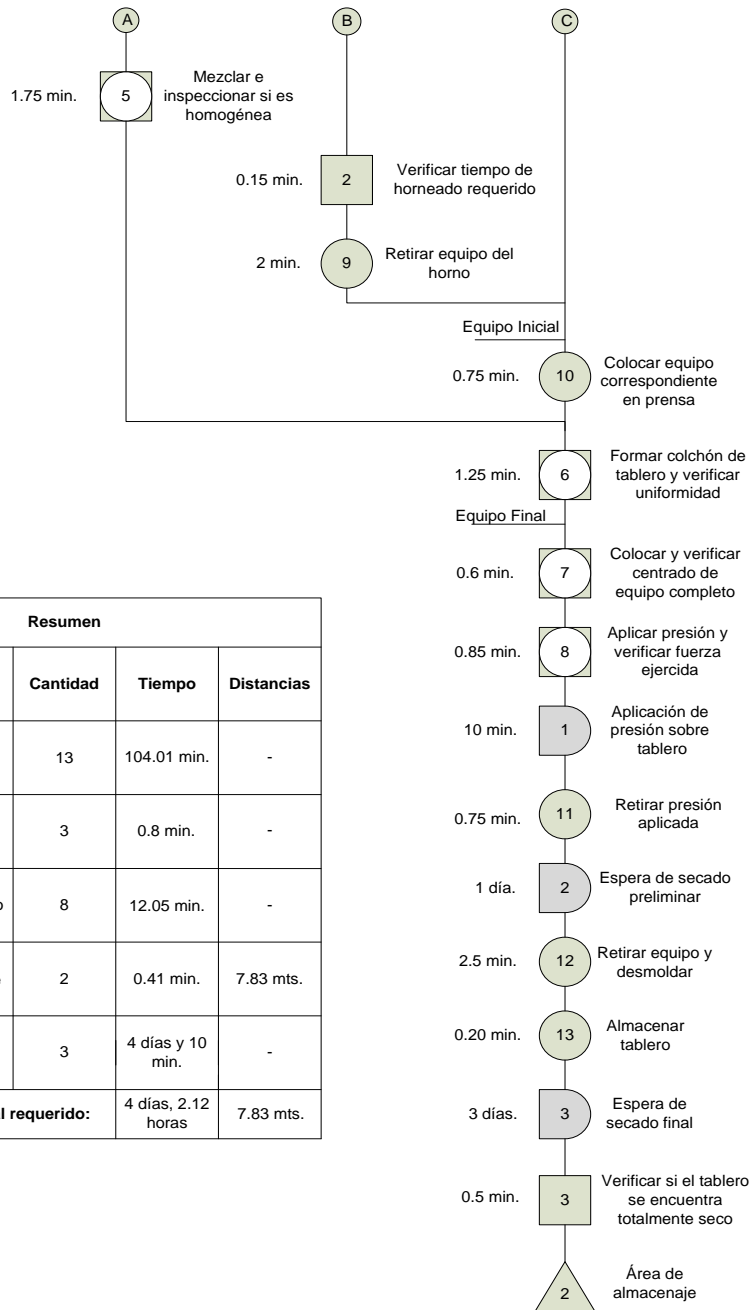


Continuación figura 31.

DIAGRAMA DE FLUJO

Método: mejorado.
 Proceso: elaboración de tableros de partículas de madera.
 Departamento: producción.

Diagramado por: Keyla Barrera.
 Fecha: 23 de abril de 2019.
 Hoja número 1 de 2 hojas.



| Resumen | | | | |
|-------------------------|------------|----------|--------------------|------------|
| | Actividad | Cantidad | Tiempo | Distancias |
| | Operación | 13 | 104.01 min. | - |
| | Inspección | 3 | 0.8 min. | - |
| | Combinado | 8 | 12.05 min. | - |
| | Transporte | 2 | 0.41 min. | 7.83 mts. |
| | Espera | 3 | 4 días y 10 min. | - |
| Total requerido: | | | 4 días, 2.12 horas | 7.83 mts. |

Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2010.

El tiempo necesario para llevar a cabo la elaboración de un tablero de partículas de madera es de 4 días y 2,12 horas, dicho tiempo es el requerido para obtener el producto terminado con el respectivo secado.

3.5.2. Tableros de polímeros sintéticos reforzados

Las especificaciones exactas y el diseño del proceso adecuado son factores fundamentales involucradas en la fabricación de tableros de polímeros sintéticos reforzados para elaborarlos de una manera eficiente, para ello se empleó la práctica al realizar el muestreo del prototipo de tablero correspondiente (Apéndice 14) y los distintos diagramas de procesos actuales para realizar la evaluación y establecer las mejoras al método de trabajo.

3.5.2.1. Especificación de producto

A continuación, se detalla las especificaciones técnicas y requerimientos necesarios para la elaboración de los tableros de polímeros sintéticos reforzados de acuerdo al proceso propuesto, maquinaria disponible y capacidad de la planta piloto.

- Características de la materia prima
 - Plásticos
 - Residuos de polímeros sintéticos termoplásticos con bajo calor específico en forma de resinas u hojuelas recicladas.
 - Materiales reforzantes
 - Residuos agroindustriales en forma de fibras.
 - Porcentaje de humedad: entre 3 % y 8 %.

- Dimensiones
 - Tamaño estándar: 1 ft x 1 ft.
 - Espesor: 0 – 3 cm (dato varía de acuerdo a peso total de materiales).

- Peso estándar: variable (formulación).
- Temperatura de horneado: variable (depende del tipo de polímero y material reforzante a utilizar).
- Presión aplicada: variable (a criterio del usuario investigador, aproximadamente 10 toneladas).
- Agente desmoldante: variable (generalmente se utiliza estearato de zinc)
- Condiciones de trabajo.
 - Temperatura ambiente: $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$.
 - % Humedad: $50 \pm 5 \%$.

- Método de trabajo empleado: termoformado.
- Pruebas propuestas: los ensayos presentados a continuación son tomados en referencia a las normas ASTM (estos varían de acuerdo al tipo de uso que se le dará al tablero y de los criterios establecidos por el investigador).
 - Ensayo de resistencia a la flexión.
 - Ensayo de humedad.
 - Ensayo de absorción de agua.
 - Ensayo de contracción volumétrica y densidad.
 - Ensayo de dureza.
 - Ensayo de impacto.

- Ensayo de temperatura.
- Ensayo acústico.

3.5.2.2. Diseño del proceso

Al analizar el método de trabajo actual para la elaboración de tableros de polímeros sintéticos reforzados por medio del trabajo de campo y por el análisis de los diagramas de procesos, se determinó que dicho método es adecuado para la fabricación óptima de los tableros; además se pretende estandarizar el proceso al establecer las áreas requeridas con el objetivo de obtener un tablero con mejores características; para ello se añadirá el proceso de molido o triturado, siendo estos empleados de acuerdo al tipo de materia prima utilizada por cada uno de los usuarios investigadores; y el proceso de tamizado, que será empleado para unificar el tamaño de partícula del material reforzante. Además, se incluye mejoras respecto a la simplificación del método de trabajo al combinar operaciones e inspecciones, reducción de distancias recorridas y por ende una disminución de tiempo, todas ellas obtenidas por medio de la distribución de maquinaria propuesta.

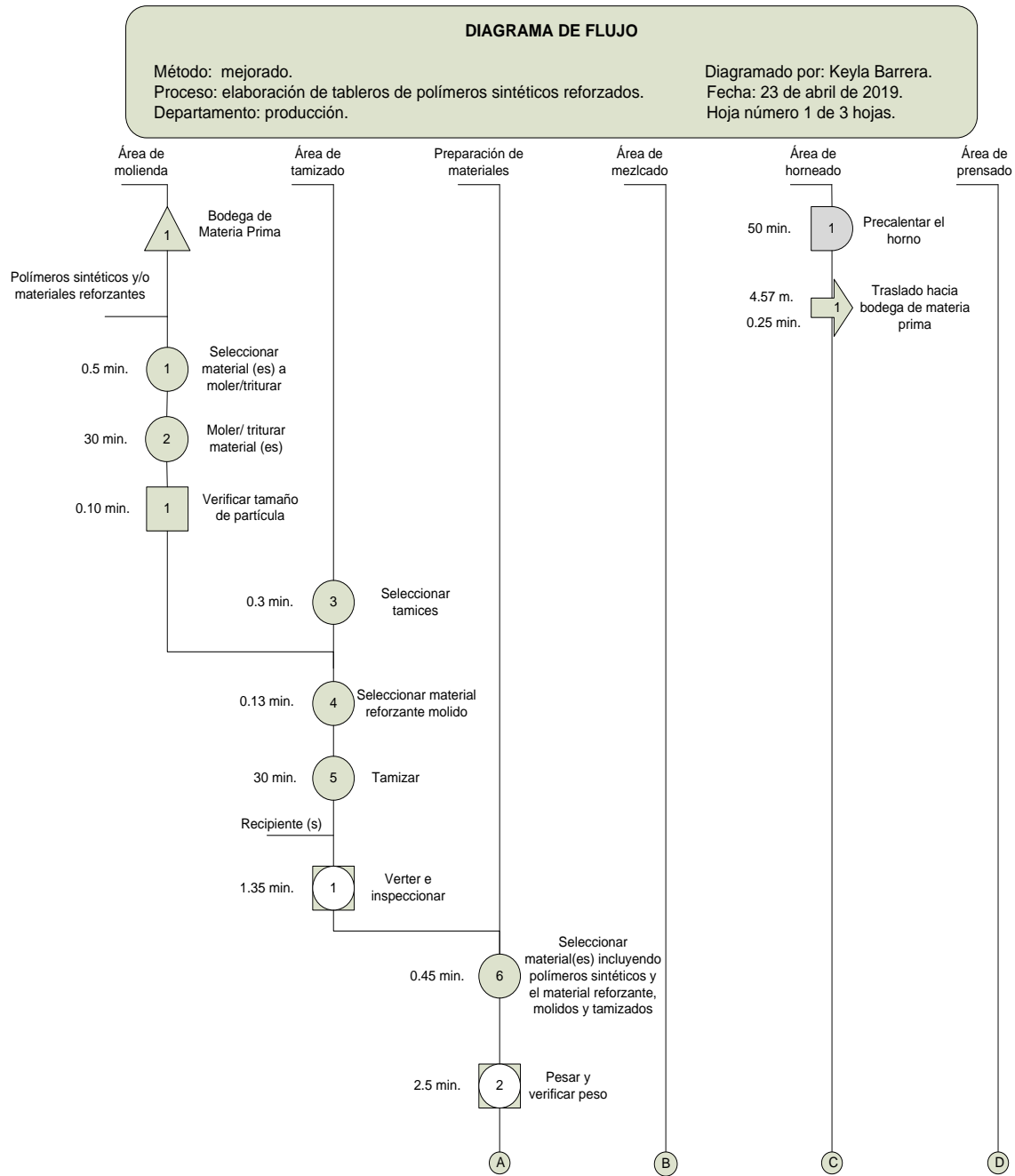
El proceso mejorado para la ejecución y elaboración de los tableros de polímeros sintéticos reforzados es el siguiente:

- Como primer paso se deberá realizar el precalentamiento del horno, este consiste en encender el horno y debido al tiempo que este requiere para llegar a una temperatura de 250 °C, se incluye una espera de aproximadamente de 50 minutos en los que se deberán realizar actividades simultáneas relacionadas a la ejecución de tableros.

- Dirigirse hacia la bodega de materia prima y seleccionar los materiales (polímeros sintéticos y material reforzante) a moler/triturar (si estos lo requieren).
- Moler o triturar los materiales y luego verificar si el tamaño de partícula obtenido por medio de la operación anterior es el requerido.
- Tamizar el material reforzante utilizando la cantidad de tamices requerido de acuerdo a la formulación.
- Tomar los recipientes necesarios, colocar los materiales (polímeros sintéticos y material reforzante con los procesos anteriores ya ejecutados) dentro de estos, pesar los materiales y verificar que el peso obtenido se adecue a la formulación.
- Mezclar los materiales de acuerdo a formulación del tablero y verificar que sea homogénea.
- Seleccionar el equipo inicial correspondiente y formar del colchón del tablero siguiendo los siguientes pasos:
 - Tomar molde principal
 - Colocar dentro de este el contra-molde
 - Colocar 4 sujetadores en los extremos
 - Tomar el agente desmoldante y de acuerdo a su naturaleza colocar dentro del contra-molde de una manera homogénea.
 - Preparar colchón de tablero de acuerdo a formulación, verificando que cada una de las capas sea uniforme.
 - Tomar agente desmoldante y colocar sobre colchón de tablero de manera homogénea.
 - Colocar plancha superior delgada.
- Verificar si la temperatura del horno es la requerida en la formulación, si lo es continuar con el siguiente paso.

- Introducir el equipo contenedor del tablero preliminar dentro del horno y hornear durante el tiempo establecido en la formulación.
- Verificar el tiempo que el tablero preliminar permanece en el horno, si este es el requerido continuar con el siguiente paso.
- Colocar en prensa una plancha inferior de 35,5 cm x 35.5 cm (forma parte del equipo final).
- Retirar del horno el equipo con el tablero preliminar y colocar en prensa.
- Tomar el equipo final y colocar sobre el último paso mencionado en el siguiente orden.
 - Colocar plancha con agarraderas.
 - Colocar cilindro para prensar.
- Verificar el centrado completo del equipo.
- Aplicar presión y verificar simultáneamente la fuerza ejercida.
- Esperar aproximadamente 10 minutos.
- Retirar presión.
- Dejar enfriar el equipo completo con el tablero final formado por medio de la presión aplicada por aproximadamente un día.
- Desmoldar.
- Almacenar el tablero final.

Figura 32. **Diseño del proceso / tableros de polímeros sintéticos reforzados**

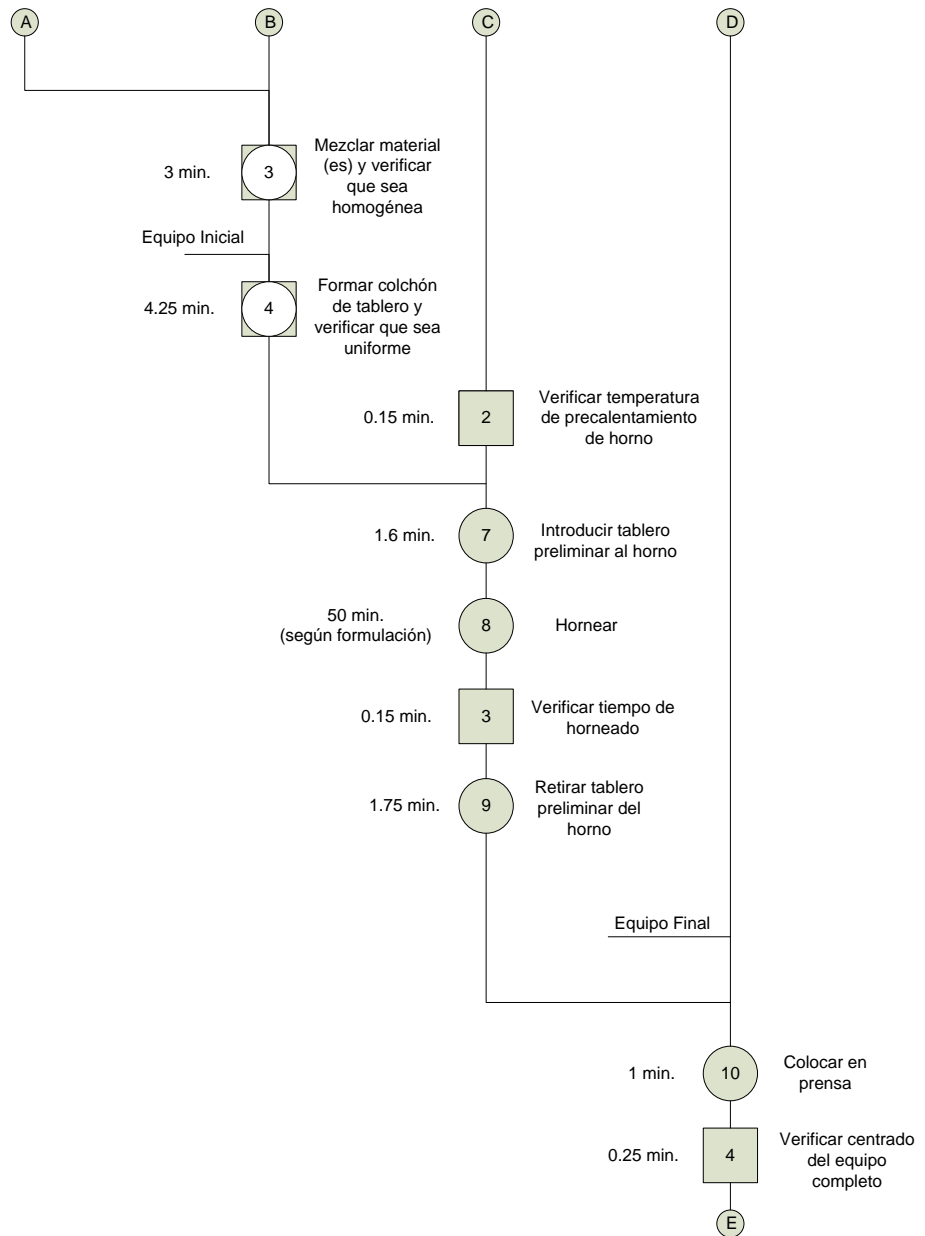


Continuación figura 32.

DIAGRAMA DE FLUJO

Método: mejorado.
 Proceso: elaboración de tableros de polímeros sintéticos reforzados.
 Departamento: producción.

Diagramado por: Keyla Barrera.
 Fecha: 23 de abril de 2019.
 Hoja número 2 de 3 hojas.



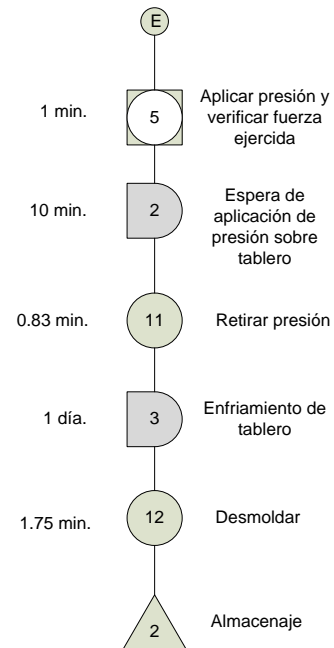
Continuación figura 32.

DIAGRAMA DE FLUJO

Método: mejorado.
 Proceso: elaboración de tableros de polímeros sintéticos reforzados.
 Departamento: producción.

Diagramado por: Keyla Barrera.
 Fecha: 23 de abril de 2019.
 Hoja número 3 de 3 hojas.

| Resumen | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------|--------------------|------------|
| | Actividad | Cantidad | Tiempo | Distancias |
|  | Operación | 12 | 118.31 min. | - |
|  | Inspección | 4 | 0.65 min. | - |
|  | Combinado | 5 | 12.10 min. | - |
|  | Transporte | 1 | 0.25 min. | 4.57-mts. |
|  | Espera | 3 | 1 día y 60 min. | - |
| Total requerido: | | | 1 día y 3.19 horas | 4.57 mts. |



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2010.

El tiempo requerido para elaborar un tablero de polímeros sintéticos es de aproximadamente 1 día y 3,19 horas, es importante mencionar que dicho tiempo podría variar al utilizar materia prima con distintas características; y al omitir el molido/triturado de materiales se obtendría un tiempo de 1 día y 2,63 horas; y si a este último se le omite el proceso de tamizado se obtendría un tiempo de 1 día y 2,10 horas.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Organización de personal a cargo de la planta

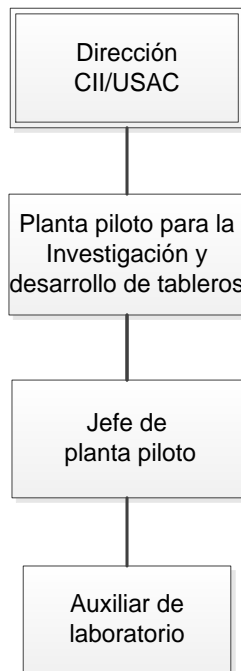
La planta piloto estará organizada por un jefe de planta piloto y por un auxiliar de laboratorio; los cuales estarán encargados de verificar que el servicio sea el adecuado; tanto en el área administrativa como en el área operativa.

Para ello se contará con el apoyo del Jefe de Sección de Gestión de la Calidad y el auxiliar de laboratorio de la Sección de Tecnología de Madera; tal y como se hace actualmente, ya que estos cuentan con la experiencia y conocimiento necesario para brindar la asesoría correspondiente en formulaciones y fabricación de tableros con los diferentes residuos propuestos, además que los costos involucrados en la contratación y capacitación de nuevo personal podrán ser omitidos.

4.1.1. Organigrama

El organigrama a continuación representa la estructura interna de la planta piloto, en él se establecen las relaciones jerárquicas de forma vertical de arriba hacia abajo:

Figura 33. **Organigrama de planta piloto**



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2010.

4.1.2. Descripción de responsabilidades

Las responsabilidades y funciones a cargo del jefe de planta piloto y del auxiliar de laboratorio son las siguientes:

- Funciones y responsabilidades del Jefe de Planta Piloto
 - Fomentar y contribuir al desarrollo de nuevos proyectos de investigación al utilizar materiales reciclables para la elaboración de subproductos.
 - Velar por el buen funcionamiento de la planta piloto mediante la aplicación de las normas correspondientes a cada uno de los procesos que se ejecutarán dentro de él.

- Supervisar el uso del mobiliario y equipo.
 - Verificar periódicamente que se empleen las medidas de seguridad adecuadas para evitar accidentes y enfermedades laborales.
 - Revisión y firmas de los informes realizados.
 - Supervisar constantemente las condiciones de trabajo de la planta piloto.
- Funciones y responsabilidades del auxiliar de laboratorio
 - Verificar el desarrollo correcto de la elaboración de tableros de partículas de madera y tableros de polímeros sintéticos reforzados.
 - Supervisar el trabajo realizado por estudiantes e investigadores.
 - Asesoría en la formulación y elaboración de tableros.
 - Uso adecuado del mobiliario y equipo que se le tiene asignado.

4.2. Inversión inicial

La inversión inicial necesaria para poner en marcha la planta piloto se encuentra distribuida en el reacondicionamiento del área, herramientas y equipo, condiciones de trabajo, medidas de salud y seguridad industrial, correspondientes a un buen y óptimo funcionamiento. Estos se describen a continuación:

4.2.1. Reacondicionamiento del área

Los costos de reacondicionamiento del área se encuentran asociados a las condiciones de trabajo propuestas, cambios que deberán ejecutarse en las instalaciones debido a la distribución de planta, servicios básicos, herramientas

y equipo a emplear para producir tableros de partículas de madera y tableros de polímeros sintéticos reforzados de manera eficiente.

Estos costos se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

4.2.1.1. Iluminación

El nivel de iluminación a utilizar en la planta piloto es distinto para cada una de las áreas de trabajo, ya que dependen directamente de la exigencia visual de la actividad que se realice en cada una de ellas; y ya que el trabajo en el área de producción se ejecuta de forma manual, resulta importante que las medidas propuestas sean puestas en marcha de forma inmediata; y el costo para obtener el nivel de iluminación requerido es el siguiente:

Tabla XXIV. Costo de iluminación

| Costo relacionado a la iluminación | | | |
|-------------------------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------|
| Descripción | Cantidad requerida | Costo unitario | Costo total |
| Bombilla LED de 450 lúmenes | 2 | Q. 24,99 | Q. 49,98 |
| Bombilla LED de 850 lúmenes | 4 | Q. 69,99 | Q. 279,96 |
| Bombilla LED de 1500 lúmenes | 3 | Q. 74,99 | Q. 224,97 |
| Plafonera | 10 | Q. 9,75 | Q. 97,50 |
| Costo de instalación | | | Q. 300,00 |
| | | Suma Total | Q. 922,41 |

Fuente: elaboración propia.

4.2.1.2. Ventilación

La ventilación proporcionada actualmente cumple con los requerimientos necesarios de renovación de aire (50 m³/ hora y trabajador), para la planta piloto;

y únicamente se incurrirá en los costos relacionados a la instalación de dos ventanas de PVC en el interior de las instalaciones; y el costo a incurrir para brindar la ventilación propuesta es el siguiente:

Tabla XXV. **Costo de ventilación**

| Costo de ventilación | | | |
|-----------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Tipo de ventana | Cantidad | Costo unitario | Costo total |
| Ventana de PVC corrediza | 2 | Q. 450,00 | Q. 900,00 |
| Instalación | - | Q. 300,00 | Q. 300,00 |
| Suma total | | | Q. 1 200,00 |

Fuente: elaboración propia.

4.2.1.3. Techo industrial

El techo industrial con el que cuenta actualmente la Sección de Gestión de la Calidad cumple con las necesidades de la planta piloto; y no es necesario incurrir en costos para este propósito, únicamente en aquellos relacionados a la reubicación de láminas de acuerdo a la propuesta y en el de colocar la pintura impermeabilizante y termoaislante en el techo. El costo es el siguiente:

Tabla XXVI. **Costo de techo industrial**

| Costo relacionado al techo industrial | |
|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Descripción | Costo (Incluye mano de obra) |
| Reubicación de las láminas | Q. 900,00 |
| Pintura impermeabilizante y termoaislante para techo (4 galones) | Q. 1 870,00 |
| Suma total | Q. 2 700,00 |

Fuente: elaboración propia.

4.2.1.4. Piso industrial

El piso industrial deberá ser remodelado en el área de producción y en la oficina y sala de proyectos se deberá realizar la instalación de piso sobrepuesto de acuerdo a la propuesta; y el costo total es el siguiente:

Tabla XXVII. Costo de piso industrial

| Costo relacionado al piso industrial | | | | |
|---------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| Área de trabajo | Actividad | Área a cubrir (m²) | Tipo de piso | Costo (Incluye mano de obra) |
| Área de producción y pasillo | Remodelación de piso | - | Concreto | Q. 500,00 |
| Oficina y sala de proyectos | Instalación de piso | 9 | Piso sobrepuesto | Q. 850,00 |
| Suma total | | | | Q. 1 350,00 |

Fuente: elaboración propia.

4.2.1.5. Distribución de planta

A continuación, se muestran los costos asociados a la remodelación, distribución de planta y maquinaria en la planta piloto; tomando en cuenta que actualmente se cuenta con mobiliario y equipo en buen estado, por lo que serán distribuidos entre la oficina y sala de proyectos según se requiera.

El costo necesario para realizar la distribución de planta y maquinaria, es el siguiente:

Tabla XXVIII. **Costos asociados a la distribución de planta piloto**

| Costos relacionados a la distribución de planta | | | | |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Área de trabajo | Descripción | Cantidad | Costo unitario | Costo total |
| Área de producción | Mesas de trabajo de base metálica con división inferior 1.10 m x 0.70 m. | 2 | Q. 800,00 | Q. 1 600,00 |
| | Mesa de trabajo de base metálica con división inferior de 1.20 m x 1.80 m. | 1 | Q.1 450,00 | Q. 1 450,00 |
| Bodega de materia prima | Estantería de almacenamiento. | 1 | Q. 700,00 | Q. 700,00 |
| Área de almacenamiento | Estantería de almacenamiento. | 1 | Q. 700,00 | Q. 700,00 |
| Otros costos asociados | Remodelación en paredes interiores y exteriores (Incluyendo materiales y mano de obra). | - | - | Q. 7500,00 |
| | Pintura para paredes | 7 galones | Q. 220,00 | Q. 1 540,00 |
| | Puerta de salida/salida de emergencia. | 1 | Q.1 500,00 | Q. 1 500,00 |
| Suma total | | | | Q.14 990,00 |

Fuente: elaboración propia.

4.2.1.6. Servicios básicos

Los servicios básicos necesarios para el óptimo funcionamiento de la planta piloto es energía eléctrica y agua; debido a que ya que se cuenta con ambos actualmente no se incurrirá en gastos para su instalación.

4.2.1.7. Herramientas y equipo

Debido a que parte del equipo con el que se cuenta actualmente se encuentra en buen estado y todavía puede ser empleado para la elaboración de tableros, la cantidad mostrada a continuación será la que se tendrá que adquirir para que el servicio a prestar sea óptimo, eficiente y adecuado. El costo a invertir para adquirir las herramientas y equipo necesario es el siguiente:

Tabla XXIX. Costo de equipos y herramientas

| Costos relacionado a equipos y herramientas | | | |
|----------------------------------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Descripción | Cantidad | Costo unitario | Costo total |
| Plancha inferior | 1 | Q. 450,00 | Q. 450,00 |
| Molde aglomerados | 1 | Q. 575,00 | Q. 575,00 |
| Molde principal de polímeros sintéticos | 1 | Q. 850,00 | Q. 850,00 |
| Contra molde | 1 | Q. 150,00 | Q. 150,00 |
| Plancha primaria | 1 | Q. 400,00 | Q. 400,00 |
| Plancha con agarraderas para prensar | 1 | Q. 600,00 | Q. 600,00 |
| Prensas de hierro nodular | 8 | Q. 15,00 | Q. 120,00 |
| Sujetadores | 4 | Q. 10,00 | Q. 40,00 |
| Cilindro para prensar | 1 | Q. 175,00 | Q. 175,00 |
| Espátula industrial | 2 | Q. 25,00 | Q. 50,00 |
| Desarmador | 2 | Q. 35,00 | Q. 70,00 |
| Suma total | | | Q. 3 480,00 |

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Costos asociados a las medidas de Salud y Seguridad Industrial

A continuación, se detallan los costos asociados a las medidas de salud y seguridad Industrial establecidas para la planta piloto y específicamente para el proceso de elaboración de tableros; tanto de partículas de madera, como de polímeros sintéticos reforzados; los cuales deberán ser empleados y reconocidos de manera obligatoria por toda aquella persona que haga uso del área de producción y de las demás áreas de la planta piloto, esto con el fin de reducir el riesgo de que sucedan accidentes y proteger la vida de cada uno de los usuarios investigadores.

4.2.2.1. Equipo de protección personal

El costo relacionado al equipo de protección personal es aquel que se incurrirá únicamente en los elementos individuales que se le brindará al personal de la planta piloto, es decir, al jefe y auxiliar de laboratorio. Toda persona ajena y que emplee el área de producción deberá utilizar el equipo establecido de manera obligatoria y los gastos correrán por su propia cuenta, excluyendo las pantallas de protección facial, guantes de protección al corte y guantes de calor que serán proporcionados por la planta piloto.

Tabla XXX. **Costo del equipo de protección personal**

| Costo relacionado al equipo de protección personal para uso en planta piloto | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------|-------------|
| Descripción | Cantidad | Costo unitario | Costo total |
| Redecillas | 2 | Q. 2,00 | Q. 4,00 |
| Pantalla de protección facial | 3 | Q. 40,00 | Q. 120,00 |
| Mascarillas | 1 paq. 50 ud. | Q. 20,00 | Q. 20,00 |

Continuación tabla XXX.

| | | | |
|--------------------------------|---------------|-----------|-------------------|
| Gafa de seguridad | 2 | Q. 13,00 | Q. 26,00 |
| Protector auditivo | 2 | Q. 10,00 | Q. 20,00 |
| Calzado de seguridad | 2 | Q. 420,00 | Q. 840,00 |
| Guantes de protección al corte | 3 | Q. 49,00 | Q. 147,00 |
| Guantes desechables | 1 paq. 50 ud. | Q. 80,00 | Q. 80,00 |
| Guantes de calor | 3 | Q. 220,00 | Q. 660,00 |
| Suma total | | | Q.1 917,00 |

Fuente: elaboración propia.

4.2.2.2. Señalización industrial

La señalización industrial a emplear se ubicará en las distintas áreas de la planta piloto según las necesidades y los riesgos que se puedan presentar en cada una de ellas, y los costos para identificarlos adecuadamente son los siguientes:

Tabla XXXI. Costo de señalización industrial

| Costo relacionado a la señalización industrial | | | | |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| Descripción | | Cantidad | Costo unitario | Costo total |
| Señales de prohibición | Prohibido correr | 1 | Q. 90,00 | Q. 90,00 |
| | Prohibido comer | 1 | Q. 90,00 | Q. 90,00 |
| Señales contra incendios | Extintor contra incendios | 1 | Q. 90,00 | Q. 90,00 |
| Señales de obligación | Uso de protección auditiva. | 1 | Q. 90,00 | Q. 90,00 |
| | Uso de botas de seguridad. | 1 | Q. 90,00 | Q. 90,00 |
| | Uso de guantes | 2 | Q. 90,00 | Q. 180,00 |
| | Uso de lentes protectores | 2 | Q. 90,00 | Q. 180,00 |
| | Uso de protección facial | 1 | Q. 90,00 | Q. 90,00 |
| | Uso de mascarilla | 1 | Q. 90,00 | Q. 90,00 |

Continuación tabla XXXI.

| | | | | |
|-----------------------------------------------|-------------------------------|---------|------------|--------------------|
| | Uso de malla para el cabello. | 1 | Q. 90,00 | Q. 90,00 |
| Señales de evacuación y seguridad | Ruta de evacuación | - | Q. 90,00 | Q. - |
| | Salida de emergencia | 1 | Q.140,00 | Q. 140,00 |
| Pintura para señalización de piso industrial. | | 1 galón | Q.350,00 | Q. 350,00 |
| | | | Suma total | Q. 1 560,00 |

Fuente: elaboración propia.

4.2.2.3. Equipo de seguridad contra incendios

La planta piloto contará únicamente con un extintor, y será colocado en el área de producción, específicamente al ingreso a las instalaciones para facilitar su ubicación al momento de una emergencia:

Tabla XXXII. Costo equipo de seguridad contra incendios

| Costo relacionado al equipo de seguridad contra incendios | |
|-----------------------------------------------------------|------------------|
| Descripción | Costo |
| Extintor de Polvo Químico Seco (PQS) | Q. 895,00 (lb) |
| Suma total | Q. 895,00 |

Fuente: elaboración propia.

4.3. Análisis del costo del servicio

El costo del servicio a prestar por la planta piloto es un factor determinante para establecer la tarifa que se cobrara a los usuarios según sea el caso. Es necesario mencionar que, si dichos usuarios pertenecen a la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala de cualquier otra facultad o

proviene de alguna otra institución se aplicará un factor sobre el costo total, y se encuentra establecido en el arancel del CII.

4.3.1. Energía eléctrica

El costo de energía eléctrica es uno de los rubros necesarios para determinar el costo total del servicio a prestar por la planta piloto, este dependerá del tipo de maquinaria, características y de la cantidad de tiempo que cada una de ellas será empleada para la ejecución de cada uno de los tableros. El costo actual de la energía eléctrica en el área de Prefabricados, ubicación propuesta para la planta piloto, es de $(Q. 0,891405/kWH)$.

Tabla XXXIII. Costo de energía eléctrica

| Costo energía eléctrica por tablero | | | | |
|----------------------------------------------|---------------------------------|-----------|------------------------|--------------------------------|
| Tipo de tablero | Máquina/equipo | kW | Horas empleadas | Costo de EE por máquina |
| Tableros de partículas de madera. | Tamizador | ¼ | 0,5 | Q. 0,11 |
| | Balanza electrónica Industrial. | - | 0,10 | Q. - |
| | Horno de convección forzada. | 2 | 1,15 | Q. 2,05 |
| | Prensa neumática | - | 0,20 | Q. - |
| | Compresor de aire | 2,24 | 0,20 | Q. 0,40 |
| Suma total | | | | Q. 2,56 |
| Tableros de polímeros sintéticos reforzados. | Molino | 7,5 | 0,5 | Q. 3,34 |
| | Balanza electrónica Industrial. | - | 0,10 | Q. - |
| | Horno de convección forzada. | 2 | 1,75 | Q. 3,12 |
| | Prensa neumática | - | 0,20 | Q. - |
| | Compresor de aire | 2,24 | 0,20 | Q. 0,40 |
| Suma total | | | | Q. 6,86 |

Fuente: elaboración propia.

El costo de la energía eléctrica presentado anteriormente (suma total), representa el costo por tablero, pero ya que lo ideal es realizar una muestra de tres tableros por formulación para obtener mayor confiabilidad en los resultados, el costo total de energía eléctrica para tableros de partículas de madera es de Q.7,68 y para los tableros de polímeros sintéticos reforzados el costo total es de Q. 20,58.

4.3.2. Adhesivos

El costo relacionado a los adhesivos y demás materiales e insumos empleados en la elaboración de los tableros de partículas de madera no forma parte del servicio prestado; y este deberá correr por cuenta de cada uno de los usuarios de la planta piloto, ya que depende directamente del criterio del investigador.

4.3.3. Mano de obra por asesoramiento

El costo por asesoría para la elaboración de tableros de aglomerado; tanto de partículas de madera, como de polímeros sintéticos reforzados es el siguiente: dentro de las instalaciones de la planta piloto ubicada en el Centro de Investigaciones Ingeniería el costo es de Q. 150,00 por hora con una muestra de tres tableros por formulación; si dicha asesoría es proporcionada fuera del perímetro de la Universidad de San Carlos de Guatemala, el costo incrementaría a Q. 250,00 por hora con una muestra de tres tableros por formulación.

El costo de mano de obra por asesoramiento incluye la presentación de un informe técnico con los datos más relevantes del proceso (relacionado a la elaboración de tableros de partículas de madera y tableros de polímeros sintéticos reforzados) ejecutado dentro de la planta piloto.

4.3.4. Otros costos asociados

Al finalizar el proceso de elaboración de tableros de partículas de madera y tableros de polímeros sintéticos reforzados estos podrán ser ensayados para determinar sus características físicas y mecánicas; el o los ensayos a ejecutar se encuentran relacionados al propósito que el tablero posea como producto final, tomando en cuenta que existen normas referentes al tipo de ensayos que podrían ser realizados a un tablero de aglomerado.

Los ensayos anteriormente mencionados son realizados por las distintas secciones del Centro de Investigaciones de Ingeniería y se encuentran en función de su campo de estudio, ya sea en el área de la Construcción, Ingeniería Sanitaria, Metrología Industrial y Química Industrial; el costo de cada ensayo se encuentra contemplado en el arancel de dicha institución, de no ser así, el costo se establecerá de mutuo acuerdo o a convenir entre el usuario y la sección ejecutora del ensayo deseado.

El costo total depende del tipo y de la cantidad de ensayos que el investigador desee ejecutar, y se obtuvo un costo estimado al emplear como referencia los ensayos propuestos para una muestra de tres tableros por formulación:

Tabla XXXIV. **Otros costos asociados a la elaboración de tableros**

| Tipo de tablero | Ensayo | Costo total |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| Tablero de partículas de madera y tablero de polímeros sintéticos reforzados. | Resistencia a la flexión | Q. 300,00 |
| | Compresión | Q. 460,00 |
| | Humedad | Q. 250,00 |
| | Absorción de agua | Q. 264,00 |
| | Contracción volumétrica y densidad. | Q. 264,00 |

Continuación tabla XXXIV.

| | | |
|--|-------------------|--------------------|
| | Tensión | Q. 180,00 |
| | Dureza | Q. 180,00 |
| | Impacto | Q. 180,00 |
| | Temperatura | Q. 360,00 |
| | Acústico | Q. 360,00 |
| | Suma total | Q. 2 438,00 |

Fuente: elaboración propia.

Tomar en cuenta que el costo asociado a la ejecución de ensayos es una sugerencia para el usuario investigador y que es totalmente independiente a la planta piloto, ya que está únicamente prestará el servicio de muestreo, es decir, la elaboración de tableros.

4.3.5. Costo servicio total

El costo del servicio total reúne los siguientes aspectos: energía eléctrica, adhesivos u otros, mano de obra por asesoramiento y otros costos asociados a la elaboración de dichos tableros. Dicho costo se muestra a continuación:

Tabla XXXV. **Costo del servicio para la elaboración de tableros**

| Costo del servicio total relacionados a la elaboración de tableros en la planta piloto | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Rubro | Costo para la elaboración de tableros de partículas de madera | Costo para la elaboración de tableros de polímeros sintéticos reforzados |
| Energía eléctrica | Q. 7,68 | Q. 20,58 |
| Adhesivos u otros | Q. - | Q. - |
| Mano de obra por asesoramiento. | Q. 150,00 | Q. 150,00 |
| Suma total | Q. 157,68 | Q. 170,58 |

Continuación tabla XXXV.

| | | |
|------------------------------------------|--------------------|--------------------|
| Otros costos asociados | Q. 2 438,00 | Q. 2 438,00 |
| Suma total con ensayos propuestos | Q. 2 595,68 | Q. 2 608,58 |

Fuente: elaboración propia.

El costo obtenido mediante la suma total será el costo del servicio prestado por la planta piloto por la elaboración de tableros de partículas de madera y tableros de polímeros sintéticos reforzados, el cual hace referencia a una formulación con tres muestras. Cabe mencionar que dicho costo es un monto variable, y depende directamente del propósito y objetivos del proyecto planteado por el usuario investigador; dicha cantidad es únicamente una estimación.

4.4. Análisis beneficio-costo

Por medio de un análisis beneficio-costo se determinó la viabilidad de realizar la inversión para la reestructuración e instalación de la planta piloto para la elaboración de tableros de partículas de madera y tableros de polímeros sintéticos reforzados. La vida útil de la planta piloto se estima sean 10 años; con una “tasa social de descuento del 12 %”²¹; una cantidad de 15 usuarios investigadores anuales (10 estudiantes de la Facultad de Ingeniería y 5 externos, específicamente de organizaciones del sector privado y personas individuales) con dos formulaciones cada uno de ellos y costo anual cero, ya que el costo de mantenimiento, mano de obra y otros; son gastos que no se contemplan, ya que el CII cuenta con el personal necesario para prestar el servicio correspondiente.

²¹ Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN). *Normas del Sistema Nacional de Inversión Pública para el Ejercicio Fiscal 2020*. p. 78.

Debido a que el costo del servicio para la elaboración de tableros se encuentra relacionado a la naturaleza del usuario investigador, solo se tendrían ingresos por parte de instituciones, empresas y personas individuales que se encuentren dentro del territorio nacional o fuera de él. A dicho costo se le deberá aplicar un factor (anexo 4), para obtener el costo final del servicio, y será un monto variable para cada usuario investigador.

Por lo anterior mencionado y como se estima 5 usuarios externos de organizaciones del sector privado y personas individuales, el factor a aplicar al costo del servicio es de 1, obteniendo un ingreso promedio de Q. 1 641,30. Es relevante mencionar que los ingresos por parte de estudiantes de la Facultad de Ingeniería no serán contemplados en dicho ingreso, ya que el factor aplicable para ellos es de 0.

La información necesaria para ejecutar el análisis respectivo es la siguiente:

- Inversión Inicial: Q. 29 014,41
- Ingresos: Q. 1 641,30

4.4.1. Valor presente neto beneficios

El valor presente neto de los beneficios ($VPN_{Beneficios}$) es el siguiente:

$$VPN_{Beneficios} = 1\,641,30 \left(\frac{(1,12)^{10} - 1}{0,12 (1,12)^{10}} \right)$$

$$VPN_{Beneficios} = 9\,273,71$$

4.4.2. Valor presente neto de los costos

El valor presente neto de los costos (VPN_{Costos}) es el siguiente:

$$\text{VPN}_{\text{Costos}} = 0 \left(\frac{(1,12)^{10} - 1}{0,12 (1,12)^{10}} \right) + 29\ 014,41$$

$$\text{VPN}_{\text{Costos}} = 29\ 014,41$$

4.4.3. Evaluación de resultados

Con los valores resultantes de la evaluación del valor presente neto de beneficios y costos, se ejecutó el respectivo análisis, relacionando ambos valores, para determinar si la inversión de la planta piloto es justificable o no:

$$B/C = \frac{9\ 273,71}{29\ 014,41}$$

$$B/C = 0,32 < 1$$

Al observar el resultado obtenido se concluye que la inversión necesaria para la reestructuración e instalación de una planta piloto para la elaboración de tableros es no justificable, debido a que el costo es mayor a los beneficios (ingresos) monetarios.

Debido a que es un proyecto con fines sociales principalmente, específicamente educativos y académicos, se realizó un análisis costo/eficiencia para comparar el costo de inversión por metro cuadrado de construcción de la planta piloto, con el parámetro ya establecido de “Q. 1 200,00 por metro

cuadrado”²². Si el valor resultante es mayor a dicho parámetro el proyecto no será eficiente, y deberá ser rechazado.

- Costos de Inversión: Q. 29 014,41
- Metros cuadrados para planta piloto: 56,16 m²

$$C/E = \frac{Q. 29\ 014,41}{56,16\ m^2}$$

$$C/E = \frac{Q. 516,64}{m^2} < \frac{Q. 1\ 200,00}{m^2}$$

Al observar el resultado obtenido mediante dicho análisis, se concluye que dicho proyecto es eficiente y resulta viable ejecutar la implementación de la planta piloto y prestar el servicio de elaboración de tableros, dicho proyecto tendrá como beneficiarios a una gran cantidad de estudiantes de la Universidad de San Carlos de Guatemala en la ejecución de trabajos de graduación, trabajos de Ejercicio Profesional Supervisado y en prácticas de los diferentes cursos afines a este; así como a otros usuarios investigadores externos a dicha institución, ya que se tiene como objetivo contribuir y promover la investigación, principalmente en la búsqueda de nuevos productos amigables con el planeta al emplear los diferentes residuos generados por la industria.

²² Secretaría de Planificación y Programación (SEGEPLAN). *Manual de Formulación y Evaluación de Proyectos*. p. 27.

4.5. Diseño de formato de los informes técnicos

El informe técnico es aquel que se le brindará al usuario investigador, en él se especificará la información y los datos obtenidos con la elaboración de tableros, las diferentes muestras y variaciones planteadas, estos se encontraran validados por el Centro de Investigaciones de Ingeniería.

4.5.1. Secciones del informe técnico

El informe técnico suministrado por la planta piloto al usuario investigador tendrá como finalidad brindar información acerca de los datos y resultados obtenidos por medio de la elaboración de tableros de partículas de madera y de tableros de polímeros sintéticos reforzados, según sea el caso. Para determinar qué información y secciones debería contener dicho informe se utilizó como referencia la norma ISO 17-025, que en su apartado 7,8 establece la información mínima que debería de incluirse para brindar al cliente un certificado de la investigación ejecutada, en esta ocasión, de los resultados obtenidos por la elaboración de tableros dentro de las instalaciones de la planta piloto.

El informe incluirá la información que el usuario investigador requiera pero que de igual manera contenga la necesaria para la interpretación adecuada de los resultados y aquella que sea exigida por la naturaleza del método de trabajo, esta deberá presentarse de una manera exacta, clara, inequívoca y objetiva.

El contenido del informe técnico es el siguiente:

- Encabezado
 - Título (Informe de ensayo o Informe de resultados)

- Referencia de informe (código identificador) y versión del documento.
 - Cantidad de páginas del informe.
 - Fecha de emisión del informe.
 - El nombre y la información del usuario investigador (interesado y proyecto o asunto).
 - El nombre y dirección del laboratorio (lugar de ensayos).
 - Tipo y cantidad de muestras a elaborar dentro de la planta piloto.
 - Fecha de recepción de solicitud para el muestreo de tableros.
 - Fecha de ejecución de la actividad solicitada.
- Resumen
 - Identificación y descripción del método utilizado para muestreo (breves palabras).
 - Condiciones ambientales (si es necesario para interpretación posterior).
- Resultados
 - Información referente al muestreo en donde se especifique todos los datos y resultados obtenidos, con las unidades de medición respectivas.
 - Identificación única de la muestra y una pequeña descripción de cada una de ellas.
 - Resultados obtenidos al elaborar el muestreo.
 - Ubicación del muestreo (Fotografía o croquis).
 - Declaración de validez de resultados únicamente de las muestras elaboradas dentro del laboratorio.


- Parte final
 - Identificación de la persona que autoriza el informe con firma y sello original.

Tomar en cuenta que la planta piloto es responsable de toda la información colocada en el informe técnico, excepto cuando dicha información sea suministrada o modificada por el usuario, y deberá identificarse claramente dentro de este.


4.5.2. Diseño de modelo de informe técnico

El modelo de informe técnico presentado a continuación será el propuesto para proporcionar toda la información recolectada por el proceso de elaboración de tableros al usuario investigador, pudiendo ser modificado en el inciso de resumen según los requerimientos del cliente y de la información solicitada por este.

Figura 34. Modelo de informe técnico



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

| INFORME DE RESULTADOS | | | |
|-----------------------|----------|--------|-----------------|
| Código: | Versión: | Fecha: | Página __ de __ |

| | | | |
|------------------------------|------|------|------|
| FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME | Día: | Mes: | Año: |
|------------------------------|------|------|------|

| | |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Interesado | |
| Proyecto o asunto | |
| Nombre y ubicación de laboratorio | Nombre de laboratorio / Dirección de laboratorio |
| Tipo de muestra/ Cantidad de muestras | Tipo de muestra / Cantidad de muestras |
| Fecha de recepción de solicitud / Fecha de elaboración de ensayos | Fecha de recepción de solicitud / Fecha de elaboración de ensayos |

Resumen:

| | |
|------------------------------------------------|-----------------------|
| Descripción del método utilizado para muestreo | |
| Condiciones ambientales | Temperatura / Humedad |

Resultados:

| Código Identificador de la Muestra (CIM) | Características / Especificaciones | | |
|------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|-------------|
| | Materiales | Peso por material (gr.) | Descripción |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | Peso neto | |
| | | | |
| | | | |
| | | Peso neto | |

| Características físicas | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|---------------|----------------|---------------|---------------|-------|---------|
| CIM | Peso neto (gr.) | Horneado | | | Prensado | | Medidas (cm.) | | |
| | | T _o (°C) | T _f (°C) | Tiempo (min.) | Presión (ton.) | Tiempo (min.) | Largo | Ancho | Espesor |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

T_o = Temperatura Inicial
T_f = Temperatura Final

Continuación figura 34.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Adjuntar fotografías o croquis

NOTA: El laboratorio se hace responsable únicamente de los resultados obtenidos de las muestras elaboradas dentro de sus instalaciones.

APROBÓ: _____
NOMBRE DEL ENCARGADO DE DAR VALIDEZ A RESULTADOS
JEFE DE PLANTA PILOTO

Vo.Bo. _____
NOMBRE DEL DIRECTOR DE CII/USAC
DIRECTOR CII/USAC

FACULTAD DE INGENIERÍA – USAC
Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9113 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: elaboración propia.

4.6. Capacitación a personal de la planta piloto

La capacitación es uno de los factores principales en relación al buen funcionamiento de la planta piloto, este consistirá en brindarle a toda persona usuaria de las instalaciones una guía clara de cómo hacer uso de la maquinaria correctamente, así como de cómo adoptar las medidas de seguridad correspondientes al manejo y uso de las mismas, y en general de la planta piloto.

4.6.1. Uso de maquinaria

La capacitación relacionada uso adecuado de la maquinaria involucrada en el proceso de elaboración de tableros se encuentra planificada de la siguiente manera:

Tabla XXXVI. Capacitación para uso de maquinaria

| Capacitación para uso de maquinaria en planta piloto | |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre de la capacitación: | Uso adecuado de la maquinaria empleada en la elaboración de tableros. |
| Objetivo de la capacitación: | Proporcionar a todo usuario investigador los conocimientos y herramientas necesarias para el uso y manejo adecuado de la maquinaria utilizada para la elaboración de tableros. |
| Contenido: | Como operar y manipular la maquinaria correctamente. Aspectos de seguridad relacionados al uso de la maquinaria. Limpieza de la maquinaria al finalizar el proceso ejecutado. |
| Duración: | 1,5 horas |
| Participantes: | Todo el personal de la planta piloto y usuarios investigadores. |

Continuación tabla XXXVI.

| | |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Instructor: | Jefe de Planta piloto |
| Forma de evaluación: | Evaluación verbal por parte del instructor |
| Evaluable: | Jefe de Planta Piloto |
| Frecuencia: | Personal permanente: anual Personal visitante (investigadores): al inicio de cada proyecto. |

Fuente: elaboración propia.

4.6.2. Medidas de seguridad

La planificación de la capacitación en relación a las medidas de seguridad que deben adoptarse en las instalaciones de la planta piloto para asegurar un ambiente que garantice el bienestar de todo usuario investigador es la siguiente:

Tabla XXXVII. **Capacitación de seguridad industrial**

| Capacitación de seguridad industrial en planta piloto | |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre de la capacitación: | Medidas de seguridad en la planta piloto |
| Objetivo de la capacitación: | Conocer las medidas de seguridad industrial implementadas en la planta piloto con el propósito de evitar actos inseguros, incidentes, accidentes y otros relacionados a los riesgos existentes. |
| Contenido: | Equipo de protección personal obligatorio por puesto de trabajo, como utilizar correctamente el equipo. Rutas de evacuación, señalización, uso de extintores, control de químicos. |
| Duración: | 1 hora |
| Participantes: | Todo el personal de la planta piloto y usuarios investigadores. |

Continuación tabla XXXVII.

| | |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Instructor: | Jefe de Planta piloto |
| Forma de evaluación | Evaluación verbal por parte del instructor |
| Evaluador: | Jefe de Planta Piloto |
| Frecuencia: | Personal permanente: anual Personal visitante (investigadores): al inicio de cada proyecto. |

Fuente: elaboración propia.

5. SEGUIMIENTO Y MEJORA

5.1. Plan de seguimiento para la implementación de la planta piloto

La implementación de la planta piloto requiere de una adecuada planificación y gestión por parte del Centro de Investigaciones de Ingeniería y especialmente del área encargada de la planta piloto, ya que deberán asegurar periódicamente que las medidas propuestas sean conformes y el servicio prestado a todo usuario investigador (interno o externo) sea o continúe siendo óptimo para el desarrollo del muestreo de tableros de partículas de madera y tableros de polímeros sintéticos reforzados.

5.1.1. Diagrama de Gantt

Para realizar la planificación de implementación de la planta piloto en el Centro de Investigaciones de Ingeniería se utilizó una herramienta gráfica que tiene como objetivo establecer el tiempo requerido por cada una de las actividades que conlleva la ejecución de dicho proyecto y obtener un tiempo estimado como finalización.

Figura 35. Diagrama de Gantt

| Id. | Implementación de la planta piloto | Duración (semanas) | ago. 2019 | | | | sep. 2019 | | | | oct. 2019 | | | | nov. 2019 | | | | dic. 2019 | | | |
|-----|----------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------|--|--|--|-----------|--|--|--|-----------|--|--|--|-----------|--|--|--|-----------|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Demoler paredes interiores | 2.8s | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Construcción de paredes interiores y exteriores | 3.2s | | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Instalación de tomacorrientes | 1s | | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Instalación de ventanas | .4s | | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Instalación de techo e impermeabilización | 1.2s | | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Instalación de piso | 1.8s | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | |
| 7 | Instalación de iluminación | 1.8s | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | |
| 8 | Aplicación de pintura en paredes | .8s | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | |
| 9 | Reorganización de oficina | .6s | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | |
| 10 | Reorganización de sala de proyectos | .4s | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | |
| 11 | Instalación de maquinaria, equipo y mobiliario en área de producción | 1.6s | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | |
| 12 | Instalación de puerta de salida/salida de emergencia | .4s | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | |
| 13 | Aplicación de pintura en piso | .6s | | | | | | | | | | | | | ■ | | | | | | | |
| 14 | Colocación de señalización en la ubicación propuesta | .4s | | | | | | | | | | | | | ■ | | | | | | | |

Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2010.

Por medio del diagrama de Gantt se obtiene un tiempo estimado de finalización del proyecto de la planta piloto en cuatro meses y seis días.

5.1.2. Condiciones de trabajo

Las condiciones de trabajo abarcan aspectos de salud y seguridad ocupacional, incluyendo todo aquello que se encuentre vinculado al entorno laboral y que afecte directamente al usuario investigador; las medidas propuestas para ser implementadas en la planta piloto deberán ser inspeccionadas y

evaluadas constantemente de manera que se pueda garantizar el bienestar de todas aquellas personas usuarias de dichas instalaciones.

Resulta necesario realizar inspecciones periódicas a las condiciones de trabajo con base en los requisitos establecidos en el Acuerdo Gubernativo 33-2016 y en la Norma de Reducción de Desastres número 2 (NRD2) de la CONRED, aproximadamente cada 6 meses y en algunos casos diariamente, o según se requiera.

Tabla XXXVIII. **Evaluación e inspección de condiciones de trabajo**

| Evaluación e inspección a condiciones de trabajo | | |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Condición de trabajo | Medidas a evaluar | Nivel de inspección |
| Iluminación | Verificar que las ventanas se encuentren libres de obstáculos. | Diaria |
| | Nivel de iluminación de todas las áreas de la planta piloto de acuerdo a las actividades que se realicen en cada una de ellas. | 6 meses |
| | Estado de las lámparas | 6 meses |
| Ventilación | Nivel de temperatura en el interior de la planta piloto. | 6 meses |
| | Renovación de aire por trabajador en el interior de la planta piloto. | 6 meses |
| | Estado de las ventanas | 6 meses |
| | Ventanas libres de obstáculos | Diaria |
| Ruido | Nivel de ruido por máquina | 6 meses |
| | Evaluación de tiempo de exposición por día | 6 meses |
| | Empleo de equipo de protección personal | Diaria |
| Piso | Verificar que el piso industrial se encuentre en buen estado, sin deterioro físico, liso y/o resbaladizo. | 3 meses |
| Techo | Estado del techo, no debe poseer agujeros o grietas. | 6 meses |
| | Pintura del techo | 3 años |
| Paredes | Verificar el estado de las paredes, debe encontrarse sin ningún deterioro físico. | 6 meses |

Continuación tabla XXXVIII.

| | | |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| | Pintura de paredes | 3 años |
| Carga de ocupación máxima | Cantidad de personas que se encuentren en cada una de las áreas de la planta piloto. | Diaria |
| Señalización | Estado de los rótulos utilizados para identificar la señalización deseada. | 6 meses |
| | Existencia de señalización propuesta en cada área. | 3 meses |
| | Pintura empleada en el piso industrial | 1 año |
| Salida de emergencia | Rutas de emergencia libres de obstáculos | Diaria |
| | Estado de la puerta | 6 meses |

Fuente: elaboración propia.

Si algunas de las medidas en relación a las condiciones de trabajo incumplieran en lo requerido se deberán establecer las medidas correctivas inmediatamente.

5.1.3. Proceso de elaboración de tableros

El diseño del proceso propuesto para la elaboración de tableros de partículas de madera y tableros de polímeros sintéticos reforzados es el adecuado conforme a la evaluación realizada, tanto en la parte práctica como teórica, ya que al seguir cada uno de los pasos propuestos para su elaboración se obtienen resultados satisfactorios, sin embargo dicho proceso deberá verificarse constantemente con el fin de evaluar e identificar mejoras en el método de trabajo y buscar su simplificación por medio de la habilidad analítica complementada con un buen criterio, logrando a través de estos ahorrar trabajo y reducir el esfuerzo y fatiga por parte del usuario investigador.

5.2. Plan de contingencia

El plan de contingencias correspondiente a la planta piloto se describe a continuación, tomando en consideración primeros auxilios, equipo contra incendios y el equipo de protección personal. Esta abarca los procedimientos necesarios a tomar en caso se presentará un evento no deseado que afecte el orden normal, representado una medida de precaución con la cual se eviten pérdidas materiales o personales.

5.2.1. Primeros auxilios

Los primeros auxilios son aquellos que se emplean para brindarle a una persona accidentada o lesionada la atención médica correspondiente, por lo anterior mencionado resulta necesario que el personal de la planta piloto conozca cuales son las secuencias de pasos a realizar en caso suceda alguna eventualidad no deseada, y con base al análisis de riesgos realizado y a las distintas emergencias que se pueden presentar, se establecieron aquellos primeros auxilios imprescindibles a conocer por toda persona usuaria de las instalaciones de la planta piloto, siendo estos los siguientes:

Tabla XXXIX. **Primeros auxilios (plan de contingencias)**

| Primeros auxilios | |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Emergencia | Acción a ejecutar |
| Persona inconsciente | <ol style="list-style-type: none">1. Se realiza una evaluación primaria para determinar si la persona responde, si no es así continuar con el siguiente paso.2. Verificar si la persona respira, si esta lo hace colóquela de costado.3. Si la persona no respira continuar con el siguiente paso, si no se cuenta con los conocimientos pedir ayuda de manera urgente. |

Continuación tabla XXXIX.

| | |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>3. Recostar a la persona sobre su espalda lo más alineada posible y realizar reanimación cardiopulmonar.</p> <p>4. Si esta respira de manera normal, colocarla de costado.</p> |
| Asfixia | <p>1. Verificar si la persona puede hablar, realizar algún movimiento o sonido.</p> <p>2. Estimularla a toser y/o golpear en la espalda de 4 a 5 veces, si la obstrucción continúa, seguir con el siguiente paso.</p> <p>3. Colocarse detrás de la persona, abrazarla y unir los brazos por debajo de sus costillas.</p> <p>4. Comprimir rápidamente el abdomen hacia adentro y hacia arriba, continuar hasta liberar obstrucción.</p> <p>5. Si la persona queda inconsciente, aplicar los pasos descritos para una persona inconsciente.</p> |
| Quemadura | <p>1. Alejar a la persona del foco térmico.</p> <p>2. Retirar una evaluación primaria y mantener los signos vitales (pulso y respiración).</p> <p>3. Lavar con abundante agua fría el área afectada de 10 a 15 minutos.</p> <p>4. Envolver la quemadura con las gasas o paños limpios necesarios.</p> <p>5. Si la quemadura es grave, solicitar ayuda médica.</p> |
| Hemorragia | <p>1. Retirar la ropa que se encuentre obstruyendo el área afectada.</p> <p>2. Comprimir el área afectada con un paño limpio</p> <p>3. Si la hemorragia se detiene, colocar vendaje alrededor de la extremidad a presión.</p> <p>4. Si la hemorragia continúa, colocar un torniquete comercial y acudir a un centro médico de manera urgente.</p> |

Fuente: elaboración propia.

5.2.2. Equipo contra incendios

Uno de los materiales mínimos con los que debe contar la planta piloto para actuar en caso de un conato de incendio es el equipo contra incendios, es decir, extintores que se encuentren debidamente recargados y de fácil acceso.

Resulta imprescindible que el personal de la planta piloto tenga los conocimientos necesarios sobre como emplear un extintor y cómo actuar en caso se llegase a presentar el acontecimiento mencionado anteriormente. A continuación, se describe el plan de acción a ejecutar:

- Solicitar el apoyo de un brigadista del Centro de Investigaciones de Ingeniería.
- Si se tienen los conocimientos necesarios, utilizar el extintor sin poner en riesgo la seguridad de la persona. Si no se poseen, evacuar inmediatamente las instalaciones.
- Identificar el tipo de material que se está quemando.
- Utilizar el extintor adecuado al tipo de material para apagar el conato de incendio.
- Cuando se presente el personal brigadista del CII ceder la actividad y retirarse a una zona segura, si este lo solicita evacuar las instalaciones.
- Informar al jefe inmediato cualquier condición de riesgo o si existiese alguna contaminación de materia prima o de producto terminado.
- Reiniciar labores hasta que el brigadista encargado lo permita.

5.2.3. Equipo de protección personal

El equipo de protección personal es imprescindible antes de comenzar cualquier operación de un plan de contingencias, estos deberán brindar

protección respiratoria, ojos, manos y pies; deberán encontrarse limpios, en buen estado y disponibles para su uso en cualquier momento. El equipo de protección personal que el personal brigadista del Centro de Investigaciones de Ingeniería tiene como responsabilidad tener dentro de sus instalaciones para ser utilizado en caso de una emergencia o algún incidente es el siguiente:

Tabla XL. **Equipo de protección personal (plan de contingencias)**

| Equipo de protección personal para el plan de contingencias | |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Emergencia o incidente | Equipo de protección personal correspondiente |
| Incendio | Casco, lentes de seguridad, guantes, mandiles o trajes ignífugos y calzado especial. |
| Terremoto | Casco, lentes de seguridad, guantes y calzado especial. |
| Derrame de productos peligrosos | Lentes de seguridad, mascarilla, guantes, bata, calzado especial. |
| Emergencias volcánicas | Lentes de seguridad, mascarilla y calzado especial. |
| Primeros auxilios | Guantes desechables, careta. |

Fuente: elaboración propia.

5.3. Auditorías internas

Las auditorías internas tienen como finalidad evaluar si las instalaciones se mantienen según lo requerido en los diferentes ámbitos de una institución. La planta piloto deberá realizar dichas autoevaluaciones en relación a la metodología de orden y limpieza de forma periódica, con el objetivo de que las instalaciones se encuentren de la forma requerida al momento de prestar el servicio correspondiente.

La planta piloto debe cumplir con lo siguiente:

- Incluir frecuencia de auditorías
- Informes de resultados obtenidos en auditorías previas
- Definir los criterios y alcance de la auditoría
- Implementar las medidas correctivas en el menor tiempo posible.
- Conservar los registros como evidencia de las auditorías ejecutadas y los resultados obtenidos.

5.3.1. 5s de orden y limpieza

El orden y limpieza son factores que influyen directamente en la eficiencia del proceso de elaboración de tableros y en la seguridad de los usuarios investigadores de la planta piloto, y resulta imprescindible contar con una planificación que involucre mantener las instalaciones bajo dichos estándares. Para verificar que esto se cumpla, se empleara la metodología de las 5 s (cinco eses), la cual consiste en utilizar cinco principios básicos japoneses cuyo principal objetivo es mantener un lugar de trabajo organizado, limpio y ordenado.

Tabla XLI. Evaluación de Metodología 5s de orden y limpieza

| 5s de orden y limpieza a evaluar | | | | |
|-----------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Principio Básico | Código | Aspecto general a evaluar | Responsable de auditoría | Frecuencia de auditoría |
| Seiri (seleccionar) | A | Equipo y herramientas ubicadas en el lugar señalizado. | Jefe de planta piloto | Semanal |

Continuación tabla XLI.


| | | | | |
|---------------------------------|---|----------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------|
| | B | Equipo y herramientas necesarias según el área de trabajo y proceso. | | |
| | C | Materia prima y producto terminado ubicado en el lugar señalado. | | |
| Seiton (ordenar) | D | Materiales, equipo y herramientas en orden. | Jefe de planta piloto | Semanal |
| | E | Materia prima y producto terminado en orden. | | |
| Seiso (limpiar) | F | Área de trabajo | Jefe de planta piloto | Semanal |
| | G | Maquinaria | | |
| | H | Piso y paredes. | | |
| Seiketsu (estandarizar) | I | Aplicación de las primeras 3s diariamente. | Jefe de planta piloto | Diaria |
| | J | Existencia de normativos de laboratorio. | Jefe de planta piloto | Semanal |
| Shitsuke (autodisciplinarse) | K | Cumplimiento de normativos de laboratorio. | Jefe de planta piloto | Semanal |

Fuente: elaboración propia.


Para llevar a cabo el proceso de auditoría interna de manera eficaz, se empleará el método de observación; este consiste en identificar y evaluar las acciones requeridas para luego determinar si es o no conforme, en cualquiera de

los casos los resultados obtenidos deberán ser registrados en informes, tal y como el que se muestra a continuación:

Figura 36. **Modelo de informe de auditoría interna / Metodología 5s**



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala

| INFORME DE AUDITORÍA INTERNA | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--|--|--|----------|--|--|--|-------------------------|--|--|------|-----------------|------|--|------|--|
| Código: | | | | Versión: | | | | Fecha: | | | | Página __ de __ | | | | |
| FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME | | | | | | | | | | | Día: | | Mes: | | Año: | |
| Nombre de Auditoría | | | | | | | | Metodología 5 s | | | | | | | | |
| Auditor | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha de ejecución de auditoría | | | | | | | | Desde _____ Hasta _____ | | | | | | | | |

| Aspecto a evaluar (Código) | Bodega de Materia Prima y almacenamiento | | | Área de molido | | | Área de preparación de materiales | | | Área de tamizado | | | Área de mezclado | | | Área de horneado | | | Área de prensado | | | |
|----------------------------|------------------------------------------|----|----|----------------|----|----|-----------------------------------|----|----|------------------|----|----|------------------|----|----|------------------|----|----|------------------|----|----|--|
| | C | NC | NA | C | NC | NA | C | NC | NA | C | NC | NA | C | NC | NA | C | NC | NA | C | NC | NA | |
| SEIRI (SELECCIONAR) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SEITON (ORDENAR) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SEISO (LIMPIAR) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| F | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| H | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OTROS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| J | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| K | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

C: conforme NC: no conforme NA: no aplica

| HALLAZGOS/OBSERVACIONES | MEDIDAS PREVENTIVAS/CORRECTIVAS |
|-------------------------|---------------------------------|
| | |
| | |

APROBÓ: _____
 JEFE DE PLANTA PILOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA – USAC
 Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: elaboración propia.

5.4. Auditorías externas

Como plan de seguimiento para la implementación de la planta piloto se pretende en un futuro ser un laboratorio acreditado, es decir, que se encuentre autorizado para ejecutar el proceso de elaboración de tableros; para ello deberá cumplir con ciertos requisitos establecidos por un ente acreditador externo a la Universidad de San Carlos de Guatemala. Dicho ente deberá formar parte de una organización que posea la competencia para proporcionar una certificación o en este caso, una acreditación para laboratorios de ensayos, este ente deberá realizar auditorías externas de seguimiento cada cierto tiempo, según lo requiera la entidad de acreditación.

El método y los requerimientos evaluados por el ente acreditador dependen únicamente de los criterios de auditoría establecidos por ellos mismos. La planta piloto deberá acatar lo solicitado por dicha organización durante todo el proceso de auditoría, desde que se inicie con la planificación hasta que se obtenga los resultados finales brindados por este ente. La organización será la encargada de establecer si la planta piloto cumple con todos los requerimientos para ser un laboratorio acreditado.

5.4.1. Entes acreditadores

La Oficina Guatemalteca de Acreditación (OGA), realiza el proceso de acreditación a laboratorios de ensayo conforme la Norma COGUANOR (NTG/ISO/IEC 17025), además de otros lineamientos y criterios definidos por ellos mismos, con el fin de reconocer la competencia técnica de una organización para realizar tareas específicas y por lo mismo ser evaluada de acuerdo a los procedimientos para los cuales soliciten la acreditación

Para que la elaboración de tableros por parte de la planta piloto sea acreditada por la OGA, deberá cumplir con los requisitos siguientes (siendo estos evaluados al momento de la auditoría):

- Organización
 - Decreto o Acuerdo que los crea y el Número de Identificación Tributaria (NIT) si el laboratorio lo posee.
 - Organigrama de la planta piloto actualizado (toda la organización).
 - Dirección técnica que posea la responsabilidad total de las operaciones de la planta piloto, la cual deberá estar identificada en la estructura organizacional.
 - Director de calidad que posea la responsabilidad de asegurar el sistema de calidad en las operaciones de la planta piloto.
 - Si es necesario, cada personal directivo deberá contar con suplentes.

- Revisión de solicitudes, ofertas y contratos
 - Toda solicitud, oferta o contrato deberá estar debidamente documentada, y debe mantener procedimientos para la revisión de las mismas.

- Subcontratación de ensayos y de calibraciones
 - Si la planta piloto realizará subcontratación de ensayos/calibraciones deberá utilizar laboratorios competentes, preferiblemente acreditados.

- La planta piloto es responsable por el trabajo realizado dentro de sus instalaciones o por el laboratorio subcontratado por este, si el cliente es quien especifica el laboratorio a subcontratar, se deberá dejar por escrito en el informe de resultados que la planta piloto no se hace responsable por el trabajo ejecutado por este último.
- Compras de servicios y suministros
 - El laboratorio de la planta piloto deberá contar con procedimientos para la selección y compra de servicios y suministros utilizados directamente en el área de ensayos.
 - El laboratorio de la planta piloto deberá evaluar a los proveedores de materiales, suministros y servicios por lo menos una vez al año.
- Acciones correctivas
 - Cuando exista la identificación de una no conformidad y se requiera de una acción correctiva, deberá de darse el seguimiento correspondiente y registrar las acciones tomadas. El laboratorio debe asegurar que nuevamente se realice una auditoría adicional.
- Acciones preventivas
 - Cualquier acción preventiva realizada en el laboratorio deberá tener registros documentados de la implementación.
- Control de registros

- Todos los registros deberán ser almacenados en un ambiente adecuado para prevenir daños o pérdidas.
- Auditorías internas
 - El laboratorio debe realizar auditorías internas de sus actividades periódicamente para verificar que sus operaciones continúan cumpliendo con los requisitos solicitados por el ente acreditador. Las auditorías internas deberán realizarse por lo menos una vez al año.
- Revisiones por la dirección
 - La alta dirección del laboratorio deberá realizar revisiones periódicas al sistema de gestión y de las actividades de ensayo para asegurar la efectividad de los mismos. La revisión deberá realizarse al menos una vez por año.
- Requisitos técnicos – personal
 - La dirección del laboratorio deberá asegurar la competencia de quienes operen el equipo y maquinaria, así como de quienes ejecuten los ensayos y quienes firmen los informes de resultados.
 - Las descripciones de puestos del personal administrativo y operativo deben estar actualizadas en todo momento.
- Instalaciones y condiciones ambientales

- El laboratorio debe asegurar que las condiciones ambientales sean las adecuadas para la ejecución de los ensayos.
- Métodos de ensayo y de calibración y validación de métodos
 - El laboratorio debe tener definido el alcance de los ensayos.
 - El laboratorio debe aplicar preferiblemente métodos de ensayo, incluidas las del muestreo, basados en normas internacionales, regionales o nacionales.
 - El cliente debe estar de acuerdo cuando se emplee métodos no normalizados y debe haber sido validado antes de su utilización para verificar que el método sea apto para el uso previsto.
 - El laboratorio debe tener procedimientos para estimar la incertidumbre de la medición.
- Equipos
 - El laboratorio debe tener disponibles las instrucciones para el uso y mantenimiento del equipo en idioma español.
- Trazabilidad de la medición
 - Todo el equipo utilizado para la ejecución de los ensayos debe estar calibrado antes de ser empleado.
 - Las unidades de medición deben estar en el Sistema Internacional de unidades (SI).
- Aseguramiento de la Calidad de los Resultados de Ensayo y Calibración

- El laboratorio debe tener procedimientos de control de calidad para asegurar la validez en los ensayos ejecutados.
- Informe de los resultados
 - Los resultados expuestos en los informes deben ser claros, objetivos y no ambiguos.
 - Deben incluir toda la información requerida por el cliente y también la necesaria para la interpretación de los ensayos.
 - El laboratorio tiene la total responsabilidad sobre los resultados emitidos en el informe.

5.5. Materiales alternativos para el desarrollo de tableros

Algunos de los materiales alternativos a utilizar para la elaboración de tableros y por ende para la construcción sostenible, que reduzcan el tiempo de construcción y resulte más económico que el sistema tradicional, son los siguientes:

- **Bambú:** es un material natural, renovable, y es utilizado hoy en día como sustituto de la madera y de otros materiales utilizados para la construcción. Este posee forma circular de sección vacía y puede ser cortada transversalmente o rajada longitudinalmente siempre y cuando el bambú este en la etapa madura. El bambú alcanza una altura de 18 a 30 metros, diámetro entre 20 y 8 centímetros y espesor entre 2 y 2,5 centímetros dependiendo de la especie y edad. Para que este pueda ser utilizado como material para la construcción deberá ser previamente curado y tratado con productos químicos para aumentar su vida útil y evitar que sea afectado por insectos y/o microorganismos.

- Tetrabrik: este es un envase que contiene generalmente bebidas y está fabricado con cartón, plástico polietileno y aluminio en forma de láminas, estos tres materiales garantizan que el alimento pueda conservarse en óptimas condiciones por un largo período de tiempo. Ya que este tipo de envase es altamente utilizado, el residuo generado post consumo también lo es; y una de las opciones para emplear dichos residuos es la elaboración de tableros de aglomerado, los cuales podrán ser utilizados posteriormente como un material alternativo para la construcción, además se puede añadir otros materiales para mejorar sus características físicas y mecánicas.

Cabe mencionar que los residuos agroindustriales utilizados como materiales reforzantes en los tableros de polímeros sintéticos pueden ser utilizados por sí solos para la elaboración de un producto ecológico y sostenible, sustituto de materiales de construcción, generalmente para muebles.

5.6. Propuesta de laboratorio para la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Las carreras de Ingeniería Industrial e Ingeniería de Mecánica Industrial forman parte de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, ambas carreras se desarrollan en tres áreas principales; producción, métodos cuantitativos y administración/economía; por lo que para fortalecer el estudio académico de los estudiantes se propone emplear la planta piloto como un laboratorio para el desarrollo e investigación de tableros de partículas de madera y tableros de polímeros sintéticos reforzados aplicables a distintos cursos del pensum de estudios.

5.6.1. Cursos aplicables a EMI para uso de la planta piloto

La carrera de Ingeniería Industrial busca optimizar recursos humanos, materiales, equipo y capital mediante la aplicación de distintos conocimientos, principalmente en las áreas anteriormente mencionadas. Prepara ingenieros capaces de organizar y administrar una planta industrial, planificar y controlar la producción, investigar y desarrollar productos, analizar métodos de trabajo y verificar la calidad en cada uno de ellos.

La carrera de Ingeniería de Mecánica Industrial tiene como objetivo optimizar la maquinaria requerida en los procesos productivos, verificar por su mantenimiento y la correcta operación de las instalaciones; para ello, al igual que la carrera de Ingeniería, se desarrolla en las tres áreas mencionadas.

Debido a que el proceso de elaboración de tableros conlleva la aplicación de distintos conocimientos de la rama de ingeniería, varios de los cursos comunes a ambas carreras pueden ser puestos en práctica en la planta piloto con el objetivo de que los estudiantes conozcan del funcionamiento de una planta industrial a escala laboratorio, para el estudio e investigación del proceso o inclusive la mejora del mismo.

Los cursos aplicables a la planta piloto según el área al que pertenecen son los siguientes:

- Área de producción: los conocimientos adquiridos en esta área serán de utilidad para el procesamiento correcto de la materia prima y la transformación en un producto terminado, ya que se le proporcionan las herramientas necesarias para alcanzar dicho resultado. Los cursos

aplicables en esta área y prácticas propuestas a ejecutar en la planta piloto son los siguientes:

- Ingeniería de Plantas
 - Estudio de ruido
 - Estudio de iluminación
 - Diagramas de procesos (operación, flujo y recorrido)
- Ingeniería de Métodos
 - Productividad
 - Diagramas de procesos (hombre-máquina y bimanual)
 - Estudio de movimientos
 - Estudio de tiempos
 - Balance de líneas de producción
- Controles Industriales
 - Índices de capacidad
 - Métodos estadísticos para el control de procesos
- Diseño para la producción
 - Diseño del proceso y producto
 - Ingeniería de empaque
- Área Administrativa: esta busca obtener una adecuada planificación, organización, dirección y control de los recursos humanos, materiales, financieros, entre muchos otros. Los cursos aplicables en esta área y prácticas propuestas a ejecutar en la planta piloto son los siguientes:
 - Mercadotecnia 1
 - Mezcla de mercadotecnia (producto, precio, plaza y promoción).
 - Marketing verde.

Cursos del área de producción y de administración pueden hacer uso de la planta piloto para desarrollar las prácticas anteriormente propuestas, pudiendo ser éstas modificadas de acuerdo al criterio del catedrático y del coordinador de cada una de las áreas.

CONCLUSIONES

1. Al utilizar una distribución de acuerdo al producto para la elaboración de tableros de partículas de madera y tableros de polímeros sintéticos reforzados se obtiene un proceso más eficiente y óptimo, porque la disposición del equipo utilizada en dicha distribución permite al producto recorrer cada estación de trabajo de manera continua, influyendo directamente en el tiempo empleado para ejecutar cada una de las actividades relacionadas a la fabricación del tablero, y en la mejora de ciertas condiciones ergonómicas físicas del usuario investigador, como el sobreesfuerzo generado por los distintos movimientos repetitivos y por el manejo manual de material y equipo.
2. Se determinaron las condiciones de trabajo requeridas para la elaboración de tableros según el Acuerdo Gubernativo 33-2016 y la Norma de Reducción de Desastres Número 2 (NRD2); para ello se tomó en cuenta el tipo de proceso y actividades que llevarán a cabo dentro de las instalaciones de la planta piloto y de las exigencias que las mismas requieren, siendo estas las siguientes: el nivel de iluminación requerido depende directamente de la exigencia visual del lugar de trabajo; entre ellas un laboratorio, sala de reuniones, bodegas de almacenaje y oficinas; el techo de lámina de aluminio galvanizado, utilizando láminas transparentes para el área del laboratorio, el piso en el área de oficinas y sala de proyectos de piso sobrepuesto, exceptuando las demás áreas en las cuales se empleará piso industrial de cemento rústico; las paredes de block pintadas de color blanco para favorecer la iluminación; la ventilación se determinó que sea natural, utilizando para ello cuatro ventanas, dos

exteriores y dos interiores y el ruido generado por la maquinaria no excede los límites permitidos, excepto por el molino con el que se deberá emplear el equipo de protección personal correspondiente.

3. El proceso de la elaboración de tableros de partículas de madera se modificó al cambiar el método de trabajo utilizado anteriormente, este consiste en emplear calor y presión para obtener un tablero con mejores características que permita sea este utilizado como material alternativo para la construcción de muebles, además de emplear papel aluminio como agente desmoldante. Mediante este cambio se obtuvieron beneficios en relación al tiempo requerido para el secado del tablero y mejoras en las características físicas y mecánicas del mismo, entre ellas el módulo de ruptura, módulo de dureza, humedad, densidad, absorción de agua y contracción volumétrica (resultados obtenidos al comparar los métodos de trabajo en frío y en caliente, además de las características de un tablero comercial).
4. El proceso de elaboración de tableros de polímeros sintéticos reforzados es el óptimo al utilizar la distribución de maquinaria propuesta, porque anteriormente se debía recorrer grandes distancias, generando pérdida de tiempo, fatiga y cansancio al usuario investigador y principalmente cambios negativos al proceso de fabricación de tableros; al emplear correctamente las estaciones de trabajo y el diseño propuesto se obtendrá un tablero con mejores características y mejoras en las condiciones ergonómicas físicas al disminuir considerablemente, los transportes requeridos para la elaboración de dichos tableros.
5. El costo a incurrir para la reestructuración e implementación de la planta piloto y que está cuenta con todos los parámetros requeridos por la

legislación nacional en relación a las condiciones de trabajo, salud y seguridad ocupacional es de Q. 29 014,41; dicho costo garantizará que el servicio a prestar sea el adecuado para el proceso de elaboración de tableros de partículas de madera y tableros de polímeros sintéticos reforzados.

6. Por medio del análisis beneficio-costos se determinó la viabilidad de la implementación de la planta piloto para la elaboración de tableros, obteniendo como resultado un proyecto no justificable, porque los costos superan a los ingresos; y debido a que dicho proyecto se encuentra enfocado a la educación (por lo que es catalogado como un proyecto social), se empleó el Análisis Costo/Eficiencia para su evaluación, obteniendo como resultado un proyecto eficiente por metro cuadrado, buscando el beneficio de los diferentes usuarios investigadores y contribuir con los objetivos y funciones del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

7. El informe de resultados propuesto, basado en los requisitos de la sección 7,8 de la Norma COGUANOR (NTG/ISO/IEC 17025), cumple con el propósito de proporcionar al usuario investigador un informe técnico de laboratorio que incluya toda la información referente al muestreo de tableros, realizado dentro de las instalaciones de la planta piloto, y será validado por el jefe de dicha institución y por el Centro de Investigaciones de Ingeniería, de manera que este informe se encuentre certificado y pueda ser utilizado para el fin que se desee.

RECOMENDACIONES

1. Para la elaboración de tableros de partículas de madera utilizar como agente desmoldante papel aluminio o papel parafinado, tomando en cuenta que al utilizar este último el papel parafinado queda impregnado al tablero y se tendría que añadir el proceso de lijado, provocando que el tiempo total aumente.
2. No utilizar aceite mineral como agente desmoldante para la elaboración de tableros de partículas de madera, porque al momento de realizar el desmolde respectivo el tablero queda pegado al molde y por consiguiente este se ve afectado al sufrir una falla.
3. Realizar estudios de estrés térmico en las áreas de trabajo de la planta piloto en épocas de calor para proporcionar un ambiente laboral ergonómico al personal y usuario investigador.
4. Establecer un programa de mantenimiento preventivo a la maquinaria de forma periódica para prolongar su tiempo de vida y garantizar que se encuentre en buen estado; esto con el objetivo de que el servicio a prestar sea integral, óptimo y eficiente.
5. Realizar auditorías internas periódicamente para verificar que los aspectos relacionados al servicio al cliente (usuarios investigadores), métodos de trabajo, condiciones de trabajo, salud y seguridad ocupacional sean los correspondientes a la propuesta realizada.

6. Establecer un registro de control de ingresos y egresos en el que se documente a cada uno de los usuarios investigadores que hacen uso del equipo y maquinaria, para obtener un mayor control sobre estos.
7. Retirar y trasladar de forma rápida las muestras de tableros de polímeros sintéticos reforzados hacia el área de prensado al finalizar el proceso de horneado, para garantizar que este no se vea afectado y modifique sus características.
8. El proceso de elaboración de tableros de partículas de madera propuesto incluye el utilizar calor para mejorar los aspectos anteriormente mencionados, al momento de retirar el equipo caliente del horno y colocar todos los materiales dentro de este, se deberá realizar de forma inmediata, utilizando la menor cantidad de tiempo posible para garantizar que el tablero obtenido cumpla con las características deseadas.
9. Investigar si el desmolde del tablero puede facilitarse al emplear moldes de acero y de aluminio inoxidable para evitar el costo de un agente desmoldante.
10. La planta piloto deberá conservar registros técnicos de cada una de los proyectos de investigación realizados dentro de este, permitiendo a estos ser trazables a archivos anteriores, originales o modificados; incluyendo toda la información relacionada al muestreo.
11. Continuar con el cumplimiento de los requisitos y lineamientos solicitados por la Oficina Guatemalteca de Acreditación (OGA), para que el muestreo y elaboración de tableros sea acreditada en un futuro y posea la competencia técnica para realizar dichas actividades.

12. Utilizar un método de mezclado automatizado para garantizar la homogenización de materiales y por ende mejorar las características físicas y mecánicas del tablero.

BIBLIOGRAFÍA

1. ASTM International. *D 1037 Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials*. Estados Unidos: s.n., 1999. 31 p.
2. CHAN, Mario, y et. al. *Tableros de madera de partículas*. México: Universidad Autónoma de Yucatán. 2004. 46 p.
3. Colección Técnica de Biblioteca Profesionales. *Biblioteca Atrium de la Carpintería*. Barcelona, España: Ediciones Oceano, S.A. Vol. I. 119 p.
4. Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED). *Guía de Señalización de Ambientes y Equipos de Seguridad*. Guatemala. 2008. 50 p.
5. _____ . *Manual de uso para la Norma de Reducción de Desastres Número Dos (NRD2)*. Guatemala. 2017. 48 p.
6. Departamento de Salud y Seguridad Ocupacional. *Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional (Acuerdo Gubernativo 33-2016)*. Guatemala. 2016. 87 p.
7. Facultad de Ingeniería. *Desarrollo histórico de la USAC*. [en línea]. <www.usac.edu.gt/historiaUSAC.php>. [Consulta: 12 de noviembre de 2018].

8. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo-Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 2011. 459 p.
9. GONZÁLEZ, Silda. *Evaluación de la elaboración de tableros de partículas del aserrío de la madera de palo blanco (Cybistax donell-smithii (Rose) Seibert) de los primeros raleos utilizando diferentes tipos de aglomerantes*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2013. 153 p.
10. HARPER, Charles A. *Manual de plásticos*. México: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V., 2004. 500 p.
11. NIEBEL, Benjamin W. *Ingeniería Industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo*. 12a ed. México : McGraw-Hill, 2009. 615 p.
12. Oficina de Acreditación de Guatemala, C.A. *Criterios para la Acreditación de Laboratorios de Ensayo y de Calibración*. Guatemala. 2018. 21 p.
13. PARRILLAS CORZAS, Felipe. *Resinas Poliéster, Plásticos Reforzados*. 14a ed. México, D.F.: La ilustración, 1998. 359 p.
14. RAMOS, Sedwin. *Implementación de material sintético polipropileno y residuo agroindustrial cachaza de caña en prototipo de material de construcción para uso en techos inclinados*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2018. 225 p.

15. Escuela de Ingeniería de Mécanica Industrial. *Reseña histórica EMI*. [en línea]. <<http://emi.ingenieria.usac.edu.gt/historia-emi/>>. [Consulta: 15 de noviembre de 2018].
16. Sección de Gestión de la Calidad, Centro de Investigaciones de Ingeniería. *Información del Centro de Investigaciones de Ingeniería*. 2019. 18 p.
17. TORRES, Sergio. *Ingeniería de Plantas*. Guatemala: c.c Dapal, 2015. 276 p.

APÉNDICES

Los tableros de partículas de madera elaborados mediante trabajo en caliente y en frío están fabricados bajo la misma formulación con el objetivo de analizar y evaluar las características físicas y mecánicas de cada uno de ellos, para luego realizar la comparación correspondiente y determinar cuál es el mejor método de trabajo a emplear para su fabricación.

La formulación utilizada es la siguiente:

- Partículas de madera (grande, mediana y fina): 453,59 g (1 lb.)
- Adhesivo (acetato polivinílico y alifática): 272,16 g (0,6 lb)

Norma aplicada: ASTM D 1037-99 / Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials.

Apéndice 1. Muestreo de tableros de partículas de madera



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Ensayo de flexión a tableros de partículas de madera**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Resultados de ensayo de flexión a tableros de partículas de madera**

| Proceso de trabajo | Tablero No. | Carga (kgf) | Luz entre apoyos (cm) | Ancho de la probeta (cm) | Espesor de la probeta (cm) | Módulo de ruptura (kgf / cm ²) |
|---------------------|-------------|-------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------------------------|
| Trabajo en caliente | 1-A | 103,42 | 25,40 | 30,73 | 0,49 | 534,04 |
| | 2-A | 120,66 | 25,40 | 30,70 | 0,78 | 246,13 |
| | 3-A | 120,66 | 25,40 | 30,57 | 0,80 | 234,97 |
| | 4-A | 103,42 | 25,40 | 30,33 | 0,76 | 224,92 |
| | 5-A | 86,18 | 25,40 | 30,40 | 0,61 | 290,27 |
| | Promedio | | | | | |
| Trabajo en frío | 1-B | 86,18 | 25,40 | 30,90 | 1,73 | 35,50 |
| | 2-B | 51,71 | 25,40 | 31,20 | 1,58 | 25,29 |
| | 3-B | 34,47 | 25,40 | 31,07 | 1,69 | 14,80 |
| | 4-B | 86,18 | 25,40 | 31,17 | 1,41 | 52,99 |
| | 5-B | 51,71 | 25,40 | 30,90 | 1,35 | 34,98 |
| | Promedio | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Ensayo de dureza Janka**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Resultados del ensayo de dureza Janka a tableros de partículas de madera**

| Proceso de trabajo | Tablero No. | Módulo de Dureza Janka (kgf / cm ²) |
|---------------------|-------------|-------------------------------------------------|
| Trabajo en caliente | 1-A | 724,17 |
| | 2-A | 689,02 |
| | 3-A | 618,71 |
| | 4-A | 407,78 |
| | 5-A | 618,71 |
| | Promedio | 611,68 |
| Trabajo en frío | 1-B | 21,10 |
| | 2-B | 35,16 |
| | 3-B | 28,12 |
| | 4-B | 35,16 |
| | 5-B | 112,49 |
| | Promedio | 46,41 |

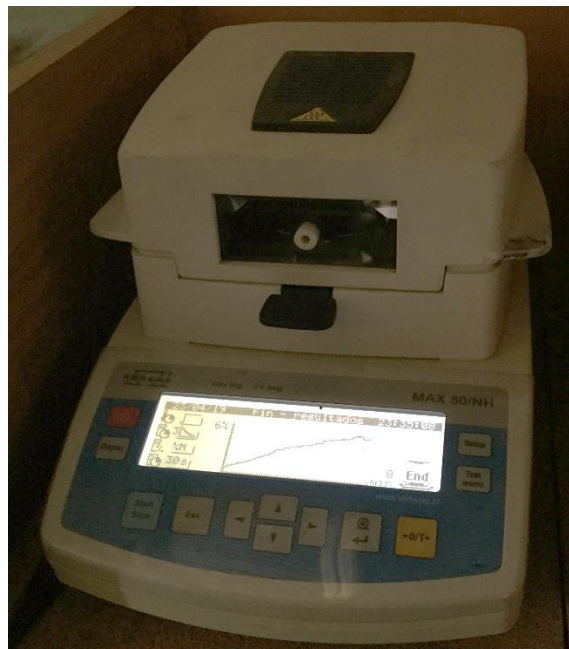
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Resultados de densidad para tableros de partículas de madera**

| Proceso de trabajo | Probeta del tablero No. | Masa (g) | Volumen (cm ³) | Densidad (g/cm ³) |
|---------------------|-------------------------|----------|----------------------------|-------------------------------|
| Trabajo en caliente | 1-A | 50,73 | 51,13 | 0,9922 |
| | 2-A | 65,51 | 78,99 | 0,8293 |
| | 3-A | 63,33 | 74,89 | 0,8456 |
| | 4-A | 57,93 | 103,73 | 0,5585 |
| | 5-A | 57,58 | 65,55 | 0,5784 |
| | Promedio | | | 0,7608 |
| Trabajo en frío | 1-B | 52,38 | 174,19 | 0,3007 |
| | 2-B | 58,09 | 136,18 | 0,4266 |
| | 3-B | 54,93 | 161,90 | 0,3393 |
| | 4-B | 61,82 | 139,13 | 0,4443 |
| | 5-B | 59,07 | 128,31 | 0,4604 |
| | Promedio | | | 0,3943 |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Ensayo de humedad**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8. **Resultados de contenido de humedad para los tableros de partículas de madera**

| Proceso de trabajo | Muestra de tablero No. | Contenido de Humedad (%H) |
|---------------------|------------------------|---------------------------|
| Trabajo en caliente | 1-A | 3,41 |
| | 2-A | 4,89 |
| | 3-A | 5,80 |
| | 4-A | 5,68 |
| | 5-A | 4,35 |
| | Promedio | 4,83 |
| Trabajo en frío | 1-B | 7,28 |
| | 2-B | 6,59 |
| | 3-B | 7,27 |
| | 4-B | 7,19 |
| | 5-B | 8,20 |
| | Promedio | 7,31 |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 9. **Ensayo de absorción de agua**



Fuente: elaboración propia

Apéndice 10. **Resultados de ensayo de absorción de agua para los tableros de partículas de madera**

| Proceso de trabajo | Probeta del tablero No. | Masa inicial (g) | Masa final (g) | %absorción (%A) |
|---------------------|-------------------------|------------------|----------------|-----------------|
| Trabajo en caliente | 1-A | 50,73 | 59,42 | 17,13 |
| | 2-A | 65,51 | 86,84 | 32,56 |
| | 3-A | 63,33 | 78,35 | 23,72 |
| | 4-A | 57,93 | 85,46 | 47,52 |
| | 5-A | 57,58 | 66,97 | 16,31 |
| | Promedio | | | |
| Trabajo en frío | 1-B | 52,38 | Se desintegró | ≥100 |
| | 2-B | 58,09 | Se desintegró | ≥100 |
| | 3-B | 54,93 | Se desintegró | ≥100 |
| | 4-B | 61,82 | Se desintegró | ≥100 |
| | 5-B | 59,07 | Se desintegró | ≥100 |
| | Promedio | | | |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 11. **Ensayo de contracción volumétrica**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 12. **Resultados de ensayo de contracción volumétrica para los tableros de partículas de madera**

| Proceso de trabajo | Probeta del tablero No. | Volumen inicial (cm ³) | Volumen final (cm ³) | %Contracción Volumétrica (%CV) |
|---------------------|-------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Trabajo en caliente | 1-A | 4,31 | 4,15 | 3,86 |
| | 2-A | 6,93 | 6,45 | 7,44 |
| | 3-A | 7,52 | 7,01 | 7,28 |
| | 4-A | 8,07 | 7,76 | 3,99 |
| | 5-A | 6,35 | 6,18 | 2,75 |
| | Promedio | | | 5,06 |
| Trabajo en frío | 1-B | Se desintegró | - | ≥100 |
| | 2-B | Se desintegró | - | ≥100 |
| | 3-B | Se desintegró | - | ≥100 |
| | 4-B | Se desintegró | - | ≥100 |
| | 5-B | Se desintegró | - | ≥100 |
| | Promedio | | | ≥100 |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 13. **Comparación entre métodos de trabajo**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 14. **Muestreo de tableros de polímeros sintéticos reforzados**



Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Presión sonora en lugares de trabajo

| NPSeq (dB (A) Lento) | Tiempo de exposición por día | | |
|-------------------------|------------------------------|---------|----------|
| | Horas | Minutos | Segundos |
| 85 | 8,00 | | |
| 86 | 6,35 | | |
| 87 | 5,04 | | |
| 88 | 4,00 | | |
| 89 | 3,17 | | |
| 90 | 2,52 | | |
| 91 | 2,00 | | |
| 92 | 1,59 | | |
| 93 | 1,26 | | |
| 94 | 1,00 | | |
| 95 | | 47,40 | |
| 96 | | 37,80 | |
| 97 | | 30,00 | |
| 98 | | 23,80 | |
| 99 | | 18,90 | |
| 100 | | 15,00 | |
| 101 | | 11,90 | |
| 102 | | 09,40 | |
| 103 | | 07,50 | |
| 104 | | 05,90 | |
| 105 | | 04,70 | |
| 106 | | 03,75 | |
| 107 | | 02,97 | |
| 108 | | 02,36 | |
| 109 | | 01,88 | |
| 110 | | 01,49 | |
| 111 | | 01,18 | |
| 112 | | | 56,40 |
| 113 | | | 44,64 |
| 114 | | | 35,43 |
| 115 | | | 29,12 |
| 118 | | | 14,06 |
| 121 | | | 07,03 |
| 124 | | | 03,52 |
| 127 | | | 01,76 |
| 130 | | | 00,88 |
| 133 | | | 00,44 |
| 136 | | | 00,22 |
| 139 | | | 00,11 |
| 140 | | | 00,05 |

Fuente: Departamento de Salud y Seguridad Ocupacional. *Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional. Acuerdo Gubernativo 33-2016.* pp. 32-33.

Anexo 2. Manipulación manual de cargas

| | |
|----------------------------------|---------------|
| Varones de 16 a menos de 18 años | 15 kilogramos |
| Varones de 18 a 21 años | 20 kilogramos |
| Mujeres de 16 a menos de 18 años | 10 kilogramos |
| Mujeres de 18 a 21 años | 15 kilogramos |
| Varones adultos | 55 kilogramos |

Fuente: Departamento de Salud y Seguridad Ocupacional. *Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional .Acuerdo Gubernativo 33-2016. p. 17 .*

Anexo 3. Características físicas y mecánicas de un tablero de aglomerado ureico comercial

| CALIBRE (MM) | DENSIDADES PROMEDIO + / - 5% KG/M3 | FLEXION PROMEDIO KG/CM2 | TRACCIÓN PROMEDIO KG/CM2 |
|-----------------|---------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 6mm | 720 | 220 +/- 30 | 6.5 +/- 1.0 |
| 9mm | 700 | 200 +/- 30 | 5.5 +/- 1.0 |
| 12mm | 680 | 200 +/- 30 | 5.5 +/- 1.0 |
| 15mm | 680 | 200 +/- 30 | 5.0 +/- 1.0 |
| 18mm | 680 | 200 +/- 30 | 5.0 +/- 1.0 |
| 25mm | 670 | 180 +/- 30 | 4.0 +/- 1.0 |

Fuente: Tableros de aglomerado, S.A. *Características.*

www.tablerosdeaglomerado.com.gt/#caracteristicas. Consulta: 19 de junio de 2019.

Anexo 4. **Factores a aplicar a servicios del CII**

| Interesados | Factor |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala | 0,00 |
| Estudiantes de otras Facultades de la Universidad de San Carlos de Guatemala | 0,25 |
| Otras Facultades o Instituciones de la Universidad de San Carlos de Guatemala | 0,25 |
| Comités de comunidades de escasos recursos económicos | 0,50 |
| Asociaciones de comunidades establecidas jurídicamente | 0,70 |
| Estudiantes de otras universidades | 0,85 |
| Municipalidades | 0,85 |
| Organizaciones No Gubernamentales (ONG's) | 0,85 |
| Organizaciones del Sector Público | 0,85 |
| Organizaciones del Sector Privado y Personas Individuales | 1,00 |
| Convenios (según acuerdos descritos en los mismos) | 0,00 |

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería. *Arancel CII*. p. 39.

